

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**  
*GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI*



**«OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI» kafedrası**

**«ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA QURILMALARI »  
FANIDAN**

**O`QUV- USLUBIY MAJMUA**

**Bilim soxasi: 300000 – Ishlab chiqarish texnika soxasi**  
**Ta`lim soxasi: 320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari**  
**Ta`limiy o`nalishi: 5321000- Oziq-ovqat texnologiyasi (mahsulot turlari bo`yicha)**

**GULISTON – 2022**

«Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalari » fanidan o`quv-uslubiy majmua bakalavriat ta`lim yo`nalishlari talabalari uchun mo`ljalangan.

Муаллифлар:

T.J.Pirimov – OOT kafedrası katta o`qituvchisi (GulDU)

A.A.Nurmuhammedov – OOT kafedrası o`qituvchisi (GulDU)

D.I. G`anijonov – OOT kafedrası o`qituvchisi (GulDU)

Ushbu o`quv-uslubiy majmua Oziq-ovqat texnologiyalari kafedrasining yig`ilishida ko`rib chiqilgan va fakul`tet ilmiy-uslubiy kengashida ko`rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

(\_\_\_-yig`ilish bayoni, \_\_\_\_\_2021 yil)

Ushbu o`quv-uslubiy majmua universitetning ilmiy-uslubiy kengashida ko`rib chiqilgan va o`quv jarayonida foydalanish uchun tavsiya etilgan.

(\_\_\_-yig`ilish bayoni, \_\_\_\_\_2021 yil)

**Fan bo`yicha o`quv-uslubiy kompleksdagi materiallar  
RO`YXATI**

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 1   | O`quv materiallari             |
| 1.1 | Maruza matni                   |
| 1.2 | Amaliy mashg`ulotlar           |
| 1.3 | Labaratoriya ishlari           |
| 1.4 | Mustaqil ta`lim mashg`ulotlari |
| 2   | Glossariy                      |
| 3   | Ilovalar                       |
| 4   | Fan dasturi                    |
| 4.1 | Ishchi fan dasturi             |
| 5   | Tarqatma materiallar           |
| 5.1 | Oraliq nazorat savollari       |
| 5.3 | Testlar                        |
| 5.4 | Baxolash me`zonlari            |
| 6   | Foydalanilgan adabiyorlar      |

**GULISTON – 2021**  
**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS**  
**TA`LIM VAZIRLIGI**

*GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI*



**« OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI » kafedrasi**

**«ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA QURILMALARI »**  
**FANIDAN**

**ma`ruza materiallari**

**GULISTON – 2022**

## MUNDARIJA

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>1. Ma`ruza</b>  | <b>“Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar” faniga kirish.</b>       |
| <b>2. Ma`ruza</b>  | <b>Gidrodinamika. Oqimning uzluksiz tenglamasi va energetik ma’nosi.</b> |
| <b>3. Ma`ruza</b>  | <b>Bernulli tenglamasi. Gidravlik qarshiliklar.</b>                      |
| <b>4. Ma`ruza</b>  | <b>O’xshashlik nazariyasining asoslari.</b>                              |
| <b>5. Ma`ruza</b>  | <b>Suyuqliklarda qattiq jism harakati.</b>                               |
| <b>6. Ma`ruza</b>  | <b>Turli jinsli sistemalar, klassifikatsiyasi.</b>                       |
| <b>7. Ma`ruza</b>  | <b>Turli jinsli sistemalarni ajratish.</b>                               |
| <b>8. Ma`ruza</b>  | <b>Gazlarni tozalash usullari.</b>                                       |
| <b>9. Ma`ruza</b>  | <b>Elektrostatik kuchlari ta’sirida cho’ktirish.</b>                     |
| <b>10. Ma`ruza</b> | <b>Filtrlash jarayoni.</b>   |
| <b>11. Ma`ruza</b> | <b>Mavhum qaynashi qatlami gidrodinamikasi.</b>                          |
| <b>12. Ma`ruza</b> | <b>Suyuqliklarni uzatish. Nasoslar.</b>                                  |
| <b>13. Ma`ruza</b> | <b>Markazdan qochma nasoslar.</b>  |
| <b>14. Ma`ruza</b> | <b>Aralashtirish.</b>  |
| <b>15. Ma`ruza</b> | <b>Issiqlik tarqalish turlari.</b>                                       |
| <b>16. Ma`ruza</b> | <b>Konvektiv issiqlik almashinish.</b>                                   |
| <b>17. Ma`ruza</b> | <b>Issiqlik o’tkazish.</b>   |
| <b>18. Ma`ruza</b> | <b>Bug’latish jarayoni.</b>  |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>19. Ma`ruza</b> | <b>Ko'p korpusli bug'latish qurilmasi.</b>                                |
| <b>20. Ma`ruza</b> | <b>Massa almashinish asoslari.</b>  |
| <b>21. Ma`ruza</b> | <b>Massa o'tkazish va berish.</b>   |
| <b>22. Ma`ruza</b> | <b>Quritish. Umumiy tushunchalar. Ideal va real quritish jarayonlari.</b> |
| <b>23. Ma`ruza</b> | <b>Quritish jarayoni kinetikasi.</b>                                      |
| <b>24. Ma`ruza</b> | <b>Absorbsiya.</b>  |
| <b>25. Ma`ruza</b> | <b>Haydash.</b>   |
| <b>26. Ma`ruza</b> | <b>Rektifikatsiya.</b>  |
| <b>27. Ma`ruza</b> | <b>Ekstraksiyalash va eritish.</b>  |
| <b>28. Ma`ruza</b> | <b>Absorbsiya. Umumiy tushunchalar.</b>                                   |
| <b>29. Ma`ruza</b> | <b>Kristallanish.</b>   |
| <b>30. Ma`ruza</b> | <b>Qattiq materiallarni maydalash va klassifikatsiyalash.</b>             |

**1-МАЪРУЗА**  
**КИРИШ.**  
**“АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ” ФАНИГА**  
**КИРИШ**

**РЕЖА:**

1. Кириш. Ўзбекистонда фаннинг тарихий ривожланиши. Бакалаврлар тайёрлашда фаннинг ўрни, предмети.
2. Жараён турлари, қонунлари
3. Суюкликларнинг асосий физик хоссалари.

Мамлакатимиз мустақилликка эришгандан сўнг, ҳукуватимиз томонидан халқ хўжалигини ривожлантириш бўйича қатор амалий ишлар қилинмоқда. Асосий эътибор қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштиришнинг янги замонавий, экологик тоза технологияларини жорий қилиб маҳсулот олиш, ҳосилдорликни ошириш, қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қайта ишлаш ва сақлашнинг янги самарали технологиялар жорий қилиб, маҳаллий хом ашёлар асосида истемол моллари ишлаб чиқаришга, янги замонавий технологияларни тадбиқ қилишга, мавжуд ишлаб чиқаришни қайта қуришга қаратилган. Шунинг ўзи технологик жараёнлар ва ускуналарнинг янгилинишига ва улардан самарали фойдаланиш йўллари излашга олиб келади.

«Озиқ-овқат технологиялари», «биотехнология» йўналиши бакалаврларини тайёрлашда «Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар» фанининг ўрни алоҳидадир.

Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини етиштириш, қайта ишлаш ва сақлашнинг илмий назарий асослари одамзотнинг озиқ овқатга бўлган эҳтиёжини қондира бошлаган даврданоқ шакллана бошлаган деса ҳеч муболаға бўлмайди. Лекин фан сифатида 18-асрнинг охири ва 19-асрнинг бошларида ривожлана бошлади ва қисқа давр ичида ривожланган мамлакатларда халқ хўжалигининг муҳим тармоқларидан бирига айланди. Саноатнинг ривожланиши билан ишлаб чиқариш жараёнларини умумлаштирувчи ва қурилмаларнинг ҳисобини ўрганувчи фанга эҳтиёж кучайди. Ҳозирги кунга келиб эса кимёвий ишлаб чиқаришсиз инсон эҳтиёжини қондиришни тасаввур қилиш жуда қийин. Табиий манбаларнинг камийиб кетиши, инсонлар эҳтиёжининг ошиб бориши фаннинг интенсив ривожланишига олиб келди. Бу еса янгидан янги прогрессив технологияларни ўйлаб топишга янги технологик жараёнларни яратишга, мавжуд технологик тизимларни такомиллаштиришга олиб келди.

Тарихий жиҳатдан олиб қараганда кимёвий ишлаб чиқаришнинг асосий жараёнлари ва қурилмалари фанининг ривожланишини ишлаб чиқаришнинг ривожланиши билан боғлаш мумкин. Бу ерда биз фаннинг асосчилари сифатида бирор бир олимни ёки давлатни келтиришимиз қийин. Лекин 19 асрнинг охирида АҚШ ва Англия давлатларида "Unit operations" , "Principles of Chemical Engineering" , Россия давлатида эса "Протцессы и аппараты химической технологии" номли фанлар пайдо бўла бошлади. Россияда бу фан ҳақидаги фикрни биринчи бўлиб проф.В.А.Денисов 1828 йилда илгари сурди. Кейинчалик Д.И.Менделеев кимё технологияси асосий жараёнларининг классификациясини тузиб чиқди. 19-асрнинг 90-йиллари охирида проф.А.К.Крупский Петербург технология институтида янги ўқув предмети - "Асосий жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш" бўйича маъруза ўқий бошлади. Москва Олий техника ўқув юртида проф.И.А.Тищенко шу янги фан бўйича маърузалар ўқий бошлади. Шу сабабли А.Г.Крупский ва И.А.Тищенколар "Жараёнлар ва қурилмалар" фанининг асосчилари ҳисобланади.

1935 йили проф.А.Г.Касаткин томонидан "Кимё технологиясининг асосий жараёнлари ва қурилмалари" дарслиги чоп этилади. Бу китоб ушбу фаннинг ривожланишида катта рол ўйнади.

Бу фаннинг ривожланишида рус олимлардан А.Г.Касаткин, Н.М.Жаворонков, В.В.Кафаров, П.Г.Романков, А.Н.Плановский, В.Н.Стабников, Н.И. Гелперин, инглиз олимларидан

Р.Оуен, Кингери, Ейлер, Фуре, Кирхгоф, Годес, Фруд, Пекле ва бошқаларнинг хиссалари катта.

Мустақиллик йилларидан кейин ўзбек олимларининг ҳам бу соҳада қилган ва қилаётган илмий амалий ишлари бутун жаҳон бўйлаб танила бошлади. Ўзбек олимларидан акад.З.Салимов, проф.Туйчиев И, Юсуфбеков Н, проф.Нурмухамедов Х.С., проф. Агзамходжаев А, Ходжаев О.Ф. Беглов Б.М. ва шу каби қатор олимларимизни Ўзбекистонда ишлаб чиқариш технологияларини ривожланишига қўшган хиссалари катта.

Қишлоқ хужалик маҳсулотларини ишлаб чиқариш саноат корхоналарида хом-ашёларга турли туман усулларда кимёвий, физик-кимёвий, механик ишловлар берилади. Бундай ишлов бериш тури жараён деб юритилиб, уларни олиб бориш учун бир хил типдаги қурилмалари қўлланилади.

Технологиялар умумий бўлган жараёнлар ва қурилмалар ишлаб чиқариш тармоқларида асосий жараёнлар ва қурилмалар дейилади. Жараён ва қурилмалар курсида асосий жараёнларнинг назарияси, жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш усуллари, қурилмаларнинг ишлаш принципи ва уларнинг тузилиши, уларни лойиҳалаш усуллари ўрганилади.

Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар курсининг қонуниятлари физика, математика, кимё ва фундаментал фанларнинг, ҳамда физик-кимё, термодинамика фанларининг қонуниятлари асосида ўрганилади.

Бугунги кунда Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар фанини информатика, кибернетика каби фанларсиз тасаввур қилиш жуда қийин. Кўпчилик жараёнлар олдин назарий ҳисоб-китобларга асосланган ҳолда ўрганилиб чиқилиб, уларнинг технологик регламентлари яратилади. Технологик регламентни яратиш жуда мураккаб жараён бўлиб, бу қатор лаборатория синовларида шу жараён параметрларини ўрганиш билан боради. Ҳар қандай жараён лаборатория шароитида моделларда синовдан ўтиши ва унда олинган натижалар асосида ишлаб чиқаришга тадбиқ қилиниши лозим бўлади. Бу эса кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалар фанининг янги бир тармоғини - кимёвий технология жараёнларини моделлаштириш бўлимини юзага келтирди. Бугунга келиб бу йўналиш алоҳида фан сифатида ишлаб чиқаришга хизмат қилиб келмоқда.

Фан предмети ва вазифаси- технологик жараёнларни ўрганиш, таббiiй фанлар қонуниятларини технологик жараёнларга қўллашдир. У қуйидаги вазифаларни ўз ичига олади:

1. Ҳаракатдаги ишлаб чиқаришда энг мақбул режимни танлаш, ускуналар юқори ишлаб чиқариш қувватига еришиш, маҳсулот сифатини ошириш, экологик муаммоларни мувофақиятли ечиш;

2. Янги ишлаб чиқариш лойиҳаларини қилишда юқори эффектив ва кам чиқиндили технологик схемаларни танлаш, ускуналарни нисбатан рационал типларни ўрнатиш;

3. Ускуналар танлашда замонавий ҳисоблаш воситаларига суянган ҳолда илмий ҳисоб- китоблар қилиш, кимёвий технологияда жараёнлар ва ускуналарни ҳисоблашнинг янги принциплар методларини ишлаб чиқиш;

4. Илмий текшириш ишларида жараёнларнинг боришини аниқловчи асосий факторларни ўрганиш, уларни ҳисоблашда умумий боғлиқликларни олиш ва лаборатория тадқиқотлари натижаларини тезлик билан ишлаб чиқаришга қўллаш;

Асосий кимёвий технологик жараёнларнинг синфланиши:

Технологик жараёнлар турли туманлигига қарамасдан бориш тезлигининг қонуниятлари муносабатига қараб қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

**1. Гидромеханик жараёнлар** - уларда суюқлик ва газларнинг ҳаракати ўрганилади. Жараённинг тезлиги гидромеханика қонунлари билан аниқланади. Суюқликларни бир жойдан иккинчи жойга узатиш, газларни сиқиш ва узатиш, турли жинсли газ ва суюқлик аралашмаларини ажратиш, суюқликларни аралаштириш гидромеханик жараёнларга киради.



**2.Иссиқлик жараёнлар** - уларда температуралар фарқи мавжуд бўлганда бир жисмдан иккинчи жисмга иссиқликнинг ўтишидир. Жараённинг тезлиги иссиқлик узатиш қонуниятларига буйсунади. Бундай жараёнларга иситиш, совутиш, буғлатиш, конденсациялаш, кабилар киради.

**3.Модда алмашилиш жараёнлар** – бир ёки бир неча компонентларнинг бир фазадан, фазаларни ажратувчи юза орқали, иккинчи фазага ўтишидир. Компонентлар бир фазадан иккинчи фазага молекуляр ва конвектив диффузиялар ёрдамида ўтади. Уларга абсорбция, адсорбция, экстракция, суюқликларни хайдаш, қуритиш ва бошқалар киради.

**4.Кимёвий жараёнлар** – моддаларнинг ўзаро таъсири натижасида янги бирикмаларни ҳосил бўлишидир. Кимёвий реакциялар вақтида одатда, иссиқлик ва модда алмашинуви жараёнлари ҳам содир бўлади.

**5.Механик жараёнлар** - уларда тезлик қаттиқ жисмлар механик қонуниятларига асосан ифодаланади. Уларга майдалаш, саралаш, қаттиқ ва пастасимон моддаларни аралаштириш ва бошқалар киради.

Кимё саноатининг барча тармоқларида суюқлик ва газларни узатиш, суюқликларни аралаштириш, ҳар хил жинсли газ ва газларни узатиш, суюқлик аралашмаларини ажратиш каби жараёнлар кўп учрайди. Бу жараёнларнинг тезлиги гидромеханика қонунлари билан ифодаланади. Гидромеханика қонунларини ва улардан амалда фойдаланиш усулларини гидравлика фани ўрганади. Гидравлика икки асосий қисмдан: суюқликларнинг мувозанат қонунларини ўрганадиган гидростатика ва суюқликларнинг ҳаракат қонунларини ўрганадиган гидродинамикадан ташкил топган.

Суюқликлар оқувчанлик хусусиятига эга. Суюқлик гўё маълум ҳажмга эга, лекин шаклга эга эмас (қандай идишга солинса, ўша идиш шаклини олади), аммо суюқ масса ташқи кучлар бўлмаган шароитда, фақат молекуляр кучлар таъсири остида шар шаклини олади. Моддаларнинг суюқ ҳолати ўз табиатига кўра, газ ҳолат билан қаттиқ ҳолат ўртасидаги оралиқ ўринни эгаллайди.

Суюқлик ва газларнинг ҳаракат тезликлари товуш тезлигидан паст бўлгани учун уларнинг ҳаракат қонунлари бир хил. Шунинг учун гидравликада суюқлик дейилганда газ ҳам, суюқлик ҳам тушунилади. Уларни бир-биридан ажратиш учун суюқликлар томчили, газлар эса эластик суюқлик деб юритилади. Суюқлик ва газлар қуйидаги хоссалари билан бир-бирига ўхшайди:

1) суюқликлар худди газлар каби маълум шаклга эга эмас, унинг физик хоссалари барча йўналишда бир хил, яъни изотропдир; 2) газларнинг қовушқоқлиги кичик бўлиб, суюқликларникига яқинлашади; 3) критик ҳароратдан юқори ҳароратда суюқликлар билан газлар орасидаги фарқ йўқолади.

Бошқа соҳаларда бўлгани каби, гидравликада ҳам назарий тадқиқотлар натижаларини соддалаштириш мақсадида идеал суюқлик моделидан фойдаланилади.

**Идеал суюқлик деб**, босим ва ҳарорат таъсирида ўз ҳажмини ўзгартирмайдиган ёки сиқилмайдиган, ўзгармас зичликка эга бўлган ва ички ишқаланиши (қовушқоқлиги) бўлмаган суюқликларга айтилади. Аслида еса, ҳар қандай суюқлик босим ёки ҳарорат таъсирида ўз ҳажмини ўзгартиради. Ҳар қандай суюқликда ички ишқаланиш кучлари ва қовушқоқлик бўлади.

Демак, ҳақиқатда табиатда идеал суюқлик бўлмайди, яъни барча суюқликлар реал суюқлик ҳисобланади.

**Суюқликларнинг асосий физик хоссалари.**

Суюқликларнинг асосий физик хоссалари зичлик, солиштирма оғирлик, қовушқоқлик, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, солиштирма иссиқлик сизими ва ҳарорат ўтказувчанлик коэффициенти ва бошқалар билан характерланади.

**Зичлик.** Ҳажм бирлигидаги бир жинсли жисмнинг (суюқликнинг) массаси зичлик деб аталади ва  $\rho$  билан белгиланади.

$$\rho = m/v, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

**Солиштира оғирлик.** Хажм бирлигидаги суюқликнинг оғирлиги солиштира оғирлик деб аталади ва  $\gamma$  билан белгиланади:

$$\gamma = G/V \quad (2)$$

Масса билан оғирлик қуйидагича боғланган:

$$m = G/g \quad (3)$$

Массанинг миқдорини тенгликка қўйсақ, зичлик билан солиштира оғирликнинг ўзаро боғланиш нисбати келиб чиқади:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (4)$$

Томчили суюқликларнинг зичлиги ва солиштира оғирлиги эластик суюқликларникидан бир неча марта катта бўлиб, босим ва харорат таъсирида жуда кам ўзгаради.

Газларнинг зичлиги идеал газларнинг ҳолат тенгламасидан аниқланади:

$$PV = m/M RT \quad (5)$$

Тенгламадан зичлик қуйидаги ифодага тенг булади:

$$\rho = m/v = PM/RT \quad (6)$$

Зичлик катталигига тескари бўлган катталик солиштира хажм деб аталади ва  $v$  билан ифодаланади:

$$v = v/m = 1/\rho = RT/PM = v/m \quad (7)$$

**Қовушқоқлик.** Реал суюқликлар труба ичида ҳаракатланганда, унинг ичида ички ишқаланиш кучлари ҳосил бўлиб, силжишига тўсқинлик қилади.

Суюқликни бир қатламдан иккинчи қатламга силжиши учун сарф бўлган куч қовушқоқлик (ёки ички ишқаланиш) дейилади. Ньютон қонунига биноан, суюқликнинг силжиши учун зарур бўлган куч шу қатламнинг юзасига, сурилиш тезлиги градиентига ва шу суюқликнинг қовушқоқлик коэффициентига тўғри пропорционал боғланган:

$$T = \mu F \frac{dw}{dn} \quad (8)$$

Тенгламадаги қовушқоқлик коэффициенти  $\mu$  динамик қовушқоқлик коэффициенти ёки қовушқоқлик дейилади. Қовушқоқлик суюқликларнинг физик хусусиятларига ва хароратига боғлиқ бўлиб, кенг интервалда ўзгаради.

Динамик қовушқоқлик СИ да Па с бирлигида ўлчанади. Динамик қовушқоқлик коэффициентининг шу суюқлик зичлигига нисбати кинематик қовушқоқлик дейилади ва  $\nu$  билан белгиланади.

$$\nu = \mu/\rho \quad (9)$$

Кинематик қовушқоқлик СИ да  $m^2/s$  билан улчанади.

Баъзан нисбий қовушқоқлик тушунчаси ҳам ишлатилади. Бунда бирор суюқлик қовушқоқлигининг сувнинг қовушқоқлигига нисбати олинади. Харорат ортиши билан суюқликларнинг қовушқоқлиги камаяди, газларда эса ортади. Суюқликларнинг қовушқоқлиги газларникига нисбатан бир неча марта каттадир.

**Иссиқлик ўтказувчанлик.** Харорат градиенти таъсирида бир-бирига тегиб турган кичик заррачаларнинг тартибсиз ҳаракати натижасида иссиқликнинг тарқалиши иссиқлик

ўтказувчанлик дейилади. Бир жинсли текис девор орқали ўтган иссиқлик оқими қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$Q = \lambda / \delta F \Delta t \quad (10)$$

бу ерда  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти;  $\delta$  - девор қалинлиги;  $F$  - иссиқлик ўтаётган юза;  $\Delta t$  - деворнинг иккала томонидаги хароратлар фарқи.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти СИ да ВТ/мК бирлигида ўлчанади. Унинг қиймати харорат, босим ва модданинг турига боғлиқ.

**Солиштира иссиқлик сиғими.** Модданинг масса бирлиги хароратини бир градусга кўтариш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори солиштира иссиқлик сиғими дейилади ва қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$C = Q/m \Delta t \quad (11)$$

бу ерда,  $Q$  - жисми иситиш учун сарф бўлган иссиқлик миқдори;

$m$  - жисм массаси;  $\Delta t$  - жараённинг охириги ва бошланғич хароратлари ўртасидаги фарқ. Солиштира иссиқлик сиғими СИ да Ж/кгК бирлигида ўлчанади.

**Харорат ўтказувчанлик коэффиценти.** Харорат ўтказувчанлик коэффиценти жисмнинг иссиқлик инертсион хоссаларини ифодалайди. Бу коэффицент жисми физик катталиги хисобланиб, хароратнинг ўзгариш тезлигини билдиради.

Харорат ўтказувчанлик коэффиценти ( $\alpha$ , м<sup>2</sup>/с) қуйидаги нисбат орқали аниқланади:

$$\alpha = \lambda / c \rho \quad (12)$$

бу ерда  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти;  $\rho$  - зичлик;  $c$  - солиштира иссиқлик сиғими. Бу коэффицентнинг сон қиймати харорат, зичлик, модданинг таркиби ва бошқа факторларга боғлиқ бўлади.

**Босим.** Суюқлик идиш деворларига, тубига ва унинг ичига туширилган бошқа жисм юзасига босим кучи билан таъсир қилади. Бирор кичик юзага таъсир қиладиган босим гидростатик босим дейилади.

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \Delta P / \Delta F \quad (13)$$

Босимнинг йўналиши ва таъсири суюқликнинг ҳамма нуқталарида бир хил, чунки бу куч ҳамма вақт нормал бўйича йўналган бўлади. Бунда босимнинг катталиги юзанинг шаклига ва унинг қандай жойлашганига боғлиқ эмас. Босим манометр ва вакууметрларда ўлчанади. Қурилмаларда ўрнатилган приборлар ортиқча (изб), нисбий босимни кўрсатади. Бунга атмосфера босимини кушиб абсолют босим топилади.

$$P_{абс} = P_{ман} + P_{атм}. \quad (P_{абс} = P_{нис} + P_{атм}) \quad (14)$$

$P_{ман}$  - манометр билан ўлчанадиган босим.

Агар жараён сийракланиш (вакуум) шароитида кетса, атмосфера босим билан сийракланиш орасидаги фарқ абсолют босимни беради.

$$P_{абс} = P_{атм} - P_{вак} \quad (15)$$

$P_{вак}$  - вакуумметр билан ўлчанадиган сийракланиш.

Босимнинг СИ системасидаги ўлчов бирлиги Н/м<sup>2</sup> ёки Па. Бу бирлик жуда кичик бўлганлиги сабабли, йириклаштирилган бирликлар ишлатилади: килопаскал ва мегапаскал. (1кПа=10<sup>3</sup>Па; 1мПа=10<sup>6</sup> Па)

### Текшириш учун саволлар:

1. “Асосий технологик жараён ва қурилмалари” фанининг ахамияти ва вазифаси.
2. Технологик жараён турлари ва уларнинг харакатлантирувчи кучларини ифодаланг.
3. Суюқликнинг асосий физик хоссаларини санаб ўтинг.

## 2-МАЪРУЗА ГИДРОДИНАМИКА. ОҚИМНИНГ УЗЛУКСИЗЛИК ТЕНГЛАМАСИ ВА ЭНЕРГЕТИК МА’НОСИ.

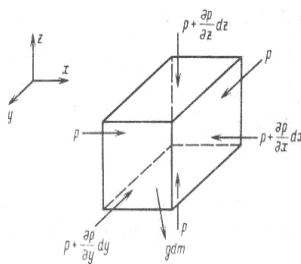
### РЕЖА:

1. Суюқлик харакатининг асосий характеристикалари.
2. Суюқлик харакатини ифодаловчи катталиклар.
3. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси.
4. Суюқлик харакатининг Ейлер дифференциал тергдамаси.

Нисбий тинч ҳолатдаги суюқликнинг мувозанатини кўриб чиқамиз. Бу ҳолатда суюқликка массавий кучлар – оғирлик ва энерция кучлари, ҳамда сиртий кучлар – гидростатик босим кучи таъсир этади. Бутун суюқлик хажмидан элементар, чексиз кичик  $dV$  параллелепед хажмини ажратиб оламиз.

Параллелепеднинг  $dx, dy, dz$  қирралари  $x, y, z$  ўқларга параллел жойлашган (1-расм).

Ўртача гидростатик босим кучи, гидростатик босимнинг параллелепед томони юзаси



1-расм. Мувоzanат ҳолатнинг  
дифференциал тенгламасини аниқлашга  
доир схема.

кўпайтмасига тенг. 1 –расмдан кўриниб турибдики  $p=f(x,y,z)$ . Ушбу функционал боғлиқлик кўринишини аниқлаймиз. Бунинг учун элементар параллелепедга таъсир этувчи ҳамма кучларнинг  $x, y, z$  ўқлардаги проекциялар йиғиндисини топамиз.  $x, y, z$  ўқлардаги массавий кучларни масса бирлигига нисбатларини  $X, Y, Z$  деб белгилаймиз. Хажмий кучларнинг  $x$  ўқидаги проекцияси  $dQ=Xdm$  бўлади, бу ерда  $dm=\rho dx dy dz$  ёки  $dQ = X\rho dx dy dz$ . Статиканинг асосий қонунига биноан, тинч ҳолатдаги суюқликка таъсир этувчи ҳамма кучлар проекциялари йиғиндиси нолга тенг. Шунинг учун,  $x$  ўқидаги кучлар проекцияси

$$p dx dz - \left( p - \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dy dz + X p dx dy dz = 0 \quad (1)$$

бу ерда  $p dx dz$  – чап томонга таъсир этувчи гидростатик босим кучи;  $dp/dx \cdot dx$  – хўқи бирор нуктасидаги гидростатик босимнинг ўзгариши;  $(dp/dx) dx \cdot dx$  қирра бўйлаб гидростатик босимнинг ўзгариши.

Қарама-қарши, ўнг томонга таъсир этувчи гидростатик босим  $p + (dp/dx) dx$  га тенг ва

унинг  $x$  ўқига проекцияси:

$$\left( p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dydz$$

тенгламада қавсни очиб, тегишли қисқартиришларни амалга оширсак, қуйидаги кўринишдаги тенгламани оламиз:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \rho X = 0$$

Худди шундай усул билан  $y$  ва  $z$  ўқлари учун мувозанат тенгламаларини келтириб чиқарамиз:

$$-\frac{\partial p}{\partial y} + \rho Y = 0$$

$$-\frac{\partial p}{\partial z} + \rho Z = 0$$

Олинган тенгламаларни системалаштирсак:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho X &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho Y &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho Z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Ушбу тенгламалар системаси Эйлернинг мувозанат ҳолатининг дифференциал тенгламаси деб аталади.

### Гидростатиканинг асосий тенгламаси

(2) нинг ҳар бир тенгламасини  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ларга кўпайтириб ва ҳосил бўлган тенгламалар системасини кўшиб чиқсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (3)$$

Гидростатик босим фақат координатлар функцияси бўлгани учун, тенгламанинг чап қисми босимнинг тўлиқ дифференциалини ифодалайди, яъни:

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (4)$$

Агар, суюқлик абсолют тинч ҳолатда бўлса, унда инерцион ва оғирлик кучлар пастга қараб йўналган бўлади, яъни  $Z = -g$ ;  $X=0$ ;  $Y=0$ . Унда

$$dp = -\rho g dz \quad (5)$$

Ушбу тенглама чап ва ўнг томонларини  $\rho g$  бўлсак, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$dz + \frac{1}{\rho g} dp = 0 \quad (6)$$

Агар,  $\rho = \text{const}$  бўлса,

$$dz + d\left(\frac{p}{\rho g}\right) = 0 \quad (7)$$

Охирги тенгламани интегралласак, унда

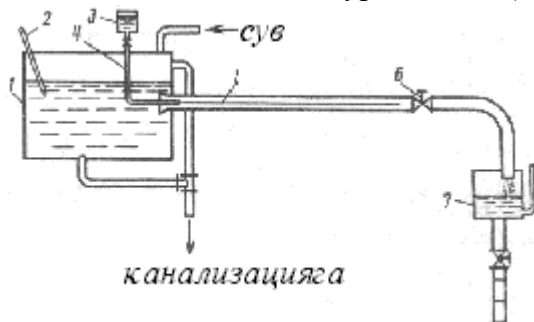
$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (8)$$

бу ерда  $z$  - геометрик напор ёки исталган горизонтал юзага нисбатан олинган нуқтанинг нивелир баландлиги, м;  $p/\rho g$  - статик напор ёки пьезометрик босим кучи, м.

Бу тенглама *гидростатиканинг асосий тенгламаси* деб номланади. Гидростатиканинг асосий тенгламасига биноан, тинч ҳолатдаги суюқликнинг исталган нуқтасида геометрик ва статик напорлар йиғиндиси ўзгармас миқдорга тенг.

### Суюқлик ҳаракати режимлари

Суюқлик ҳаракати режимларини биринчи бор тажриба қурилмасида 1883 йили инглиз олими Рейнольдс томонидан ўрганилган (2.-расм).



2.-расм. Рейнольдс қурилмаси.

1-бак; 2-термометр; 3-рангли модда

Суюқликнинг бак 1 дан оқиб чиқиши ўзгармас напорда содир бўлади. Суюқлик сарфи эса, кран 6 ёрдамида ростланади ва ўлчов идиши 7 да унинг миқдори аниқланади. Труба 5 нинг ўқи бўйлаб капилляр трубка 4 ўрнатилади ва у орқали рангли суюқлик узатилади.

Тажриба пайтида труба 5 га асосий суюқлик билан бирга рангли суюқлик юборилади. Труба 5 ичида тезликлар кичик бўлганда, рангли суюқлик оқимчаси оқим ўқи бўйлаб ингичка чизиқ бўлиб чўзилади ва бир текис ҳаракат қилаётганини кўраемиз.

Агар, турли жойларда ўрнатилган бир нечта турли капилляр найчалардан асосий оқимга ўрнатилган рангли суюқлик юборсак, бир-бири билан йўналишлари кесишмайдиган оқимчаларни кузатамиз. Труба ичида суюқлик оқимчаларининг параллел йўналишбўйлаб, яъни техникада *ламинар режим* деб номланувчи, суюқликнинг оқимчали ҳаракати содир бўлади.

Оқимда тезликлар тақсимланиши парабола шаклидаги чизиқ билан ифодаланади. Бунда, максимал тезлик оқимнинг ўқида бўлади, минимал тезлик эса - труба девори яқинидаги қатламларга три келади. Труба деворига ёпишиб турган юққа суюқлик қатлами- *чегаравий қатлам* деб номланади.

Агар, суюқлик тезлигини янада оширсак, рангли суюқлик тўлқинсимон ҳаракатланиб бутун суюқлик оқимига аралашиб, кўринмай кетади. Бунга сабаб, оқимнинг айрим заррачалари нафақат труба ўқи бўйлаб горизонтал, чизиқли ҳаракат қилади, балки суюқлик заррачалари бир-бири билан аралашиб, кўндаланг йўналишда тартибсиз ҳаракатланади. Натижада бутун суюқлик массаси индикатор рангига бўялади. Суюқликнинг бундай тўлқинсимон, тартибсиз ҳаракат *турбулент режим* деб аталади. Оқимда тезликлар тақсимланиш чўққиси кенг, параболасимон чизиқ билан ифодаланади.

Инглиз физик-олими Рейнольдс тажрибаларда суюқлик тезлиги, қовушоқлиги, зичлиги ва труба диаметрини ўзгартирди. Тажрибалар тахлили асосида олим қуйидагича хулосага келди: суюқлик оқимининг ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши суюқлик массавий тезлиги  $\rho w$ , труба диаметрига тўғри ва суюқлик қовушоқлиги  $\mu$  га тесқари пропорционалдир. Олим томонидан таклиф этилган ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерийси деб юритилади.

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \quad (9)$$

бу ерда  $\nu = \mu/\rho$  - кинематик қовушоқлик, м<sup>2</sup>/с.

Рейнольдс критерийсининг сон қийматларига қараб, суюқлик ҳаракат режими аниқланади. Ундан ташқари, ушбу критерий қовушоқлик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини характерлайди. Бир хил труба диаметри ва суюқлик тезлигида, юқори зичлик

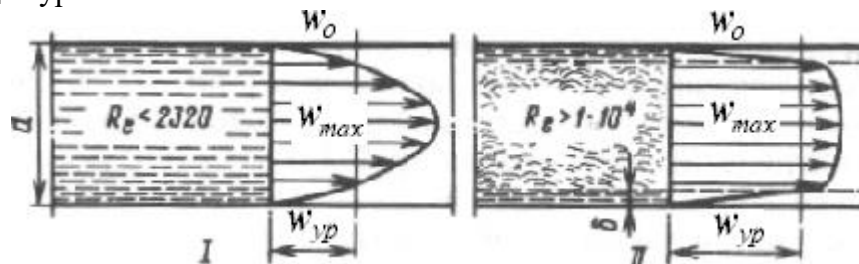
ва кичик ковшоқликка эга суюқликлар турбулент режимга тезроқ чиқади. Ламинар режимдан турбулент режимга ўтиш Рейнольдс критерийсининг критик қийматларида содир бўлади.

Текис трубаларда суюқлик оқими харакати учун  $Re_{кр} = 2320$ . Агар,  $Re < 2320$  бўлса, турғун ламинар режим бўлади. Агар,  $2320 < Re < 10000$  бўлса, суюқлик харакати ўтиш режимига тўғри келади.

Суюқлик оқимининг нотурғун харакатини ўтиш режими характерлайди. Бу режимда икки харакат тури бир вақтнинг ўзида содир бўлиши ёки биридан иккинчисига осон ўтиши мумкин.

$Re > 10000$  бўлса, турғун турбулент режими бўлади.

Ламинар ва турбулент режимларда труба кесимида тезликларнинг тақсимланиши 3-расмда кўрсатилган.



3-расм. Ламинар (I) ва турбулент (II) харакат режимларида

**Суюқлик сарфи ва тезлиги.** Ўзгармас кўндаланг кесимлитрубада суюқлик харакатини кўриб чиқамиз.

Вақт бирлигида кўндаланг кесим орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдорига **суюқлик сарфи** дейилади. Агар суюқлик сарфи  $m^3/c$ ,  $m^3/соат$  ўлчов бирликларида ўлчанса - **хажмий сарф**,  $кг/с$ ,  $кг/соат$  ларда ўлчанса - **массавий сарф** деб ҳисобланади.

Оқим кўндаланг кесимининг турли нуқталарида суюқлик заррачаларининг тезлиги бир хил бўлмайди.

Қуйида келтирилган 3 - расмга биноан, труба ўқи атрофида суюқлик тезлиги максимал, унинг деворига яқинлашган сари минимал қийматга тенг бўлади. Лекин, қўпчилик ҳолларда труба кўндаланг кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик тезликларининг тақсимланиш қонуниятлари номаълум ёки уни аниқлаш жуда қийин. Суюқликларнинг хақиқий тезлигини ўлчаш жуда мураккаб бўлгани учун, муҳандислик ҳисоблашларда заррачалар ўртача тезлиги ишлатилади. Суюқлик хажмий сарфи  $V$  ( $m^3/c$ ) нинг труба кўндаланг кесим юзаси  $F$  ( $m^2$ ) нисбатига **ўртача тезлик**  $w$  ( $m/c$ ) деб номланади:

$$w = \frac{V}{F} \quad (10)$$

Бундан хажмий сарф,

$$V = w \cdot F \quad (11)$$

Массавий сарф  $G$  ( $кг/с$ ) эса, қуйидаги формуладан аниқланади:

$$G = \rho \cdot w \cdot F \quad (12)$$

бу ерда  $\rho$  - суюқлик зичлиги,  $кг/м^3$

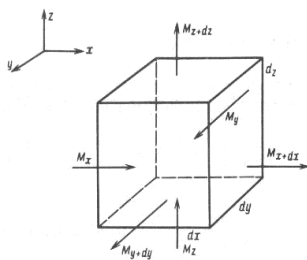
Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, юқорида келтирилган формулалар исталган шаклдаги кўндаланг кесимли каналлар учун ҳам тўғри келади.

### Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси

Узлуксиз харакат қилаётган шароитда суюқлик оқимидаги тезликлар орасидаги боғлиқликни кўриб чиқамиз.

Бунинг учун оқимдан хажми  $dV = dx, dy, dz$  бўлган элементар параллелепипедни ажратиб оламиз (1-расм).

$x$  ўқи бўйлаб ҳаракат тезлигининг ташкил қилган  $w_x$  деб белгилаймиз. Унда, параллелепипеднинг  $dy \cdot dz$  чап томонидан чексиз қисқа вақт ичида унга қуйидаги миқдорда суюқлик киради:



1-расм. Суюқлик оқимининг гузлуксизлик тенгласини келтириб чиқаришга оид.

$$M_x = \rho w_x \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (1)$$

бу ерда  $\rho$  - суюқлик зичлиги.

Суюқлик умуман сиқилмайди деган тахминни қабул қиламиз. Унда, суюқлик зичлиги  $\rho$  ўзгармас бўлади.

Параллелепипеднинг қарама-қарши томонида суюқликнинг тезлиги  $\frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$  қийматга фарқ қилади ва қуйидагига тенг бўлади:

$$w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \quad (2)$$

ўнг томондан  $d\tau$  вақт ичида оқиб чиққан суюқлик миқдори қуйидагига тенг:

$$M_{x+dx} = \rho \left( w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (3)$$

Параллелепипедда ортиб бораётган масса миқдори

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\rho \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (4)$$

га тенг бўлади.

$y$  ва  $z$  ўқлари бўйлаб, суюқлик массасининг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

$$dM_y = -\rho \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy \cdot dx \cdot dz \cdot d\tau \quad (5)$$

$$dM_z = -\rho \frac{\partial w_z}{\partial z} \cdot dz \cdot dx \cdot dy \cdot d\tau \quad (6)$$

Параллелепипедда  $d\tau$  вақт бирлиги ичида суюқлик массаси умумий миқдорининг ўзгариши координата ўқлари бўйлаб, унинг ўзгаришлари йиғиндисига тенг:

$$dM = dM_x + dM_y + dM_z = -\rho \cdot \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (7)$$

Агар,  $\rho = \text{const}$  бўлганда, параллелепипед ичидаги суюқлик массаси ўзгармас бўлиши керак. Демак, массанинг умумий ўзгариши  $dM=0$  ёки

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

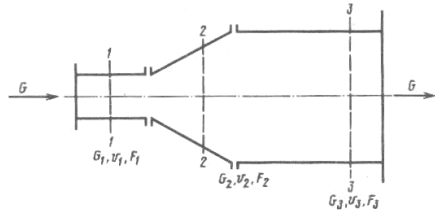


ёки  $\text{div} \mathbf{w} = 0$ , бу ерда  $\frac{\partial w_x}{\partial x}, \frac{\partial w_y}{\partial y}, \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0$  —  $x, y, z$  ўқлари йўналишида тезликларнинг ўзгариши. Ушбу

тенглама сиқилмайдиган суюқлик оқими узлуксизлигининг дифференциал тенгламаси.

(8) тенгламани интеграллагандан кейин, суюқликнинг турғун харакати пайтида труба қуварининг хар бир кўндаланг кесимидан вақт бирлигида бир хил миқдорда суюқлик оқиб ўтади (2-расм).

$$G_1 = G_2 = G_3 = \dots = \text{const} \quad (9)$$



бу ерда  $G$  - массавий сарф, кг/с;  $G = \rho w F$ .

Томчили, сиқилмайдиган суюқликлар учун  $\rho = \text{const}$  бўлгани учун тенглама ушбу кўринишни олади:

$$w_1 F_1 = w_2 F_2 = w_3 F_3 = \text{const} \quad (10)$$

(10) тенгламадан кўришиб турибдики, томчили суюқлик харакатининг тезлиги трубанинг

5-расм. Суюқлик оқимининг узлук-

сизлик тенгламасиникелтириб

чиқаришга оил

кўндаланг кесим юзасига тескари пропорционалдир:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{F_2}{F_1} \quad (11)$$

Шундай қилиб, (11) тенглама масса сақланиш қонунининг хусусий холи бўлиб, суюқлик оқимининг моддий балансини ифодалайди.

Агар, суюқлик таркибида хаво ёки сув буғи, ёки хаво бўшлиқлари пайдо бўлса, оқим узлуксизлиги бузилади.

### Суюқлик харакатининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Оқимнинг исталган нуқтасида суюқлик харакатининг тезлиги ва босим орасидаги боғлиқликни Л. Эйлернинг харакат тенгламаси ёрдамида ифодалаш мумкин.

Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун турғун харакат қилаётган идеал суюқлик оқимидан  $dV = dx dy dz$  хажмли элементар параллелепипед ажратиб оламиз (1-расм).

Параллелепипедга таъсир этувчи оғирлик ва босим кучларининг координата ўқларидаги проекциялари куйидагича бўлади:

$$x \text{ ўқига} \quad - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

$$y \text{ ўқига} \quad - \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

$$z \text{ ўқига} \quad - \frac{\partial p}{\partial z} dx dy dz$$

Динамиканинг асосий принципига биноан, харакатдаги элементар суюқлик хажмига таъсир этувчи хамма кучлар проекцияларининг йиғиндиси суюқлик массасини унинг тезланиши кўпайтмасига тенг.

Параллелепипед хажмидаги суюқлик массаси:

$$dm = \rho dx dy dz \quad (12)$$

Агар, элементар заррача тезлиги  $w$ , унинг тезланиши  $dw/d\tau$  бўлса, тезланишнинг координатлар ўқидаги проекциялари куйидагича бўлади:

$$\frac{dw_x}{d\tau}; \frac{dw_y}{d\tau}; \frac{dw_z}{d\tau}. \quad (13)$$

бу ерда  $w_x, w_y, w_z - x, y, z$  ўқлардаги тезликлар.

Координата ўқларига нисбатан тезланишнинг проекциялари  $\partial w_x / d\tau, \partial w_y / d\tau$  ва  $\partial w_z / d\tau$  бўлади.

Суюқлик оқими турғун ҳаракат қилаётгани сабабли  $\partial w_x / d\tau = 0; \partial w_y / d\tau = 0; \partial w_z / d\tau = 0$ .

Бунда, тезликнинг вақт ўтиши билан ўзгариши, фазода олинган нуқта тезлигининг ўзгаришини эмас, балки суюқлик элементар заррачасининг фазода бир нуқтадан иккинчисига ўтганда  $x, y$  ва  $z$  ўқларга мос келадиган тезлик миқдори  $w_x, w_y$  ва  $w_z$  ларнинг ўзгаришини кўрсатади. Динамиканинг асосий принципига биноан:

$$\rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} = - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} = - \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_z}{d\tau} = - \left( \rho g + \frac{\partial p}{\partial z} \right) dx dy dz$$

қисқартиришлардан сўнг эса, ушбу тенгламалар системасини оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= - \frac{\partial p}{\partial x} \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= - \frac{\partial p}{\partial y} \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= - \rho g - \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Бу тенгламалар системаси турғун оқимлар учун идеал суюқликлар ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгламаси.

#### **Текшириш учун саволлар:**

1. Рейнолдс тажрибалари. Рейнолдс критерийси ва унинг физик маъносини тушунтириб беринг.
2. Ҳаракатдаги суюқликлар учун Эйлернинг дифференциал тенгламасини ифодалаб беринг.
3. Суюқлик сарфи ва тезлиги ҳақида нималарни биласиз?

### **3-МАЪРУЗА**

#### **БЕРНУЛИ ТЕНГЛАМАСИ. ГИДРАВЛИК ҚАРШИЛИКЛАР.**

##### **РЕЖА:**

1. Бернули тенгламаси.
2. Суюқлик ҳаракати режимлари. Гидравлик қаршиликлар.

3. Ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликлар турлари, коэффициентлари.  
 4. Бернулли тенгламасини амалиётда қўлланилиши. Дроссел асбоблар.

### Ҳақиқий суюқлик оқими учун Бернулли тенгламаси

Турғун оқимлар учун Эйлернинг дифференциал тенгламалар системасини ечиш гидродинамикада катта аҳамиятга эга ва жуда кўп ишлатиладиган Бернулли тенгламасини олиш имконини беради.

Агар, (14) тенгламалар системасининг чап ва ўнг томонларини  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ларга кўпайтириб ва суюқлик зичлиги  $\rho$  га бўлсак, ушбу ифодаларни оламиз:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} \cdot dw_x &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} dx \\ \frac{dy}{d\tau} \cdot dw_y &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot dy \\ \frac{dz}{d\tau} \cdot dw_z &= -gdz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \cdot dz \end{aligned} \quad (15)$$

(15) тенгламалар системасидаги  $dx/d\tau$ ,  $dy/d\tau$  ва  $dz/d\tau$  нисбатлар тегишли координата ўқларидаги  $w_x$ ,  $w_y$  ва  $w_z$  тезликларнинг ўзгаришини ифодалайди. Ушбу нисбатларни тезлик орқали ифодалаб, ўз ўрнига қўйсак:

$$w_x dw_x + w_y dw_y + w_z dw_z = -gdz - \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) \quad (16)$$

Тенгламанинг чап томонидаги қўшилувчилар қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$w_x dw_x = d\left(\frac{w_x^2}{2}\right); w_y dw_y = d\left(\frac{w_y^2}{2}\right); w_z dw_z = d\left(\frac{w_z^2}{2}\right). \quad (17)$$

Уларнинг йиғиндиси эса,

$$d\left(\frac{w_x^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_y^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_z^2}{2}\right) = d \cdot \left( \frac{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2}{2} \right) = d\left(\frac{w^2}{2}\right) \quad (18)$$

бу ерда  $w = |w|$  - тезлик векторининг катталиги бўлиб,  $w_x$ ,  $w_y$  ва  $w_z$  ўқлари учун ўз қийматига эга.

Тенгламанинг ўнг томонидаги ифода босимнинг тўла дифференциали  $dp$  га тенг. Турғун оқимлар учун босим фазодаги нуқта ҳолатига боғлиқ бўлиб, исталган нуқта учун вақт бирлигида ўзгармайди.

Демак,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - gdz \quad (19)$$

Ушбу тенгламанинг иккала томонини эркин тушиш тезланиши  $g$  га бўлсак ва ҳамма ифодаларни чап томонга ўтказсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$d \cdot \left( \frac{w^2}{2g} \right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0 \quad (20)$$

Бир жинсли, сиқилмайдиган суюқликлар учун  $\rho = \text{const}$ .

Тенгламадаги дифференциаллар йиғиндисини йиғиндилар дифференциали билан алмаштирилиши мумкин, яъни:

$$d \left( z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} \right) = 0$$

бу ерда

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = \text{const} \quad (21)$$

Ушбу кўринишдаги ифода идеал суюқликлар учун **Бернулли тенгламаси** дейилади.

$\left( z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} \right)$  катталиқка **тўлиқ гидродинамик напор** ёки **гидродинамик напор** деб номланади.

Бернулли тенгламасига биноан, идеал суюқликларнинг турғун ҳаракатида геометрик, статик ва динамик напорлар йиғиндиси умумий гидродинамик напорга тенг бўлиб, оқим бир трубадан иккинчисига ўтганда ҳам ўзгармайди.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (22)$$

Бернулли тенгламаси энергия сақланиш қонунининг хусусий холи бўлиб, оқимнинг энергетик балансини характерлайди.  $z$  - нивелир баланглик ёки геометрик напор ( $h_z, m$ ) деб аталади ва нуқта ҳолатининг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди.  $\frac{p}{\rho g}$  -

босим напори ёки пьезометрик напор ( $h_c, m$ ) деб номланади ва босимнинг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди.

$\left( z + \frac{p}{\rho g} \right)$  йиғинди тўлиқ гидростатик ёки статик напор ( $h_{cm}, m$ ) дейилади ва ушбу нуқтадаги тўлиқ солиштирма потенциал энергияни ифодалайди.

$\frac{w^2}{2g}$  - тезлик ёки динамик напор ( $h_d, m$ ) деб номланади ва у ушбу нуқтадаги солиштирма кинетик энергияни характерлайди.

Демак, турғун характердаги суюқлик учун потенциал  $\left( z + \frac{p}{\rho g} \right)$  ва кинетик  $\left( \frac{w^2}{2g} \right)$  энергиялар йиғиндиси оқимнинг исталган кўндаланг кесимида ўзгармас қийматга эга.

Маълумки, ҳақиқий (реал) суюқликларда ички ишқаланиш кучлари мавжуд бўлиб, улар труба ёки каналларда ҳаракат қилганда, бир қисм напор бу кучни енгишга сарф этилади.

Ҳақиқий суюқликлар учун Бернулли тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (23)$$

ёки

$$h_z + h_c + h_g + h_u = H \quad (24)$$

бу ерда  $h_u$  - ишқаланиш кучини енгич учун сарфланган напор.

Агар, суюқлик горизонтал трубада ҳаракат қилаётган бўлса, унда геометрик напор нолга тенг бўлади, яъни  $h_z=0$ . Унда

$$h_c + h_d + h_u = H \quad (25)$$

Шундай қилиб, Бернулли тенгламаси энергия сақланиш қонунининг хусусий холи бўлиб, оқимнинг энергетик балансини ифодалайди.

Амалий гидродинамиканинг асосий масалаларидан бири бўлиб ҳақиқий суюқлик ҳаракатидаги гидравлик қаршиликни аниқлаш ҳисобланади. Чунки, йўқотилган напор  $h_{йўқ}$  (ёки  $\Delta p_{йўқ}$ )ни билмасдан туриб насос, вентилятор, газодувка ва компрессорлар ёрдамида суюқликларни узатиш учун зарур бўлган энергия сарфини аниқ ҳисоблаб бўлмайди. Ундан ташқари  $h_{йўқ}$  (ёки  $\Delta p_{йўқ}$ ) билмасдан туриб, ҳақиқий суюқликлар учун Бернулли тенгламасини қўллаб бўлмайди.

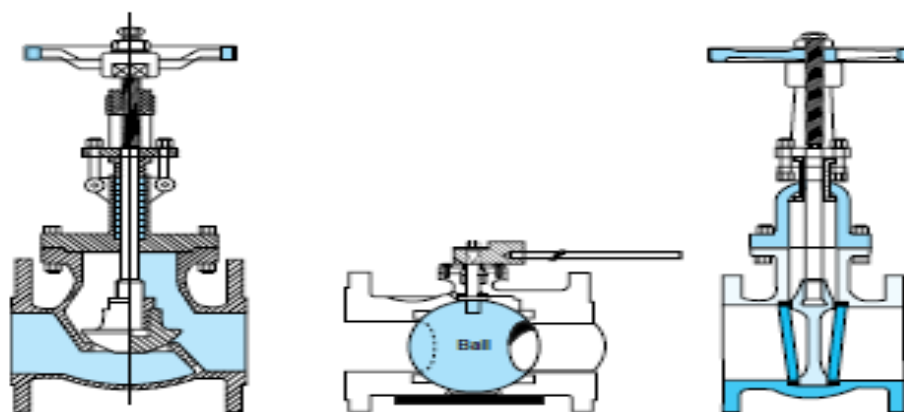
Труба қувурларида напор (ёки босим)нинг йўқотилишига ишқаланиш қаршилиги ва маҳаллий қаршиликлар сабабчи бўлади.

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

**Маҳаллий қаршиликлар** – суюқлик оқими тезлиги ва ҳаракат йўналиши қийматининг исталган ўзгаришидир. Уларга қўйидагилар: кескин ва аста-секин торайган ва кенгайган қисмлар, тирсаклар, жўмрак, ёпувчи ва ростловчи ускуна (вентил, задвижка, тикинли кран) ва бошқалар киради (1-расм).

### Дарвоза, вентил ва шарсимон клапанлар (задвижка)

Клапанлар суюқлик оқимини тўхтатиш, бошлаш, чегаралаш ёки йўналтириш учун ишлатилади. Дарвоза, вентил ва шарсимон клапанлар 2.17 расмда кўрсатилган. Дарвоза клапани қувурдаги оқим йўлида ҳаракатланувчи элементни жойлаштиради. Дарвоза клапанининг асосий компонентларига танаси, қопқоғи, дастаги, моховик, дарвоза, герметик материал, соник ва гидравлик солник киради. Дарвоза клапанлари 2 хил бўлади: кўтарилувчи ва кўтарилмас дастагли. Дарвоза клапанлари оқимини чегаралаш учун эмас, очиш ва ёпиш учун мўлжалланган.



Вентил клапан

Шарсимон клапан

Дарвоза клапан

2.17-расм. Клапанлар.

Вентил клапанлар йўлида ҳаракатланувчи металл дискни жойлаштиради. Бу турдаги клапан оқимни чегаралаш учун ишлатиладиган энг оддий клапанлардандир. Диск ўринига қулай жойлашиши ва оқимни тўхташиши учун мўлжалланган. Суюқлик вентил клапанга киради ва 90 градусга айланиш орқали жойига ва дискга йўналади. Суюқлик диск орқали ҳаракатланса, бир хил тарқалади. Блок клапанлари куйидагича оддий вентил шарли, тикин ёки композит диски билан, игнали клапан ва бурчакли клапан кўринишларида бўлади. Вентил ва дарвоза клапанларини жуда ўхшаш клапанлари мавжуд.

Шарсимон клапаннинг марказида ҳаракатланувчи элементнинг шаклидан олинган. Шарсимон клапан дарвоза, вентил клапанларга ўхшаб, оқимни назорат қилувчи қурилмани кўтармайди, буни ўринига бош шар очик-ёпиқ ҳолатга айланади. Шарсимон клапанлар оқимни жуда оз миқдорда чегаралайди ва клапан дастаги чорак қисмига айлантирилганда 100 % га очилади. Ёпиқ ҳолатда каналга суюқлик киритилмайди. Очик ҳолатда қувурнинг ички диаметри канал ички диаметрига мос бўлади. Катта клапанларни очиш учун моховик ва узатмалар қутиси керак бўлади, аммо бунинг учун бор йўғи дастакни чорак қисмга айлантириш етарли.

**Клапанлар.** Клапанларнинг саноатда энг кенг тарқалган тури дарвозали бўлади. Дарвоза клапан қувур ичида оқим йўлига жойлаштирилади. Дарвоза, трубанинг ички диаметрига мос ўлчамларда бўлади ва очик ҳолатда жуда оз фарқланади.

Клапанлар ўлчамлари бўйича фарқланиб, 0.125 дюймдан бир неча футгача бўлиши мумкин. Задвижкалар одатда “кенг очик” ёки “тўла очик” ҳолатларда ишлайди.

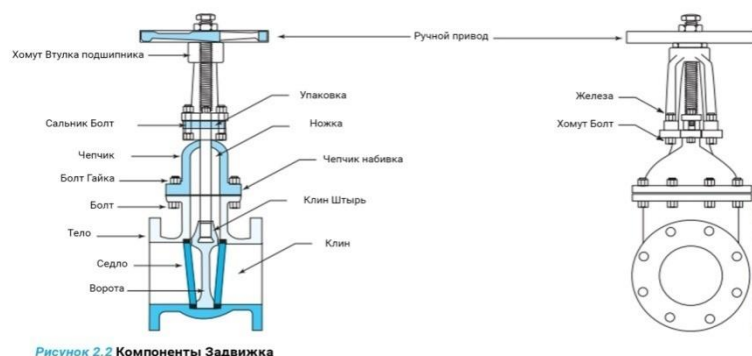


Рисунок 2.2 Компоненты Задвижка

2.18-расм. Задвижканинг тузилиши.

Бу турдаги задвижкалар оқим даражаси чекланмаганда ишлатилади. Клапанлар оқимни ростлагани учун улардан кенг кўламда фойдаланиш керак.

Клапан орқали ноттурғун оқим ўтиши сабабли металл эрозияси, эгарнинг едирилиши, шунингдек оқим назорати элементларининг шикастлагани сабабли, оқимни тўлиқ тўсиб қўйиш олдини олиш мумкин.

Эгарлар икки тоифага бўлинади: маҳкам ўрнатилган ва ечиладиган.

Кичик клапанларда одатда куйма элементлари бўлгани учун эгарларни алмаштириш иқтисодий самара бермайди ва уларда клапаннинг ишчи элементини алмаштириш керак.

Эгарларнинг кирралари диск ёки поналар билан параллел жойлашади. Дарвозали клапан куйигилардан иборат: корпус, дарвоза, ўқ, қапқоқ, қистирма ва маховик (2.18-расм).

Дарвоза понасимон ёки параллел дисклардан иборат бўлиши мумкин. Турли материаллардан ясалиши мумкин. Дарвоза очик бўлса оқим йўлидан бутунлай четлаштирилади ва ёпиқ ҳолатда оқим йўлида бевосита жойлаштирилади.

Клапаннинг катта қисмини қобик ташкил этади. Қобик технологик қувурларга уч йўл билан уланган бўлиши мумкин: флянецли, резьбали ёки пайвандланган. Клапан элементлари қобикга махкамланади.

Қобикдаги майдонча икки қўзғалмас текислик ёки клапан ичидаги халқалар кўринишида бўлади, оқимни тўсиш вақтида бўш бўлади. Бундай майдонча икки тоифага бўлинади: алмаштириладиган ёки ўрнатилган.

Эгарлар дарвоза билан аниқ таъсирланиш юзасини таъминлаши керак. Эгарлар клапан чегарасида ишланиши ёки куйилиши мумкин. Улар прессланадиган, резьбали ёки жойига пайвандланган бўлади. Юқори ҳарорат ва юқори босим вазиятларида пайвандлаш ва резьбали бирлашма талаб қилиниши мумкин.

Ўқ ингичка, узун бўлиб, унга дарвоза ёки ғилдирак бириктирилган бўлади. Маховик айланганида унинг энергиясини ўқга узатади ва ўқни кўтарилиш ёки тушишга олиб келади.

Қапқоқ диск ёки дарвоза учун кўтарилган ҳолда қобик вазифасини бажаради. У пайвандлаш орқали ёки вақтинча болтлар ёрдамида клапан қобикга махкамланади.

Қистирма махсус материалдан ясаиб, қапқоқ герметиклигини таъминлашга хизмат қилади. Қистирма ўқнинг юқорига ва пастга силлиқ ҳаракат қилиш имконини бериши керак.

Сальникли қистирма қапқоқнинг ўқ ўтадиган жойида, махсус очилган чуқурчада бўлади ва ўқ атрофида қобик монтажида иштирок этади. Тикма мослама қутидаги материални сиқади ва материалнинг жойлашувини таъминлайди. Сальникдаги гайкалар сиқилиш меъёрини таъминлаб, сизиб чиқишни бартараф қилишга мўлжалланган.

Маховик клапан ўқига махкамланади. Маховик айланма энергияни ўқга узатади. Айланма энергия оқимни бошқариш элементини ҳаракатга келтиради. Маховик соат стрелкаси бўйича ҳаракатланганида клапанни ёпади. Маховик ҳаракати тесқари томонга йўналтирилганида клапанни очади.

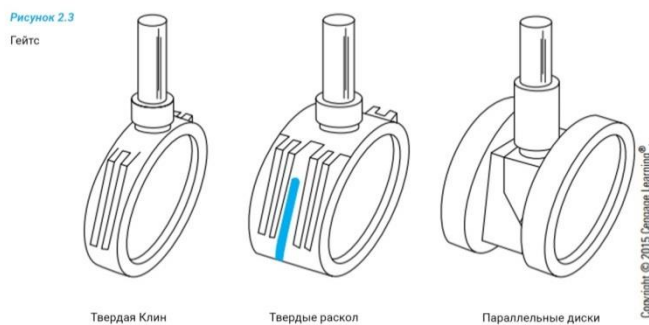
**Дарвозалар.** Задвижка дарвозалари турли шакл ва ўлчамларда бўлади.

Энг кенг тарқалган конструкциялари қаторига мустаҳкам пона, икки қаттиқ дарвозали ва параллел дисклар (2.19-расм) киради.

Яхли мустаҳкам понали задвижкалар ишончли бўлиб, эгарнинг мустаҳкам материалга зичлашади. Бундай понали эгарга зич жойлашгани сабабли, ортиқча кучланишни кўтармайди. Ортиқча кучланиш ишчи жойларини шикастмаслиги мақсадида клапан тўлиқ ёпилганидан сўнг озгина бўшатилиши керак.

Икки қаттиқ дарвозали тури эгар билан ишончли зичланиш беради. У мустаҳкам пона каби вазифаларни бажариши билан бирга ўзига хос элементларига эга. Бу элемент унинг иккита диск сифатида ишлашини ҳам таъминлайди. Икки қаттиқ дарвозали тури мустаҳкам пона турига нисбатан юқори ҳароратларда ишлатилиши имконини беради. Оқимнинг босимидан бундай дарвозаларнинг жойланишида фойдаланилади.

Параллел диски дарвозалар ўқга ўрнатилган икки алоҳида дисклардан иборат. Баъзи бир параллел дискларда пружина бўлиши мумкин. Пружина дисклар орасида жойлаштирилади, қолган элементлар ўқга махкамланади.



**2.19-расм. Задвижка дарвозалари турлари.**

Параллел диски задвижклар юқори ҳароратларда қўлланилишга мўлжалланган. Оқим бундай клапанга кирганида, дисклардан бирини итаради, пружинани сиқади ва қарама-қарши дискни эгарга зич жойланишини бошқаради. Системадаги босим дарвозанинг эгардаги ҳолатини таъминлайди. Босим қанча катта бўлса диск шунча эгарга зичлашади.

**Задвижка материаллари.** Задвижклар (2.20-расм) турли жараёнларда фойдаланиш учун мўлжалланган. Маълум эксплуатация шароитлари задвижка ясаиш материалларининг ўзига хослигини белгилайди.



**2.20-расм. Зангламайдиган пўлатдан ясалган задвижка.**

Мисол учун, зангламас пўлатдан ясалган задвижка коррозия, юқори ва паст ҳароратли муҳитларда хизмат қилади. Махсус қотишмалли задвижка эса юқори ҳарорат, юқори босим муҳитида ишлатиладиган. Бронзадан ясалган задвижка паст ҳароратли, паст босимли муҳитда хизмат қилади. Латун задвижка паст ҳарорат, паст босимли хизмат шароитида қўлланилади. Чўян задвижка сув учун ва баъзи бир паст босимли буғлар учун ишлатилади.

Задвижклар узлукли ва ўзгарувчан оқимли технологик жараёнларда қўлланилидаган энг яхши мосламалардан ҳисобланади. Улар узоқ йил хизмат қилади. Кўтарма шпинделли ва кўтарилмайдиган ўқлар.

Задвижка ўқлари икки хил турда бажарилган бўлади: кўтарма шпинделли ва кўтарилмайдиган ўқли. Затворнинг юқори қисмида штурвал жойлашган. Маховик втулкага маҳкамланади, втулка ўз навбатида ўқга резьба ёрдамида маҳкамланади. Маховик соат стрелкасига қарама-қарши айланганида маховик марказидаги ўқ кўтарилади. Ўқнинг кўтарилишига мос равишда дарвоза клапан қобиғидан кўтарилади ва суюқликнинг оқишига йўл беради. Ўқнинг ҳолатига қараб, кузатувчи клапан очиқ ёки ёпиқлигини айта олади.



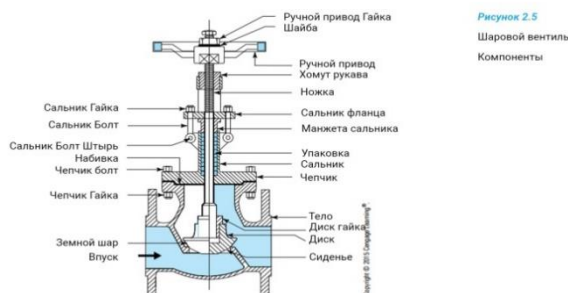
Кўтарилувчи ўқнинг бошқа турида ўқ асоси резъбали бўлади. Бундай типдаги клапанларда маховик ўқга ўрнатилган бўлиб, очиқ ҳолатда ўқ билан бирга кўтарилади. Кўтарилмайдиган ўқларда махсус мослама ўқнинг кўтарилиши ёки тушишига йўл қўймайди. Маховик ўқга мустақам бириктирилган ва маховик ўқ винти ёки дарвоза айланиши бошқаради. Бундай клапанларга қараб, уларнинг очиқ ёки ёпиқлигини айтиб бўлмайди.

**Хизмат кўрсатиш.** Ускуналар техник ҳолатини таъминлаш оператор ишининг муҳим қисмидир. Резъба ўқли клапанлар атроф муҳит таъсирида қотиб қолмаслиги ва уларни иш қобилиятида ушлаб туриш учун мойланишни талаб этади. Қобик назоратдан ўтказилиб, силқиш топилганида сальник гайкалари меъёрида тортилиши керак.

Клапан ўқи бўялмайди ва уни чанг ва ифлосланишдан сақлаш керак. Оператор задвижкани ёпаётганида клапан эгарини шикастламаслик чораларини кўриши лозим. Ҳаракат йўналишининг ўзгариши, клапаннинг тез ёпилиши ва труба кенгайиши клапаннинг бузилишига олиб келиши мумкин. Чунончи, ўқнинг қийшайиши клапаннинг ёпишиб қолишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун клапанни ёпиш жараёни секин ва бир текисда бўлиши керак. Клапан дарвозаси пастда бўлганида айланиш пастга бўлмаслиги шарт. Кўпгина клапанлар мойлагичлар билан таъминланган бўлади ва улар ёрдамида айланувчи қисмлари мойланиб борилади. Техниклар вазифаси клапанлар тозаллиги ва мойланганлигини назорат қилишдан иборатдир.

**Шарли клапан.** Ишлаб чиқариш соҳасида ишлатиладиган иккинчи энг кенг тарқалган клапан тури ўтказувчи клапандир. Шарли клапанда ҳаракатчан металл диск оқим йўлига қўйилади. Бу типдаги клапан асосан оқимни дросселлашда ишлатилади. Диск эгарга текис жойлашиб оқимни тўхтатишга мўлжалланган. Ўтказувчи клапанга суюқлик қиради ва ўз йўналишини эгар ва диск остига томон  $90^0$  га ўзгартиради. Суюқлик дискдан ўтади ва текис тақсимланади. Ўтказиш клапанлари самарали ишлаши учун ўғри ўрнатилиши керак. Агар клапан тесқари ўрнатилса, оқим бошқарув элементини пастга босади ва узатиш меъёри бузилади.

Типик эгарли клапан қуйидагилардан иборат: қобик, диск, бўш майданча, ўқ, қалпоқ, қистирма, сальник, эгар ва маховик (2.21-расм).



### 2.21-расм. Шарли клапан.

Диск ўқга уч усулда маҳкамланади: ҳаракатчан, резъбали ва яхлит ясаш билан. Диск штекер, копток ва игна шаклида синфланиши мумкин. Турли материаллардан ишланади.

Диск ёки ўтказувчи бошқарув элементи эгарда жойлашади ва ёпиқ ҳолатда оқим йўлида ётади. Задвижкалардан фарқлироқ, шар клапан дросселлашда ишлатишга мўлжалланган. Оқим бошқарув элементининг очиқлик даражаси орқали ростланиши мумкин.

Клапаннинг асосини қобик ташкил этади. Қобик технологик қувурларга уч йўл билан уланган бўлиши мумкин: флянецли, резъбали ёки пайвандланган. Клапан элементлари қобикга маҳкамланади.

Бўш майдонча тўрт хил усулда бажарилиши мумкин: конуссимон, қийшиқ текис юзали, зичловчи халқали ёки шайба ва конусли ёки игнасимон конусли. Майдонча алмаштириладиган ёки ўрнатилган бўлади.

Эгар бошқарув элементи билан таъсирланиш юзасида тўғри бирикиб, зичланишни таъминлайди. Эгарлар клапан чегарасида ишланиши ёки қуйилиши мумкин, прессланадиган, резьбали ёки жойига пайвандланган бўлади. Юқори ҳароратда ва юқори босим вазиятларида пайвандлаш ва резьбали бирлашма талаб қилиниши мумкин.

Ўқ ингичка, узун бўлиб, диск ёки ғилдиракга бириктирилган бўлади. Маховик айланганида унинг энергиясини ўқга узатади ва ўқни кўтарилиш ёки тушишга олиб келади.

Қапқоқ диск учун кўтарилган ҳолатда қобиқ вазифасини бажаради. У пайвандлаш орқали ёки вақтинча болтлар ёрдамида қобиқга маҳкамланади. Қобиқ силқишларни бартараф этиш учун махсус лойихаланган бўлиб, ўқнинг текис айланишини ҳам таъминлайди.

Сальникли қистирма қапқоқнинг ўқ ўтадиган жойида, махсус очилган чуқурчада бўлади ва ўқ атрофида қобиқ монтажида иштирок этади. Тикма мослама қутидаги материални сиқади ва материалнинг жойлашувини таъминлайди. Сальникдаги гайкалар сиқилиш меъёрини таъминлаб, сизиб чиқишни бартараф қилишга мўлжалланган.

Маховик клапан ўқига маҳкамланади. Маховик алланма энергияни ўқга узатади. Айланма энергия оқимни бошқариш элементини ҳаракатга келтиради.

Орқа эгар қапқоқ ва ўқ орасида зичловчи ва қобиқни клапан ичидаги ортикча босимдан сақловчи мосламадир. Буғ системалари учун қўлланилади. Ўқнинг бир қисми сифатида ишланади. Ўқ тўла очик ҳолатда бўлганида дисксимон орқа эгар эгар қапқоғи билан таъсирлашади.

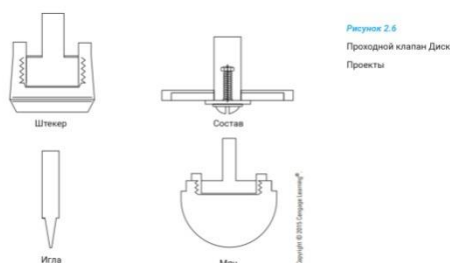
**Дисклар.** Дисклар турли шакл ва ўлчамларда бўлади. Тўрт энг кенг тарқалган вилкали, шарли, таркибли ва игнали диск турлари 2.22-расмда келтирилган.

Вилкали дисклар дросселлашда ишлатилади. Улар конуссимон бирикиш юзали жойида алмаштириладиган халқаларга эга, оқим ҳарорати ва босими кенг ораликларда ўзгарадиган ҳолларда дросселлашга мўлжалланган.

Шарли дисклар шарсимон ёки текис юзали бўлади. Улар дросселлашни очилган ёки ёпилган ҳолатларда бажаришга мўлжалланган.

Таркибли дисклар турли температура ва оқимларга мослаштирилган бўлади. Таркибли дисклар қайта тикланиши мумкин. Юзаларни бирлаштириш учун резина халқа ва шайбадан фойдаланилади. Игна диск юқори аниқлик талаб этилганда қўлланилади.

**Ўтказувчи клапан материаллари.** Шарли клапанлар турли шароитларда фойдаланиш учун мўлжалланган. Мухит турига қараб тегишли материаллардан ясалади. Мисол учун, зангламас пўлатдан ясалган эгарли клапан коррозия, паст ҳароратда хизмат қилганида ишлатилади. Махсус қотишма эса юқори ҳарорат ва юқори босимда ишлатилади. Баъзи бир кенг тарқалган қотишмалар сифатида никель-темир, титан-пўлат ишлатилмоқда. Бронзадан ишланган эгарли клапан паст босим ва паст ҳароратлар учун мўлжалланган. Чўян задвижка сув учун ва баъзи бир паст босимли буғлар учун ишлатилади.



2.22-расм. Дисклар турлари.

Тиқинли клапанларбилансолиштирганда(2.23-расм) клапанларда жудақатта босимтушиши мавжуд. Ўтказувчи клапанлар юқори юкламали идишларда ўрнатишга мўлжалланган. Бундай клапан фойдаланишнинг энгпастҳудудидаўрнатишбўлса, ўз-

Ўзинитозалаштурибўлсаҳам, шарли клапанга айланади, чунки шар 90° га қайтади ва унитўғридан-тўғритармоқданузишмумкинэмас.



Рисунок 2.7

Шаровой вентиль

### 2.23-расм. Тиқинли клапан.

**Шарли клапанлар.** Шарли клапанлар ўз номини шарсимон, ҳаракатчан элементдан олган (2.24-расм). Дарвоза ва эгарли клапанлардан фарқли, шарли клапаннинг бошқарув мосламаси оқим таъсирида кўтарилмайди. Бунинг ўрнига ичи бўш шар очик ёки ёпиқ ҳолатларга айланади. Шарли клапанлар оқимга жуда кичик чекловлар беради ва тўла очик ҳолат очик ҳолатнинг тўртдан бир ҳолатида ҳам кузатилади. Ёпиқ ҳолатда тизим тўлиқ узилади ва аксинча, тўлиқ очик ҳолатда трубанинг ички диаметрига тенг ҳолатни беради.

Шарли кранлар турли шакл ва ўлчамда (2.24-расм) бўлиб, катта клапанларда маховик ва тишли редуктор бўлишини тақозо қилади. Шарли кранлардан дросселлаш учун фойдаланиш мумкин эмас.

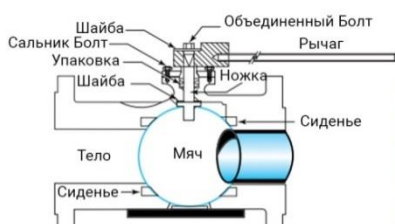


Рисунок 2.8 Компоненты Шаровой Клапан



Рисунок 2.9 Шариковый клапан

### 2.24-расм. Шарли клапан.

Шарли кранлардан узоқ вақт фойдаланиш таъсирида шар ва унинг ўрнатилиш жойи шикастланиши мумкин. Одатда, шарли кранлар юқори хароратларда қўланишга мўлжалланмаган. Шар ўрнатиладиган жой пластмассалардан ясалган бўлиб, юқори харорат таъсирида емирилишга мойилдир. Ишлатишдан аввал температера чегаралари билан танишиш тавсия этилади. Шарли кранлар зичланмагани учун юқори босимли камераларда қўлланмайди. Баъзи бир шарли кранлар бир неча оқимни тўхтатмасдан керакли йўналишларга айирбошлаш учун мўлжалланган бўлиши мумкин.

**Қайтиш клапани.** Қайтиш клапанлари оқимнинг қайтишини бартараф этиш учун ва унинг оқибатида қурилмаларнинг ифлосланиши ва бузилишининг олдини олиш учун

мўлжаллангандир. Қайтиш клапанлари имкониятлари катта эмас, лекин оқимни герметик тўхтатиш имконини беради.

Қайтиш клапанлари конструкциялари турлича ва қўлланилиши билан фарқланади. Қайтиш клапаннинг типик намоёндаси сифатида қайтарма дискни олиш мумкин. Бунда оқим йўналиши ўзгарса қувур ёпилади (2.25-расм). Оқим дискни кўтариб, шу оқим тўхтагунича ўзгармас тутади. Қайтиш клапаннинг қобиғи қалпоқчали бўлиб, бошқарув элементига осон бориш имкониятини беради.

Қайтиш клапаннинг бошқа бир тури лифтни кўриб чиқсак, унга ўрнатилган диск оқим кутиш режимида бўлганида ёпиқ ҳолатда ва оқим ҳаракати натижаси кўтарилиб очиқ ҳолатда фаол бўлади (2.26-расм). Махсус йўналтирувчилар дискни жойида ушлаб туради. Шу билан бирга оқим ўзгаришларини ёпиш учун мўлжалланган тескари мослама қилиб яратилган.

Лифт текшириш идеал оқим даражаси турлича бўлган тизимлар учун жавоб беради. Лифт текшириш тебраниш текширишидан мукамалроқ бўлади. Горизонтал ёки вертикал қурилмаларни текширишда поршен ёки шар оқим таъсирида эгардан кўтарилади.

Учинчи кўриниш шарли бўлиб, шарсимон диск қия шарсимон эгарга жойлашади (2.27-расм). Шар оқим кутиш ҳолатида бўлганида пастки ҳолатда бўлади ва қачон оқим фаоллашса ҳолатини ўзгартиради. Махсус йўналтирувчилар шарсимон дискни жойида ушлаб туради. Оқим йўналиши ўзгариши билан арғимчоқ каби тебраниб оқимни беркитиб қўйишга мўлжалланган. Бундай текширишлар оқим ўзгарувчан бўлганида ёки суюқлиги бирмунча каттиқ моддаларни тугган системалар учун мос келади. Шарли текширув лифт текширув каби мукамал ва узоқ муддатлидир.

Тўртинчи қурилма лифт хусусиятларига эга тормоз бўлиб, кўтариш кучи ва шар клапанни (2.28-расм) назорат қилишга асосланган. Ёпиқ ҳолатда, тўхтатиш клапани маҳкам ўтирган, очиқ ҳолатда, оқим назорати элементи қобикдан кўтарилади. Очиқ ҳолатда, лифт синовида тўхтатишни текшириш бўлиб, кўтариш даражасини ростлаш мумкин.

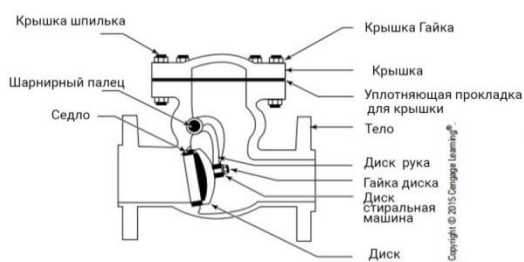


Рисунок 2.10 Свинг обратный клапан

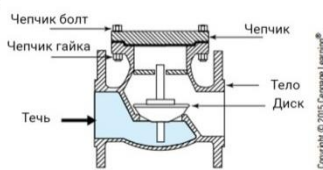


Рисунок 2.11 Клапан обратный подъемный

## 2.25-расм. Дискли қайтиш клапани.

## 2.26-расм. Лифтли қайтиш клапани.

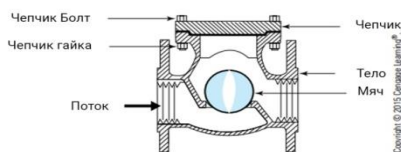


Рисунок 2.12 Шаровой обратный клапан

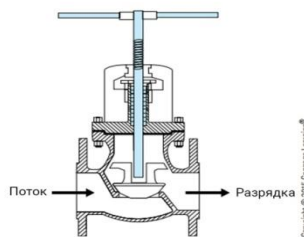


Рисунок 2.13 Стоп Обратный клапан

## 2.27-расм. Шарли қайтиш клапани. 2.28-расм. Лифтли шарли қайтиш клапани.

Қайтариш клапанлари оғирлик кучи таъсирида ишлайди, шунинг учун тўғри ўрнатилиши керак. Конструкциялари горизонтал ва вертикал бўлиши мумкин. Турли технологик шароитларда қўлланилишга мўлжалланган. Клапанлар материали қўлланиш соҳасини аниқлайди. Мисол учун, зангламас пўлатдан ясалган клапан коррозия, паст ҳароратда хизмат қилганида ишлатилади. Махсус қотишмалиси эса юқори ҳарорат ва юқори босимда ишлатилади. Баъзи бир кенг тарқалган қотишмалар сифатида никель-темир, титан-пўлат ишлатилмоқда. Бронзадан ишланган клапан паст босим ва паст ҳароратлар учун мўлжалланган. Латун клапанлар паст босим ва ҳароратларда қўлланилади. Темир клапан сув учун ва баъзи бир паст босимли буғлар учун ишлатилади.

**Затворлар.** Дискли айланма затворлар одатда дросселлаш ва очиқ-ёпиқ функцияларни бажаришда қўлланилади. Бундай клапанлар бошқа турдаги клапанлардан кичикроқ бўлиши билан фарқланади ва шу сабабдан труба қувурларда кам жой эгаллайди.

Капалак элементли затвор ясси диск кўринишида бўлиб, диск марказидан металл ўқ ўтади ва дискнинг чорак айланишга бурилишига имкон беради (2.29-расм). Затворнинг чорак бурилиши тўлиқ очиш ёки ёпиш учун етарлидир.

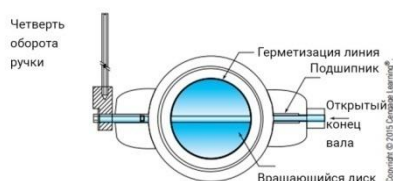


Рисунок 2.15 Клапан-бабочка Компоненты



Рисунок 2.16 клапан-бабочка

## 2.29-расм. Капалак элементли затвор.

Техниклар билиши керакки, дросселлаш клапанларини 100% очиш учун клапан дастаги саккиздан бир улушга очилиши кифоядир. Дросселлаш вақтида клапан дастаги ёпиқ ҳолатда маҳкамланган бўлиши шарт. Агарда дастак маҳкамланмаган бўлса, оқим клапанга кириши билан затворни очишга ҳаракат қилади. Шунга қарамасдан, дискли айланма затворлар дросселлашда турли характеристикали оқимларда қўлланилади. Затворни эллик фойизга очиш билан максимал оқимга эришиш мумкин.

Дискли айланма затворлар паст ҳарорат ва босимда ишлатишга мўлжалланган бўлиб, одатда қайта ишлаш корхоналарида сувни совутиш учун мўлжалланган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида ўрнатилади.

Дроссел клапан эгари табиий каучук ёки пластмассалардан ясаилиши мумкин.

**Тиқинли клапанлар.** Қайта ишлаш корхоналарида туртдан бир бурилишда очиладиган, тезкор очиш учун мўлжалланган тиқинли клапанлар кенг тарқалган. Тиқинли кран ўз номини оқимни ростловчи элементи номидан олган (2.30-расм). Дастаги тўртдан бир бурилиши натижасида 100 фойиз очиқ ҳолатни таъминлай олади. Ёпиқ ҳолатда ўтказиш тирқиши оқимга тўсиқ бўлса, очиқ ҳолатда труба ички диаметри билан бир хил бўлади.

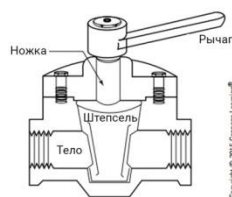


Рисунок 2.17 плунжерный клапан Компоненты

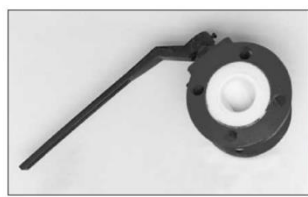


Рисунок 2.18 плунжерный клапан

## 2.30-расм. Тиқинли (плунжерли) клапан.

**Плунжерли клапан.** Тиқинли кранлар турли шакл ва ўлчамларда бўлади. Клапан тиқини ёқилғи газ қувурлари учун мўлжалланган, паст босим вазиятларида, паст хароратларда ёпиш ва очиш амалларни бажариш учун мўлжалланган. Кранларни очиш ва ёпишда, ҳамда узоқ вақт ишлатилишида ишчи элементлари шикастланиши мумкин. Паст хароратларга мўлжалланган платмасса қопламали эгарлар юқори харорат таъсирида емирилиши мумкин.

**Хизмат кўрсатиш.** Тўғри назорат ва техник кўриклар натижасида клапан плунжерининг ишлаши абадий давом этиши мумкин. Плунжерли клапанни ишлатишда мойлаш катта ахамиятга эга. Тиқинли кранларнинг хизмат муддати клапан қобиғи ичидаги мойловчи материалга боғлиқ. Мойловчи материал клапанга сизиб чиқишни бартараф этишда кўмаклашади. Бундай клапанлар дресселлаш учун қўлланилмайди.

Хаддан ташқари емирилиш клапан тиқинининг ишдан чиқишидан далолат беради. Бундан ташқари клапан герметиклиги ҳам хавф остида қолади. Тиқинли клапанларнинг ишлаш харорати 480°F (248,9 °C) дан ошмаслиги керак. Бу кўрсаткичдан юқори хароратларда мой оқиб кетади ва тирқишларни ёпиш мумкин бўлмай қолади.

**Мембранали клапанлар.** Кимё заводларида, турли суюқлик, агрессив ёки ёпишқоқ моддалар бир жойдан бошқа жойга кўчирилади. Стандарт клапанларни бу вақтда қўллаб бўлмайди. Бундай махсулот тури учун мембранали клапанлар махсус ишлаб чиқилган.

Мембранали клапанларда оқимни ростлашда қайишоқ мембрана ва эгар қўлланилади. Маховик дарвозали ва шарли клапанлардагидек ишлайди. Ўқ компрессор деб номланган қурилма элементига махкамланади. Компрессор қайишоқ мембранага босим беради. Клапаннинг ички қисмлари оқимдан химояланган. Мембрана маховик ростланишига боғлиқ равишда мослашган. Мембранали клапанлар одатда паст босимларда қўлланилади. Мембрана эгари кимёвий турғун пластикдан ясалади, резана бўлиши ҳам мумкин. Бундай клапанларнинг қобиғи бўлмайди.

Мембранали клапанлар икки турда бажарилади: сув ўтказиш ва тўғри ўтказувчи мембранали. Сув ўтказиш типидagi мембранали клапаннинг қобиғида тўғони бўлади (2.31-расм). Суюқлик тўғоннинг юқори қисмидан ўтиб диафрагмага келади. Клапанда катта босимлар фарқи кузатилади. Шунинг учун уларда қалин ва пишиқ мембралар ишлатилади.

Тўғри ўтказувчи мембранали клапанлар қайишоқ мембранага эга (2.32-расм). Босим пасайиши мембрана холатига боғлиқ.

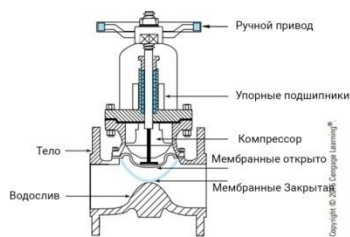


Рисунок 2.19 мембранный клапан Компоненты

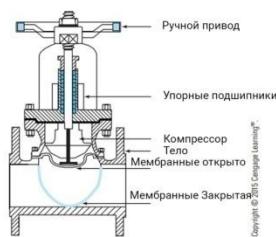


Рисунок 2.20 Straight-Пересе-  
диафрагменный клапан

## 2.31-расм. Сув ўтказиш мембранали клапани. 2.32-расм. Тўғри ўтказиш мембранали клапани.

Мембранали клапанлар (2.33-расм) агрессив суюқликлар ва ўта тоза суюқликлар ҳамда минераллардан ҳолис қозон сувларига мўлжалланган. Мўътадил паст ҳарорат ва босим ўзгаришлари бўладиган шариотларда ишлатилиши керак.



Рисунок 2.21  
Вейр Мембранные  
клапан

## 2.33-расм. Мембранали клапан.

**Хавфсизлик клапанлари.** Хавфсизлик клапанлари суюқлик босимининг кескин ўзгаришларига автоматик жавоб реакциялари учун ишлаб чиқилган. Хавфсизлик клапани маълум босимда очилишга мўлжалланади. Хавфсизлик клапанида диск ўз жойида пружина ёрдамида ушлаб турилади. Бу пружина клапанда ишчи босим ҳосил бўлмагунча очилмайди (2.34-расм). Катта босим технологик қурилманинг ишлаш вақтида ҳосил бўлиши мумкин.

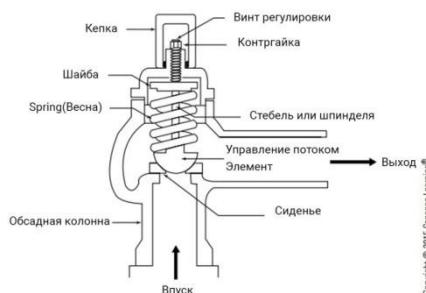
Хавфсизлик клапани босим остидаги суюқликлар учун мўлжалланган. Улар газ тизимларига тўғри келмайди. Хавфсизлик клапанлари секин очилиш учун мўлжалланган. Бу газ хизмати учун ёмон белги ҳисобланади.

Бошқа клапанлар юқори газ тезлиги таъсирида диск ва эгарнинг емирилиши сабабли газ тизимларида ишлатилмайди.

Хавфсизлик клапанлари дизайни ва услуби билан фарқланади. Хавфсизлик клапанлари ўлчами дюймнинг бир неча улушидан бир неча дюймгача бўлади. Хавфсизлик клапани кўтарилган бўлса, уни "бутунлай очик ҳолатда" деб аталади. Дастлабки босим ва тўлиқ очик ҳолатдаги босим орасидаги фарқ, йиғиш даври дейилади.

Хавфсизлик клапанлари қуйидагилардан иборат: химоя қалпоғи, ростловчи винт ва контргайка, қобик, пружина ёки пружина шайба, кириш ва чиқиш тармоғи, ўк, диск ва бўш жой.

Рисунок 2.22  
предохранительный клапан  
Компоненты



2.34-расм. Хавфсизлик клапани.

Химояловчи қалпоқ ростловчи винт ва гайкани ташқи таъсирдан сақлаш учун хизмат қилади. Пружина ёки пружина шайба дискни доимо таранг холатда ушлаб туради. Ўқ дискнинг вертикал харакатланиши учун резьбали ишланади.

Хавфсизлик клапанлари очик бўлганида улардан оқимнинг ўтаётганлигини осон аниқлаш мумкин. Клапаннинг қизиганлигини унинг икки томони қизиганлигидан аниқланади. Қизиш натижасида хавфсизлик клапанлари очилиб, мухитнинг бирдан ўзгаришини пасайтиради. Буғ системаларидаги хавфсизлик клапанлари буғни атмосферага чиқаради.

Баъзи бир клапанларнинг дастаги бўлади. Бу дастакнинг холатига қараб клапан функцияларини текшириш мумкин. Назоратчи клапаннинг бундай функциясини текширишда дастакдан фойдаланмайди.

Хавфсизлик клапанларининг икки асосий афзалликлари бўлиб, улардан бири босим пасайиши биланоқ ўзгариши ва пружиналарларнинг созланишидир.

**Сақловчи клапанлар.** Сақловчи клапанлар ҳимоя жараёни тизимининг охирги қатори ҳисобланади. Улар ортиқча буғ ёки газ босимига тезкор жавоб бериш учун мўлжалланган. Тизимда ортиқча босим ҳосил бўлганида сақловчи клапанлар ортиқча босимни атмосферага чиқариб юборади. Чиқариб юборилган ортиқча босим қурилмаларни ишдан чиқишидан сақлайди ва инсон хавфсизлигини таъминлайди.

Сақловчи клапанлар тузилишига кўра хавфсизлик клапанларига ўхшайди. Сақловчи клапан ва хавфсизлик клапани орасида учта фарқ мавжуд: сақловчи клапанлар кўпинча суюқлик учун яратилади; босимга таъсир кўрсатиш вақти кичик; чиқариш тармоғи каттароқ. Бундан ташқари сақловчи клапанлар тез ишлашга мўлжалланган.

Сақловчи клапанларнинг чиқариш тармоғи катта бўлгани учун кичик тезликларда катта оқимлар учун хизмат қила олмайди. Бу уни ишдан чиқишдан сақлайди.

Сақловчи клапанлар халқасининг созланиши ва очилишига қараб фарқланади. Сақловчи клапанларнинг баъзи бирлари таъмирланиши мумкин. Бошқалари эса янгисига алмаштирилади.

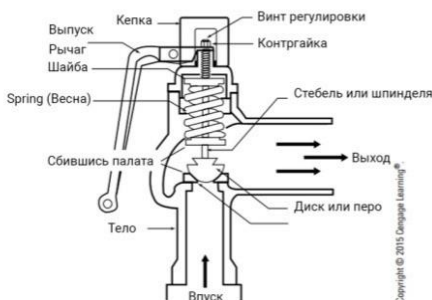


Рисунок 2.23  
Предохранительный клапан  
Компоненты



### 2.35-расм. Сақловчи клапан.

Сақловчи клапанлар қуйидаги таркибий қисмлардан иборат (2.35-расм): созлаш винти, гайка ва клапаннинг ички элементларини химояловчи қалпоқ; созловчи пружина, гайка ва контргайка; қобик; халқани доимо таранг ҳолатда ушлаб турувчи пружина ва иккита шайба; кириш ва катта чиқиш тармоқлари; бошқарувчи диск ёки игна; дискнинг вертикал ҳаракатини таъминловчи шпиндел ёки ўқ; эгар; созловчи ва таъсирланувчи халқалар; кўтариш ричаги; шарнир.

**Автоматик клапанлар.** Кимё саноатида жараёнларни назорат қилиш учун мураккаб автоматлаштирилган комплекс тармоқларидан фойдаланилади. Тизимда энг кичик бирлик сифатига бошқарув контури олинган.

Тизимни назорат қилиш бор қурилмани ажратиб олиш, маълумотларни узатиш, назорат қилиш, ўлчагич ва автоматик клапандан иборат (2.36-расм). Автоматик клапанларнинг масофадан назорат қилиниши ва бошқарилиши уларнинг энг катта афзаллигидир.

Автоматик клапаннинг энг кенг тарқалган тури эгарли клапан бўлиб, унинг афзалликлари универсаллиги, ёқиш/ўчириш ва дросселланишидадир. Автоматик клапанлар суюқлик оқимини назорат қилиш учун қўлланилади. Автоматик клапанлардан босим, ҳарорат, оқимнинг сарфи ёки баландлигини назорат қилиш учун фойдаланиш мумкин.

Автоматик клапанлар ростловчи ва таъминловчи деб тавсифланади. Ростловчи клапанлар пневматик, электр бошқарувли ёки гидравлик бошқарувли бўлади.



Рисунок 2.25  
Пневматический Автоматический  
клапан

### 2.36-расм. Автоматик клапан.

Таъминловчи клапанлар ўрнатилган жойларда босим етарли даражада бўлмагунча клапан элементи эгардан кўтарилмайди. Бу билан улар қайтиш клапанларига ўхшаб кетади.

Бу бобдаги ҳар қандай клапан автоматлаштиришга бошқарув тизими орқали мослаштирилиши мумкин. Клапан бошқарув тизимининг вазифаси клапан ўқини ҳаракатга келтириш ва клапан ҳолатини назорат қилишдир. Бошқарув тизими уч хил ишлаши мумкин: пневматик (ҳаво) ёрдамида, электр токи ёрдамида ва гидравлик юритма ёрдамида.

**Пневматик юритма.** Пневматик юритма автоматик клапанлар билан ишлайдиган юритмаларнинг энг кенг тарқалган тури ҳисобланади. Улар уч хил бўлади: диафрагмали, поршенли ва куракчали. Ҳар бир юритма конструкцияси ҳаво босимини механик энергияга айлантиришга имкон беради.

Диафрагмали юритма қайишоқ диафрагмаси бўлган қурилмадир (2.37-расм). Одатда бундай мосламалар клапан устига ўрнатилган бўлади. Гумбазнинг диафрагма маркизи ўқга маҳкамланаган. Клапан ҳолати ёки клапаннинг ёпиқ ҳолати кучли пружина босим остида бўлади.

Ҳаво гумбазнинг ичига кирганида диафрагманинг қийси томонидан кирганига қараб клапанни очиши, ёпиши ва дросселлаши мумкин. Юритманинг поршени ўқга

ўрнатилган поршен ва герметик цилиндрдан иборат. Улар одатда задвижкаларни автоматлаштиришда ўқнинг харакатланиши учун катта жой бўлганида ишлатилади.

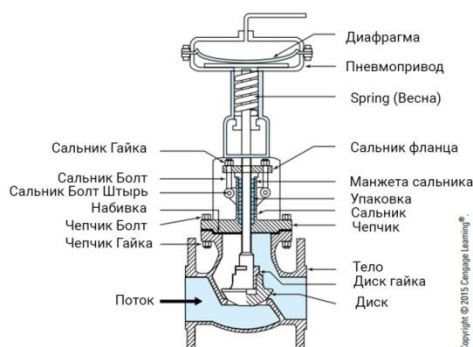


Рисунок 2.26 Пневматический автоматический клапан  
Компоненты

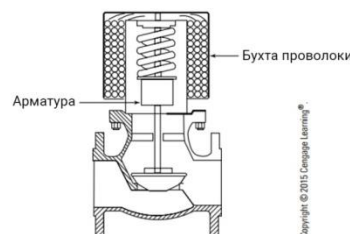


Рисунок 2.27 электромагнитный клапан

### 2.37-расм. Пневматик диафрагмали клапан. 2.38-расм. Электромагнитли клапан.

Пластинали юритма тўртдан бир қисмга ишлайдиган клапанларда ўрнатилади.

Пневматик юритма учун умумий шартлар қуйидагилар:

- Хавони очиш учун. Клапан ёпиқ ҳолатда ишдан чиқиши мумкин эмас. Одатда тизимда хаво гумбазнинг пастки қисмидан ўтади.
- Хавони ёпиш учун. Клапан очиқ ҳолатда ишдан чиқиши мумкин эмас. Одатда тизимда хаво гумбазнинг юқори қисмидан ўтади.
- Икки томонлама ишлайдиган пружинасиз хол. Хаво каналлари гумбазнинг ҳар икки томонда жойлашган.

**Электр юритгич.** Электр юритгичларда электр энергияси механик энергияга айлантирилади. Мисол учун конденсаторли электромагнит клапанини олайлик. Конденсаторли электромагнит клапан тизимларни ёқиш ва ўчиришга мўлжалланган. Конденсаторнинг ички тузилиши шарли клапанни эслатади (2.38-расм). Диск эгарга тақалади ва оқимни тўхтатади. Ўқ ўз ҳолатида пружина ёрдамида ушлаб турилади. Ғалтакнинг сими юқори пружинага уланган. Ғалтак электр манбасига уланганида магнит майдони ҳосил бўлиб ўқни кўтаради ва пружинаси сиқади. Бу ҳолат электр манба узилмагунича давом этади.

Электр юритгичнинг бошқарув элементи ўқга мотор ва тишли ғилдирак орқали боғланган. Харакатлантирувчи механизм ўқнинг ҳолатини назорат қилади. Клапан очилиши ёки ёпилишини ўқ двигателини тўхтатиш йўли билан махсус механик механизмлар ёрдамида чеклайди.

**Гидравлик кучайтиргичлар.** Гидравлик кучайтиргичлар жуда кучли бўлади. Улар суюқлик босимини механик энергияга айлантиради. Гидравлик юритгичда суюқликни ўтказмайдиган цилиндр, поршен ва ҳаракатланувчи ўқдан фойдаланилади. Одатда гидравлик кучайтиргичлар автоматлаштирилган клапанлар ёки клапанлар билан бирга ишлатилади. Улар ўқи кўп маротаба ҳаракатланадиган ҳолларда ишлатилади.

**Афзаллик ва камчиликлари.** Клапан суюқлик оқимини назорат (тўхтатиш, чеклаш ёки очиш) қилиш учун ишлатиладиган қурилмадир. Клапанлар оқим назорат элементиға қараб (ростловчи ёки назороат қилувчи), вазифаси ва иш шароитларига қараб (босим, оқим сарфи ёки ҳарорат) таснифланади.

Задвижкаларда ҳаракатчан металл дарвоза қувурлардаги оқим йўлиға қўйилади. Ушлайдиган ва технологик тизимларда кам ишлатиладиган ажойиб воситалардан ҳисобланади.

Шарли клапанда ҳаракатчан металл диск жараён оқими йўлиға тўғоноқ бўлади. Клапанларнинг бу тури дросселлашда энг кенг тарқалгани ҳисобланади.

Шарли кран ва тикинли клапанларнинг марказида ичи бўш айланувчи қисми бўлиб, шу элементнинг айланиши натижасида клапан очик ёки ёпиқ ҳолатда бўлади. Бу клапанлар жуда ҳам чекланганлиги билан ва дросселлашда қўлланилмаслиги ҳамда юқори ҳарорат ва босимда ишлатилмаслиги билан тавсифланади.

Капалак элементли затвор ясси диск кўринишида бўлади, мембранали клапанлар қайишоқ мембранага эга. Мембранали клапанлар ёпишқоқ, қуюқ ва коррозион мухитларда қўлланилади.

Сақловчи клапанлар босим ва мухит параметрларининг кескин ўзгаришига автоматик равишда жавоб қайтаради. Сақловчи клапан ва хавфсизлик клапани орасида учта фарқ мавжуд: сақловчи клапанлар кўпинча суюқлик учун яратилади; босимга таъсир кўрсатиш вақти кичик; чиқариш тармоғи каттароқ. Хавфсизлик клапанлари секин очишлиш учун мўлжалланган.

Бажарувчи механизмлар автоматик равишда клапан ўқини бошқарадиган бошқарув контуридаги мосламалардир.

Ускуналарнинг иш қобилиятини сақлаш опреаторнинг асосий вазифаларидан ҳисобланади. Атроф мухит таъсирида клапан дарвозалари ва ўқини мойлаш керак. Қобик назорат қилиб турилиши ва сизишлар аниқланганида сальник гайкалари меъёрида тортилиши талаб этилади. Клапант ўқлари бўялмаслиги, ҳамда ўқларнинг чанг ва ифлосланмаслиги таъминланиши зарур. Клапан дарвозаси пастда бўлганида айланиш пастга бўлмаслиги шарт.

Айрим маҳаллий қаршилиқлар учун  $\xi$ нинг ўртача қийматлари  
1 жадвалда келтирилган.

Трубадан ҳақиқий суюқлик ҳаракат қилганда, напорнинг йўқотилиши қуйидагига тенг бўлади:

$$h_{i\text{yк}} = h_{i\text{к}} + h_{m\text{к}} \quad (1)$$

бу ерда  $h_{i\text{к}}$  ва  $h_{m\text{к}}$  - ишқаланиш ва маҳаллий қаршилиқларни енгил учун йўқотилган напор.

1 жадвал

### Маҳаллий қаршилиқлар коэффициентлари

| б-расмдаги маҳаллий қаршилиқ тартиби | Маҳаллий қаршилиқ тури                               | Маҳаллий қаршилиқ коэффициенти, $\xi_{m\text{к}}$ |
|--------------------------------------|--|---|
| 1.                                   | Трубага кириш  | 0,2...0,5   |
| 2.                                   | Трубадан чиқиш                                       | 1,0   |
| 3.                                   | 90° га тўғри бурчак остида бурилиш $\alpha=90^\circ$ | 0,15  |
| 4.                                   | ли тирсак  | 1,1... 1,3  |
| 5.                                   | Тикинли кран:  | 0,05  |
| 6.                                   | Бутунлай очик $\alpha = 20 \dots 50^\circ$           | 2 ... 95  |
|                                      | Стандарт вентиль                                     | 8   |
| 7.                                   | $d_{\text{и}}=20\text{мм}$                           | 4...6   |
|                                      | $d_{\text{и}}=40\text{мм}$ ва ундан ортиқ            | 0,50  |
|                                      | Тўсатдан кенгайиш                                    | 0,40  |
|                                      | ( $Re > 3500$ ):                                     | 0,35  |
|                                      | $f_1/f_2=0,1$  | 0,30  |
|                                      |  | 0,25  |

|    |                  |         |      |
|----|------------------|---------|------|
| 8. | 0,3              | торайиш | 0,45 |
|    | 0,4              |         | 0,40 |
|    | 0,5              |         | 0,35 |
|    | Тўсатдан         |         | 0,30 |
|    | ( $Re > 10^4$ ): |         | 0,25 |
|    | $f_1/f_2=0,1$    |         |      |
|    | 0,3              |         |      |
|    | 0,4              |         |      |
|    | 0,5              |         |      |

Бернулли тенгламасига биноан горизонтал ( $z_1=z_2$ ) ва ўзгармас кесимли ( $w_1 = w_2$ ) труба қувурларида ишқаланиш қаршилигини енгишга йўқотилган напор:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} = h_{ук} \quad (2)$$

Агар,  $\Delta p = \rho g h$  ни (2) тенгламага қўйсақ ва хажмий сарф  $V$  ни тезлик  $w$  кўндаланг кесим юзасига кўпайтмаси билан алмаштирадик, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$w \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h_{ук}}{128 \mu l} \quad (3)$$

бу ерда  $l$  ва  $d$  – труба узунлиги ва диаметри;  $\mu$  ва  $\rho$  - суюқлик қовушоқлиги ва зичлиги.

Қисқартиришдан сўнг йўқотилган напорни аниқлаш формуласи ушбу кўринишда бўлади:

$$h_{ук} = \frac{32 w \mu l}{\rho g d^2} \quad (4)$$

Тенглама ўнг томонининг сурати ва махражини  $2w$  кўпайтирсак:

$$h_{ук} = \frac{64 \mu}{w d \rho} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (5)$$

Шундай қилиб, думалоқ кўндаланг кесимли трубада суюқлик ламинар режимда ҳаракат қилганда йўқотилган напор:

$$h_{ук} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (6)$$

яъни, ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напори  $h_{т} = w^2/2g$  орқали ифодаланади.

Ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напоридан қанчалик фарқ қилиш катталиги **ишқаланиш қаршилиги коэффиценти** деб аталади ва  $\xi_{ук}$  харф билан белгиланади.

$$\xi_{ук} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \quad (7)$$

бу ерда  $\frac{64}{Re}$  - гидравлик ишқаланиш ёки ишқаланиш коэффициентини ва  $\lambda$  деб белгиланади.

Ламинар ( $Re < 2320$ ) режимда гидравлик ишқаланиш коэффициентини фақат Рейнольдс критерийсининг сон қийматига боғлиқ. Буларни ҳисобга олсак, (7) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзса бўлади:

$$h_{ик} = \xi_{ик} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (8)$$

Агар,  $\Delta p_{ик} = \rho g h_{ик}$  лигини ҳисобга олсак, ишқаланиш қаршилигини енгилда йўқотилган босим  $\Delta p_{ик}$  қуйидаги тенгламадан ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta p_{ик} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (9)$$

бу ерда  $\rho$  - суюқлик зичлиги.

Агар, трубанинг кўндаланг кесими думалоқ бўлмаса, Рейнольдс критерийсида  $d$  ўрнига эквивалент диаметр  $d_e$  қўйилади. Унда

$$\lambda = \frac{B}{Re} \quad (10)$$

бу ерда  $B$  – кўндаланг кесим шаклига боғлиқ коэффициент, квадрат кесим учун  $B=57$ , думалоқ кесим учун  $B=96$  ва хоказо.

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

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (11)$$

ёки Коначков формуласидан аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2} \quad (12)$$

ғадир-будур трубалар учун гидравлик қаршилиқ коэффициентини ушбу функция кўринишида ифодаланади:

$$\lambda = f(Re, \Delta/d) \quad (13)$$

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

Гидравлик қаршилиқ коэффициентини  $\lambda$  ни аниқлаш учун қуйида келтирилган график тавсия этилади (2.17-расм). Ундан кўриниб турибдики, текис трубалар  $\lambda$  сидан ғадир-будур трубаларники анча юқори.

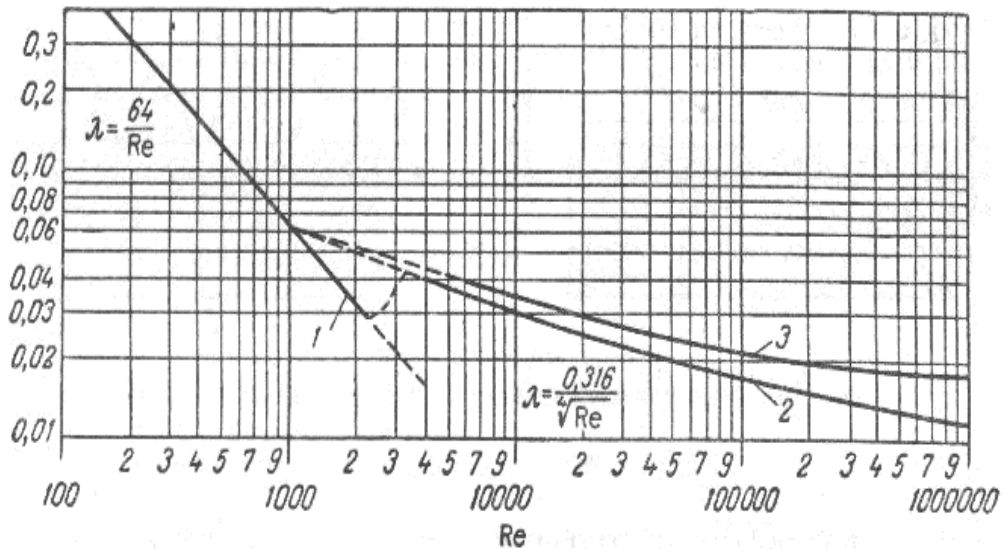
Графикдан кўриниб турибдики,  $Re$  сони ортиши билан  $\lambda = f(Re)$  боғлиқлик аввал аралаш ишқаланиш соҳасига, бу ерда  $\lambda = f(Re, \Delta/d)$ , сўнг эса автомодел соҳаси  $\lambda = f(\Delta/d)$  га ўтади. Турбулент ҳаракат режимларининг ҳамма соҳалари учун гидравлик қаршилиқ коэффициентини ҳисоблашнинг умумлаштирилган тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{1}{\sqrt{x}} = -2 \lg \left[ \frac{\Delta/d}{3,7} + \left( \frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] = -2 \lg \left[ \frac{e}{3,7} + \left( \frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (14)$$

### Дроссел асбоблар.

Кимё ва озиқ-овқат саноатларида суюқликлар тезлиги, сарфи ва тешиклардан оқиб чиқишини аниқлашда Бернулли тенгламасидан кенг қўламда фойдаланилади.

**Суюқлик тезлиги ва сарфини ўлчаш принциплари.** Саноатда ва илмий



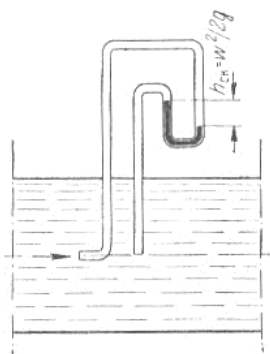
2-расм. Гидравлик қаршилик коэффиценти  $\lambda$  нинг Рейнольдс критерийсига боғлиқлиги.

1-текис ва ғадир-будур трубалар(ламинар режим); 2-пўлат, мис, шиша ва латун текис трубалар;

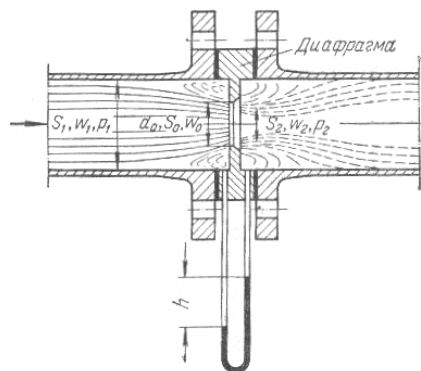
тадқиқотларда суюқлик тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссел асбоблар ва пневмометрик трубалар ишлатилади.

Пито-Прандтл пневмометрик трубкасининг тузилиши 3-расмда кўрсатилган

Трубкаларнинг хар бир кўндаланг кесимида суюқлик сатхларининг фарқи, унинг ўқидаги нуктанинг тезлик напори  $h_t$  ни ифодалайди. Трубкалардаги ишчи суюқлик сатхларини  $U$ -симон дифференциал манометр ёрдамида ўлчаш қулай.  $U$ -симон дифманометр ичидаги суюқлик ишчи суюқлик билан аралашмайди ва унинг зичлиги ишчи суюқликниқидан анча катта бўлади.



3-расм. Пневмометрик трубка



4-расм. Ўлчов диафрагмасы

### ёрдамида суюқлик

Агар, трубадаги суюқлик бирор тезликка эга бўлса,  $U$ -симон дифманометрда суюқлик  $h$  баландликка кўтарилиши динамик напорни кўрсатади, яъни

$$h_d = \frac{w^2}{2g} \quad (15)$$

Динамик напор қийматидан тезликни топиш мумкин:

$$w = \sqrt{2gh} \quad (16)$$

Пито-Прандтл трубкасининг оқими йўналишида бўлиши, суюқлик тезлигининг умумий тақсимланишига таъсир этади. Шунинг учун формулага тегишли тузатиш коэффициентлари киритилади:

$$w = \alpha \sqrt{2gh} \quad (17)$$

Формуладаги  $\alpha$  сарф коэффициентининг қиймати хар бир ўлчов асбоби ва пневмометрик трубкалар учун тажриба йўли билан аниқланади. Унинг қиймати Рейнольдс критерийси ва дроссель асбоби диаметри  $d_0$  нинг труба диаметри  $d_1$  нисбатига боғлиқдир:

$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (18)$$

Суюқлик сарфи эса секундли сарф тенгламасидан топилади:

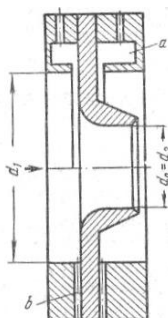
$$V = wF \quad (19)$$

Бу усулда суюқлик тезлиги ва сарфини аниқлаш осон, лекин пневмометрик трубкани труба қувурининг ўқиға ўрнатиш қийинлиги учун юқори аниқликка эришиб бўлмайди.

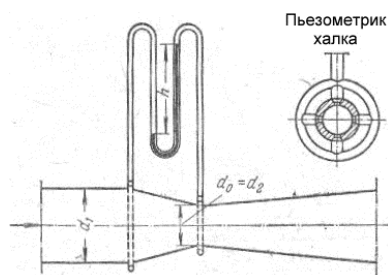
Шунинг учун халқ хўжалигининг турли сохаларида суюқлик ва тезликни ўлчаш учун дроссель асбоблар қўлланилади.

Бу асбобларнинг ишлаш принципи трубаларнинг кўндаланг кесими ўзгариши

билан динамик босимлар фарқининг ўзгаришига асосланган. Дроссель асбоблар сифатида



5-расм Ўлчов соплоси.



6-расм. Вентури трубаси

ўлчов диафрагмаси, соплоси ва Вентури трубалари ишлатилиши мумкин.

Ўлчов диафрагмаси юпқа дискдан ясалади ва ўртасида думалоқ кўндаланг кесимли тешик бўлади (4-расм).

Ўлчов соплоси насадка бўлиб, кириш қисми аста-секин торайиб борадиган қайилишдан ва чиқиш қисми-цилиндрик шаклга эга.  $U$ -симон дифференциал манометр халқасимон  $a$  ёки  $b$  каналларга уланади (5-расм).

Вентури трубасида ўлчовчи диафрагма ва соплоларга нисбатан напор ва босимнинг йўқотилиши кам бўлади (6-расм). Бунга сабаб, Вентури трубасида диаметр  $d$  аста-секин торайиб, кейин эса аста-секин кенгайиб, дастлабки ҳолати  $d$  ўлчамига қайтишдир. Лекин, бу асбобнинг камчилиги шундаки, унинг узунлиги жуда катта. Бу эса, унинг саноатда кенг қўлланилишини маълум миқдорда чеклайди.

#### Текшириш учун саволлар.

1. Ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик турларини санаб ўтинг.
2. Гидравлик қаршилик коэффиценти қандай?
3. Дроссел асбоблари нима учун ишлатилади?
4. Дроссел асбоблари турлари қандай?

## 4 - МАЪРУЗА

### ЎХШАШЛИК НАЗАРИЯСИНING АСОСЛАРИ.

#### РЕЖА:

1. Ўхшашлик теоремалари.
2. Ўхшашлик мезонлари.
3. Ўхшашликни таҳлил илиш.
4. Моделлаштиришнинг асосий принциплари.

Ҳар андай янги технологик жараён саноат корхоналарига тадбиқ етиш учун аввал лаборатория ва синов қурилмаларида тажрибалардан ўтказилади. Бу қурилмаларда текширилаётган жараённинг техникавий жиҳатдан мукамал ва ижтимоий тежамли эканлиги аниқланади.

Жараёнларнинг бир хиллик шартларига мувофиқ, қурилманинг шакли ва ўлчамлари, жараённи олиб бориш шароитлари, унда қатнашаётган моддаларнинг муҳим ўзгармас катталиклари, маҳсулотнинг чиқиши, хом-ашё ва энергиянинг солиштирма сарфи ва



бошқа масалалар хал қилинади. Олинган натижаларни солиштириш учун улар ўрганилаётган саноат қурилмаларида синалади. Янги қурилмаларни лойиҳалаш учун лаборатория ва тажриба шароитлариданолинган ҳисоблаш тенгламалари ва бирхиллик шартларининг қонуниятлари катта аҳамиятга эга.

Ўрганилаётган барча жараёнлар анча мураккаб бўлиб, уларнинг бориши кўп факторларга боғлиқ бўлади. Масалан, модда алмашинувдаги хайдаш жараёни фазаларнинг ҳаракат режими, исқилиги, диффузия жараёни билишимиз керак. Ҳаракат режими Наве-Стокснинг дифференциал тенгламаси билан, иссиқлик жараёни Фуре-Кихгоф, модда алмашинуви модда бериш ва диффузия тенгламалари билан ифодаланади. Шу сабабли, бир қатор технологик жараёнлар учун керакли ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқариш ва уларни математик йўл билан ифодалаш қийин. Кўпчилик технологик жараёнлар физика ва кимёқонунлари асосида дифференциал тенгламалар билан ифодаланади. Айрим ҳолларда дифференциал тенгламаларни математик йўл билан ечиб бўлмайди. Буни тажрибалар ўтказиб, жараённи характерловчи ўзгарувчан факторлар ўртасидаги боғлиқлик орқали аниқлаш мумкин. Тажриба натижалари асосида эмпирик тенгламалар келтириб чиқарилади. Бундай тенгламалар хусусий характерда бўлиб, улардан фақат конкрет шароитлардагина фойдаланиш мумкин. Исталган мураккаб жараённи тадқиқот қилиш пайтида умумий бўлган қонуният ва тенгламаларни топиш керак. Бу тенглама ва қонуниятлар ёрдамида бирор хусусий тажриба натижаларини бошқа кўпчилик жараёнларни текширишга қўллаш мумкин бўлади. Бу мақсадда жараёнларни дифференциал тенгламалар билан ифодалаб, уни ўхшашлик назариясидан фойдаланиб ечилса, аналитик формулалар келиб чиқади. Улар технологик жараён учун зарур бўлган факторларни ўзаро боғлайди.

Ўхшаш жараёнларда жараёнларни характерловчи ва ўхшаш бўлган катталиклар нисбати ўзгармас бўлади. Ўхшашлик назарияси қандай қилиб тажриба ўтказиш ва тажриба натижаларини қайси йўл билан қайта ишлаш кераклигини ўргатади. Ўхшашлик шартларига кўра, ўхшаш ходисалар 4 гуруҳга бўлинади:

- геометрик ўхшашлик;
- вақт бўйича ўхшашлик;
- физик катталикларнинг ўхшашлиги;
- бошланғич ва чегара шартларининг ўхшашлиги.

Масалан системадаги жисмлар тинч ҳолатда турган бўлса, геометрик бир хилликка икки ўхшаш жисмнинг геометрик ўлчов катталиклари ўзаро параллел бўлиб, уларнинг нисбати ўзгармас бўлади.

$$\frac{l_1''}{l_1'} = \frac{l_2''}{l_2'} = \frac{l_3''}{l_3'} = k_1 \quad K_1 = \text{const} \quad (1)$$

бу ерда  $K$  - геометрик ўлчов катталиклар константаси.

$l_1'', l_2'', l_3'', l_1', l_2', l_3'$  - бириинчи ва иккинчи жисмнинг геометрик ўлчамлари.

Геометрик ўхшашлик бўлганда, вақт бўйича бир хиллик ҳосил бўлади. Бу бир хилликка асосан, иккита геометрик жисмдаги нуқталар ўхшаш траектория бўйлаб вақт бирлигида бир хил йўл босиб ўтади.

Уларнинг ўзаро нисбати ўзгармас қийматга тенг

$$\frac{T_1}{\tau_1} = \frac{T_2}{\tau_2} = \frac{T_3}{\tau_3} = \dots = \frac{T_n}{\tau_n} = a_\tau = \text{const} \quad (2)$$

бу ерда:

$T_1, T_2, T_3, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_n$  - ҳаракатдаги биринчи ва иккинчи вақт интервалларининг ўзгариши;

$a_\tau$  - вақт бирликлари константаси. Физик катталикларнинг бир хиллигига асосан, фазада жойлашган икки система физик хоссаларининг ўзаро нисбати вақт бирлигида ўзгармас бўлади.

$$\frac{\mu_1'}{\mu_1} = \frac{\mu_2'}{\mu_2} = \frac{\mu_3'}{\mu_3} = \dots = \frac{\mu_n'}{\mu_n} = a_\mu = const \quad (3)$$

бу ерда :

$\mu_1', \mu_2', \mu_3', \mu_n', \mu_1, \mu_2, \mu_{1n}$  - биринчи ва иккинчи система хоссаларининг вақт бирлигида ўзгариши.

Ўхшаш фазада жойлашган жисмларнинг физик ва вақт бўйича бир хилликка эга бўлиши учун бошланғич ва чегара шартлари бирхил бўлиши керак. Ўхшашлик назарияси тажриба қурилмаларида номаълум катталикларни текшириб қурилади ва олинган натижаларни саноат қурилмаларига (натурага) кўчиришга имконият яратиб беради. Ўхшашлик назарияси ҳақидаги фикрни биринчи бўлиб 1686 йили И.Нютон таклиф этган. Кейинчалик бу назарияни В.А.Кирпичев, Нусселт, А.А.Гухман ва бошқалар ривожлантирган. Ўхшашлик назарияси учта теоремага асосланади.

Биринчи теоремани И.Нютон кашф этган. Бунга асосан, ўхшаш ходисалар бир хил қийматга эга бўлган ўхшашлик мезонлари билан характерланади. Масалан, иккита ўхшаш системадаги (натура ва моделлаш) заррачаларнинг механик ҳаракати Нютон ўхшашлик мезони орали ифодаланади:

$$Ne = \frac{f\tau}{m \cdot w} \quad (4)$$

бу ерда:  $f$  - куч,  $m$  - заррачанинг массаси;  $\tau$  - вақт;  $w$  - заррача тезлиги.

Бекингем, Федерман ва Афанасева-Еренфестлар иккинчи теоремани исботлашган. Бунда бирор жараёнга таъсир қилувчи ўзгарувчан параметрларнинг боғловчи дифференциал тенгламаларининг ечимини ўхшашлик мезонларининг ўзаро боғлиқлиги орқали ёзиш мумкин.

Унда ўхшашлик мезонлари  $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n$  билан белгиланган бўлиб, дифференциал тенгламанинг ечими умумий тарзда қуйидагича бўлади:

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0 \quad (5)$$

бундан ихчамланиб қуйидаги хосил бўлади:

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) \quad (6)$$

Учинчи теорема М.В.Кирпичев ва А.А.Гухман томонидан аниқланган. Бунга биноан, сон жиҳатдан тенг аниқловчи мезонларга эга бўлган ходисалар ўхшаш ҳисобланади.

Жараёнларнинг ўхшашлик назарияси бўйича тадқиқот қилиш қуйидаги босичлардан иборат бўлади:

- жараённи дифференциал тенгламалар билан ифодалаб, бирхиллик шартлари аниқланади;

- дифференциал тенгламаларнинг ечимини ўзгартириб, жараённинг ўхшашлик мезонлари топилади;

- моделларда тажрибалар асосида ўхшашлик мезонлари ўртасидаги аниқ боғлиқлик топилади.

Олинган боғлиқликларни бошқа ўхшаш жараёнларни ҳисоблашда ишлатиш мумкин. Жараёнларни ҳисоблашда бир қатор ўхшашлик мезонларидан фойдаланилади.

Ўхшашлик мезонлари ўлчамсиз катталиклар бўлиб, текшираётган жараёни характерлайдиган физик катталиклардан тузилади. Бу мезонлар олимлар номлари билан юритилади. Ўхшашлик мезонлари уч гуруҳга бўлинади:

- 1) Гидромеханик ўхшашлик мезонлари;
- 2) Иссиқлик ўхшашлик мезонлари;
- 3) Модда алмашинуви ёки диффузион ўхшашлик мезонлари.

Гидромеханик ўхшашлик мезонларига Рейнолдс, Эйлер, Фруд, Прандтл мезонлари киради.

Рейнолдс мезони

$$Re = \frac{wl\rho}{\mu} \quad (7)$$

бу ерда  $w$  - тезлик, м/с;  $l$  – оқимнинг характерли ўлчами, м.

Рейнолдс мезони суюлик ва газ оимларининг ҳаракат режимини ўхшаш оқимлардаги инертсия кучларининг ишқаланиш кучларига нисбатини характерлайди.

Эйлер мезони

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho w^2} \quad (8)$$

бу ерда  $p$  - суюқлик оқимидаги босимнинг йўқотилиши, Па.

Бу мезон ўхшаш оқимлардаги босим фарқини динамик босимга бўлган нисбатини характерлайди ёки суюқликнинг гидростатик босими ва инертсия кучлари орасидаги ўзаро боғланишини ифодалайди.

Фруд мезони

$$Fr = \frac{w^2}{gl} \quad (9)$$

Фруд мезони оғирлик кучи таъсирини характерлайди ва ўхшаш оқимлардаги инертсия кучини оғирлик кучига бўлган нисбатини характерлайди.

Прандтл мезони

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{c\mu}{\lambda} \quad (10)$$

Бу мезон, ўхшаш жараёнлардаги мухитнинг физик хоссаларини характерлайди.

Галилей мезони

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2} \quad (11)$$

бу ерда  $\nu$ - мухитнинг кинематик қовушқоқлиги, м<sup>2</sup>/с. Бу мезон ўхшаш кучлар нисбатини белгилайди.

Гомохрон мезони

$$Ho = \frac{w\tau}{l} \quad (12)$$

бу ерда  $\tau$  - вақт, с. Бу мезон ўхшаш оқимлардаги ҳаракатнинг турғунмаслигини аниқлайди.

Иссиқлик ўхшашлик мезонлари Нусселт, Фуре, Пекле, Прандтл ва бошқа мезонлари киради.

Нусселт мезони

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (13)$$

бу ерда  $\alpha$  - иссиқлик бериш коэффициентини, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\lambda$  - мухитнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м·К.

Нусселт мезони ўхшаш оқимлардаги девор ва суюқлик чегарасида бераётган иссиқлик ўтказиш жараёнини характерлайди.

Фуре мезони

$$Fo = \frac{\alpha \cdot \tau}{l^2} \quad (14)$$

бу ерда  $a$  - температура ўтказувчанлик коэффициентини, м<sup>2</sup>/с.

Фуре мезони иссиқлик оқимларидаги турғунмас жараёнларнинг ўхшашлигини характерлайди.

Пекле мезони жараённинг гидродинамик шароитини ва мухитнинг иссиқлик хоссаларини белгилайди.

Прандтл мезони конвектив иссиқлик бериш жараёнидаги мухитнинг физик хоссаларининг ўхшашлигини характерлайди.

Модда алмашинув - диффузион ўхшашлик мезонларига Нусселт, Фуре, Прандтл, Пеклелар киради.

Нусселт мезони

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (15)$$

Нусселт мезони ўхшаш системалардаги фазалар чегарасида модда алмашинув жараёнининг интенсивлигини характерлайди.

Фуре мезони

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (16)$$

Фуре мезони ўхшаш ўхшаш системалардаги турғунмас моддалар алмашинув жараёнларининг ўхшашлигини ифода этади.

Пекле мезони

$$Pe = \frac{w \cdot l}{a} \quad (17)$$

Пекле мезони системаларда конвектив ва молекулар диффузиялар ёрдамида ўтказилган моддалар миқдорининг нисбатини кўрсатади.

Прандтл мезони

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{c\mu}{\lambda} \quad (18)$$

Прандтл мезони оқимнинг фақат физик катталикларидан иборатдир. Бу мезон ўхшаш системаларнинг ўхшаш нуталарида суюқликнинг (ёки газнинг) физик хусусиятлари нисбатининг ўзгармаслигини характерлайди.

Ўхшашлик назарияси ёрдамида ўлчамли саноат қурилмаларида ташкил этиладиган мураккаб (юқори босим, температура, юқори босим остида захарли ва хавфли моддалар иштирикида борадиган) жараёнлар ўрнига кичик ўлчамли моделларда тажрибалар ўтказиш имконини беради. Бунда текшириладиган жараёнларни олиб бориш

шароити бирмунча ўзгартирилади: температура ва босим пасайтирилади, иш мухитлари алмаштирилади. Аммо жараённинг физик ҳолати ўзгартирилмайди.

Шундай қилиб, ўхшашлик назариясининг усуллари кимёвий технология жараёнларининг ўлчамларини ўзгартириш ва уларни моделлаштириш ишларига асос бўлиб хизмат қилади.

#### Текшириш учун саволлар.

1. Ўхшашлик назарияси қандай мақсадда хизмат қилади?
2. Гидромеханик ўхшашлик критерийлари.
3. Ўхшашлик ходисалар қандай гуруҳларга бўлинади?

## 5- МАЪРУЗА СУЮҚЛИҚДА ҚАТТИҚ ЖИСМ ХАРАКАТИ.

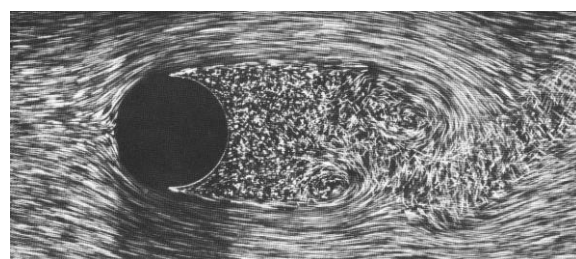
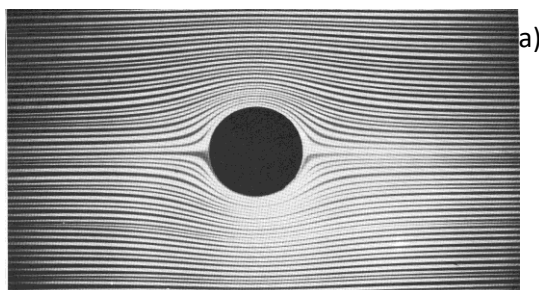
### РЕЖА:

1. Суюқликда жисм ҳаракатига қаршилиқ.
2. Ҳаракат режимлари. Чўкиш тезлиги.
3. Оғирлик кучи тасирида чўктириш.
4. Сикик чўкиш тезлиги.

**Суюқликда жисм ҳаракатига қаршилиқ.** Кимё ва озиқ-овқат технологияларида бир қатор жараёнлар қаттиқ жисмларнинг суюқлик ёки газларда ҳаракати билан боғлиқ. Бундай жараёнларга қаттиқ заррачаларни суспензия ва чанглардан оғирлик, инерцион кучлар таъсирида чўктириш ва суюқлик мухитларида механик аралаштиришлар киради. Ушбу жараёнлар қонуниятларини ўрганиш гидродинамиканинг ташқи масаласидир. Жисмлар суюқликда ҳаракат қилган пайтида қаршилиқлар ҳосил бўлади. Бу қаршилиқларни енгиш ва жисмнинг текис ҳаракатини таъминлаш учун маълум миқдорда энергия сарфланиши керак. Ҳосил бўлаётган қаршилиқлар асосан ҳаракат режими ва жисм шаклига боғлиқдир.

Ламинар режимда, яъни суюқлик қовушоқлиги юқори ёки унинг тезлиги паст ва жисм ўлчамлари кичик бўлганда, жисм атрофида чегаравий қатлам ҳосил бўлади ва суюқлик текис, раван оқиб ўтади (1 а-расм).

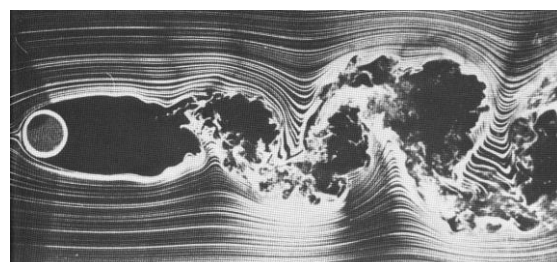
Жисм ҳаракат тезлиги ортиши билан (турбулент режимда) инерция кучларининг аҳамияти ва роли ортиб боради. Бу кучлар таъсирида жисмни ўраб турган чегаравий қатлам узила бошлайди ва натижада ҳаракат қилаётган жисм орқа томонида босим пасаяди ва ушбу жойда тартибсиз, уюрмали оқимчалар ҳосил бўлади (1 б-расм).



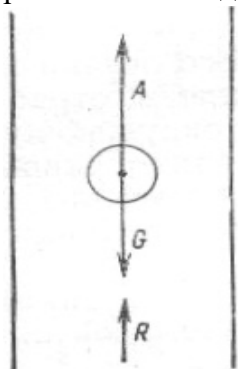
1. расм Қаттиқ жисмнинг суюқликдаги ҳаракати.

а - ламинар оқим;

б, в – турбулент оқим.



Жисмининг суюқликда харакати пайтида унинг олд ва орқа томонларидаги босимлар фарқи ўсиб боради ва ламинар режимдагидан анча катта бўлади. Рейнольдс критерийсининг маълум бир қийматидан бошлаб олд томонидаги қаршиликни ҳисобга олмаслик ҳам мумкин. Трубаларда суюқлик харакати пайтидек, бундай ҳолларда автомодел режим бошланади.



2-расм. Чўкаётган заррачага таъсир этувчи кучлар.

2-расмда суюқликда чўкаётган шарсимон заррачага таъсир этувчи кучлар кўрсатилган.

Диаметри  $d$  ва зичлиги  $\rho_3$  бўлган заррачанинг оғирлик кучи  $G$  ва у пастга қараб йўналган бўлади:

$$G = \left( \frac{\pi d^3}{6} \right) \rho_3 g \quad (1)$$

Архимед қонунига биноан кўтарувчи куч  $A$  ушбу тенгламадан топилади:

$$A = \left( \frac{\pi d^3}{6} \right) \rho g \quad (2)$$

бу ерда  $\rho$  - суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Заррача чўкишига сабабчи куч эса, қуйидагига тенг:

$$G - A = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_3 - \rho) g \quad (3)$$

Чўкиш жараёнида қаттиқ жисмга суюқлик қаршилик кўрсатади. Ушбу қаршилик  $R$  қиймати мухит қовушоқлиги  $\mu$ , зичлиги  $\rho$ , заррача кўндаланг кесим юзаси  $F$  ва шаклига боғлиқ.

Мухит қаршилик кучи  $R$  Ньютон қонунига биноан ушбу тенгламадан топилади:

$$R = \xi F \frac{\rho w_{чж}^2}{2} \quad (4)$$

бу ерда  $\xi$  - мухит қаршилик коэффиценти;  $w_{чж}$  - жисм харакат тезлиги, м/с.

Чўкиш жараёнини ўрганиш натижасида кўпчилик олимлар томонидан қуйидаги режимлар аниқланган ва уларни ифодаловчи формулалар тавсия этилган

1-жадвал

| Суюқлик харакат режими | Рейнольдс сони | Архимед сони | Формула                     | Мухитнинг қаршилик коэффиценти |
|------------------------|----------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Ламинар ўтиш           | $Re < 2$       | $Ar < 36$    | $6 \cdot Ar$<br>$Re = 0,05$ | $\xi = \frac{24}{Re}$ 2.73)    |

|           |            |                              |                                 |  |
|-----------|------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| Турбулент | Re=2...500 | Ar=(36...83)·10 <sup>3</sup> | Re=0,15·Ar <sup>0,715</sup>     | $\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (2.74)$ |
|           | Re>500     | Ar>83·10 <sup>3</sup>        | <b>Re=1,74·Ar<sup>0,5</sup></b> | $\xi = 0,44 = const \quad (2.75)$          |

Шар шаклида бўлмаган жисмларнинг сууюқликда харакати пайтида мухитнинг қаршилиги шарсимон шаклли жисмга нисбатан катта бўлиб, Рейнольдс сони ва шакл омилига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\xi = f(Re, \Phi) \quad (5)$$

$$\Phi = \frac{F_{ш}}{F} \quad (6)$$

бу ерда  $F$ - жисм юзаси;  $F_{ш}$ - жисм хажмига тенг шарнинг юзаси.

### Турли шаклдаги жисмларнинг $\Phi$ коэффиценти қийматлари.

2- жадвал

| Заррача шакли      | Шар | Куб   | цилиндр<br>(h=10·r) | Диск<br>(h=0,1·r) |
|--------------------|-----|-------|---------------------|-------------------|
| Коэффициент $\Phi$ | 1   | 0,806 | 0,69                | 0,32              |

Рейнольдс критерийсини ҳисоблашда шар шаклида бўлмаган жисмлар учун асосий чизиқли ўлчам сифатида шу жисм хажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри қўлланилади.

Агар, жисмнинг хажми  $V$ , унинг массаси  $m$  ва зичлиги  $\rho$  бўлса, унда эквивалент диаметри  $d$  нинг қиймати ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$V = \frac{m}{\rho_3} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (7)$$

### Текшириш учун саволлар:

1. Сууюқликда қаттиқ жисм қандай харакатланади?
2. Унга қандай қаршилиқлар таъсир кўрсатади?
3. Харакат режимлари қандай?

## 6- МАЪРУЗА

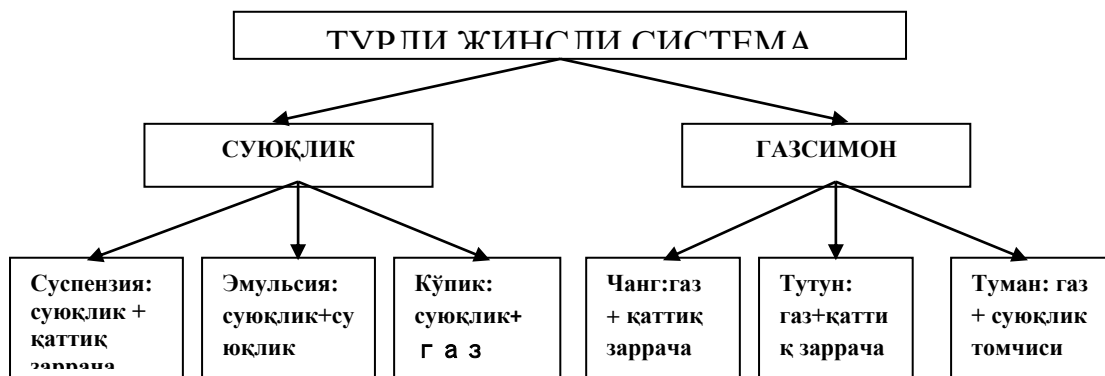
### ТУРЛИ ЖИНСЛИ СИСТЕМАЛАР, КЛАССИФИКАТСИЯСИ.

#### РЕЖА:

1. Умумий тушунчалар.
2. Турли жинсли системалар классификацияси.
3. Ажратиш усуллари.
4. Чўктириш жараёни.

Гидромеханик жараёнларга куйидагилар кирази: суюқ ва газсимон турли жинсли системаларни гравитацион (чўктириш), марказдан қочма (центрифугалаш) ёки электр майдони кучлари таъсирида қаттиқ заррачалардан тозалаш; босимлар фарқи остида суюқлик ва газларни ғовак тўсиқлар орқали ўтказиб филтрлаш; суюқлик мухитларида аралаштириш; мавхум қайнаш ва бошқалар.

Камида иккита хар хил фазалардан (суюқлик - қаттиқ жисм, суюқлик - газ ва х. ) таркиб топган аралашмалар *турли жинсли системалар* деб номланади. Заррачалари ўта майин янчилган ҳолатдаги фаза *дисперс* ёки *ички фаза* деб аталади. Дисперс фаза заррачаларини ўраб олган мухит



эса - *дисперсион* ёки *ташқи фаза* деб аталади.

Фазаларнинг физик ҳолатига қараб турли жинсли системалар куйидаги гуруҳларга бўлинади: суспензия, эмульсия, кўпик, чанг, тутун ва туманлар.

#### 1-расм. Турли жинсли системалар классификацияси.

Суюқлик ва қаттиқ заррачалардан ташкил топган турли жинсли система *суспензия* деб аталади. Қаттиқ заррачалар ўлчамига қараб суспензиялар шартли равишда куйидаги турларга бўлинади: дағал ( $>100$  мкм); майин ( $0,5...100$  мкм); лойқа ( $0,1...0,5$  мкм) суспензиялар ва коллоид эритмалар ( $\leq 0,1$  мкм).

Бири иккинчисида эримайдиган, дисперс ва дисперсион фазалардан ташкил топган аралашма системаси *эмульсия* деб номланади. Дисперс фаза заррачаларининг ўлчами кенг ораликда ўзгариши мумкин. Одатда, эмульсия оғирлик кучи таъсирида қатламларга ажралади. Лекин, дисперс фаза томчилари  $0,4...0,5$  мкм дан кичик бўлса ёки стабилизаторлар қўшилган ҳолларда эмульсиялар турғун бўлади ва узоқ муддат давомида қатламларга ажралмайди. Дисперс фаза концентрацияси ортиши билан дисперс фаза дисперсион фазага ўтиши ва тескариси бўлиши мумкин. Бундай ўзаро алмашиниш ходисаси фазалар *инверсияси* дейилади.

Суюқлик ва унда тақсимланган газ пуфакчаларидан ташкил топган системалар *кўпиклар* деб аталади. Кўпиклар ўз хоссалари бўйича эмульсияларга яқин.

Газ ва унда тақсимланган  $0,3...5$  мкм ўлчамли қаттиқ заррачалардан ташкил топган системалар *тутунлар* деб номланади. Тутунлар буғ (ёки газ) ларнинг суюқ ёки қаттиқ ҳолатга конденсацияланиш жараёни орқали ўтишда ҳосил бўлади. Ундан ташқари, қаттиқ ёқилғилар ёниши натижасида ҳам пайдо бўлади.

Газ ва унда тақсимланган  $3...70$  мкм ўлчамли қаттиқ заррачалардан ташкил топган системалар *чанглар* деб аталади.

Кўпинча чанглар қаттиқ материални майдалаш, аралаштириш ва маълум масофага узатиш пайтида ҳосил бўлади.



Дисперсион газ ва ўлчами 0,3...5 мкм бўлган дисперс суюқлик фазалардан ташкил топган системаларга **туманлар** дейилади. Туманлар сув буғини совитиш жараёнида, буғнинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлади.

Тутун, чанг ва туманлар - **аэрозоллар** деб юритилади.

### Ажратиш усуллари

Кимё ва озиқ-овқат саноатларида турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазаларга ажратишга тўғри келади. Масалан, вино ишлаб чиқаришда уни тиндириш, яъни муаллақ ҳолатдаги заррачаларни, суюқ фазадан ажратиш. Ажратиш усуллари танлашда дисперс фаза ўлчамига, фазалар зичликлари фарқи ва дисперсион фаза қовушқоқлигига аҳамият бериш зарур. Турли жинсли системаларни ажратиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади: а) чўктириш; б) филтрлаш; в) центрифугалаш; г) суюқлик ёрдамида ажратиш.

Оғирлик кучи, инерция (жумладан, марказдан қочма) ёки электростатик кучлар ёрдамида турли жинсли системалар таркибидаги қаттиқ ёки суюқлик заррачаларини ажратиш жараёни **чўктириш** деб номланади. Агар, жараён фақат оғирлик кучи таъсирида олиб борилса **тиндириш** деб юритилади. Тиндириш одатда турли жинсли системаларни дастлабки ажратиш учун ишлатилади.

**Филтрлаш** - турли жинсли системаларни ғоваксимон тўсиқ - филтр ёрдамида ажратиш жараёнидир. Бунда, ғоваксимон тўсиқ суюқлик ёки газни ўтказиб юборади, аммо муҳитдаги қаттиқ заррачаларни ушлаб қолади. Суспензия, эмульсия ва чангларни ажратиш учун чўктириш жараёнига қараганда филтрлаш анча самарали.

**Центрифугалаш** - суспензия ва эмульсияларни марказдан қочма куч таъсирида ажратиш жараёнидир. Бу жараёнда яхлит ёки ғоваксимон тўсиқлар ҳам ишлатилади. Центрифугалаш жараёнида чўкма ва суюқ фаза (фугат) ҳосил бўлади.

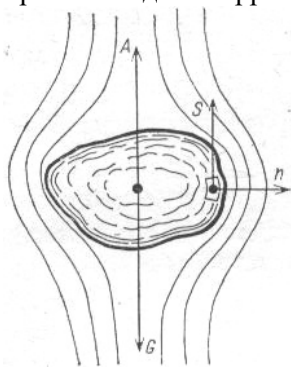
**Суюқлик ёрдамида ажратиш** усули деб - газ таркибидаги қаттиқ заррачаларни бирорта суюқлик иштирокида ушлаб қолиш жараёнига айтилади. Бу жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади ва газларни тозалаш учун ишлатилади. Баъзан, бу усулдан суспензияларни ажратишда ҳам фойдаланиш мумкин.

### Оғирлик кучи таъсирида чўктириш

Чўкиш жараёнида қаттиқ жисм турли кучлар таъсирида суюқликда ҳаракат қилади. Оғирлик кучи таъсирида унинг суюқликдаги ҳаракатини кўриб чиқамиз. Бунда, қаттиқ заррачага оғирлик кучи  $G$ , кўтарувчи (Архимед) куч  $A$  ва ишқаланиш кучлари  $T$  таъсир этади

(2-расм).

Ихтиёрий шаклдаги заррачани кўриб чиқамиз. Унинг ҳажми чизикли ўлчамининг учинчи даражасига тўғри пропорционалдир.



$$V = \varphi_1 l^3 \quad (1)$$

бу ерда  $l$  - заррача габарит ўлчами, диаметри;  $\varphi_1$  - шаклга боғлиқ коэффициент.

Агар, заррача зичлиги  $\rho_3$ , суюқликники  $\rho_c$  бўлса, унда заррачага оғирлик кучи  $G$  ва кўтарувчи куч  $A$  лар таъсир этмоқда. Бу иккала куч қарама-қарши йўналган бўлади.

$$G = \varphi_1 l^3 \rho_3 g \quad , \quad A = \varphi_1 l^3 \rho_c g \quad (2)$$

**2-расм.** Оғирлик кучи  $G$  таъсирида

заррача чўкишининг дифференциалтен гламасини келтириб чиқаришга оид.

Ушбу кучларнинг фарқи таъсири остида заррача суюқликда ҳаракат қилади ва унинг ташқи юза бирлигига ишқаланиш кучи  $T$  таъсир этади.

Ишқаланиш кучи  $T$  Ньютон-Петров қонунига биноан аниқланади:

$$T = \mu \frac{\partial w}{\partial n}$$

бу ерда  $\mu$ - динамик қовушоклик коэффициентини;  $\frac{\partial w}{\partial n}$  - тезлик градиенти.

Бутун заррачага таъсир этувчи мухитнинг қаршилик кучи унинг юзасига боғлиқ. Демак, мухитнинг қаршилик кучи қуйидагига тенг:

$$R = \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} \quad (3)$$

Механиканинг иккинчи қонунига биноан, оғирлик, кўтарувчи ва ишқаланиш кучларининг тенг таъсир этувчиси, заррача массасининг эркин тушиш тезланишига кўпайтмасига тенг. Демак:

$$\varphi_1 l^3 (\rho_3 - \rho_c) g - \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} = \varphi_1 l^3 \rho_3 \frac{dw}{d\tau} \quad (4)$$

(4) тенглик оғирлик кучи таъсирида чўкаётган заррачанинг дифференциал тенгламаси деб номланади.

Ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (4) дан оғирлик кучи таъсирида заррачанинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгламаларини олиш мумкин.

Бунинг учун (4) тенгламани  $\varphi_1 l^3 \rho_c \frac{dw}{d\tau}$  бўлиб:

$$g \frac{d\tau}{dw} \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_3} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_{ж}} - \frac{c_2 \mu \partial w \partial \tau}{c_1 \rho_3 l \partial n \partial w} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_c} - \frac{\rho_3}{\rho_c} = 0 \quad (5)$$

Олинган натижани  $\rho_{ж}/\rho_c$  кўпайтириб ва тегишли қисқартиришларни амалга оширсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu \tau}{l \rho} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu}{\rho w l} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{1}{Re} \quad (6)$$

$\varphi_2/\varphi_1$  - нисбат заррача шаклига боғлиқ ва **шакл коэффициентини** деб номланади:

$$f = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \quad (7)$$

Ўлчамсиз комплекс эса:

$$\frac{\mu}{\rho w l} = \frac{1}{Re} \quad \text{ёки} \quad Re = \frac{w l \rho}{\mu} = \frac{w l}{\nu}$$

**Рейнолдс** сони дейилади. Бу сон суюқлик оқимлари харакатининг гидродинамик ўхшашлигини характерлайди, заррачанинг чўкиш жараёнида эса – суюқликнинг заррача атрофидан оқиб ўтиш гидродинамик ўхшашлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан (5) нинг биринчи айрилувчисидан қуйидаги кўринишга келамиз:

$$\frac{g \tau}{w} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{g l}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (8)$$

(8) тенгламани  $Re^2$  га кўпайтирсак, **Архимед** критерийсини оламиз:

$$Ar = \frac{w^2 l^2}{v^2} \frac{gl}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{gl^3}{v^2} \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (9)$$

Ушбу критерий оғирлик ва кўтарувчи кучлар фарқининг кўтарувчи кучга нисбатини характерлайди.

Шундай қилиб, ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (9) тенгламадан заррачаларнинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгласини келтириб чиқариш мумкин:

$$Re = a(fAr)^n \quad (10)$$

Чўкиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида қуйидаги режимлар аниқланган: ламинар ( $Re \leq 0,2$ ), ўтиш ( $0,2 < Re < 50$ ) ва турбулент ( $Re < 500$ ). Амалий ҳисоблар учун қуйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

$Re < 1,85$  ёки  $f \cdot Ar < 33$  бўлганда

$$Re = \frac{f \cdot Ar}{18} = 0,056f \cdot Ar \quad (11)$$

$1,85 < Re < 500$  ёки  $33 < f \cdot Ar < 83 \cdot 10^3$  бўлганда

$$Re = 0,152 \cdot (fAr)^{0,725} \quad (12)$$

$Re > 500$  ёки  $f \cdot Ar > 83 \cdot 10^3$  бўлганда

$$Re = 1,74 \cdot (fAr)^{0,5} \quad (13)$$

(11)...(13) формулалар ёрдамида аниқланган Рейнолдс сони орқали оғирлик кучи таъсирида суюқликда чўкаётган заррача тезлигини топиш мумкин:

$$w_{\text{чук}} = \frac{Re \mu}{l \rho} \quad (20)$$

Ламинар ҳаракат режимида чўкиш тезлигини қуйида келтирилган усулда топилади.  $d$  диаметрли сферик шаклга эга заррачалар учун  $w_{\text{чук}}$  (20) формуладан аниқлаш мумкин:

$$\frac{w_{\text{чук}} d \rho}{\mu} = \frac{1}{18} \frac{gd^3 (\rho_3 - \rho)}{v^2 \rho}$$

Агар,  $v = \mu \rho$  эканлигини ҳисобга олсак, чўкиш тезлиги ушбу кўринишда ёзилади:

$$w_{\text{чук}} = \frac{gd^2 (\rho_3 - \rho)}{18 \mu} \quad (21)$$

(21) формула Стокс қонунини, яъни шарсимон заррачаларнинг ламинар режимдаги чўкиш тезлиги, улар диаметрининг квадратага, муҳит ва заррача зичликлари фарқига тўғри пропорционал ва муҳит қовушоқлигига тесқари пропорционаллигини ифодалайди.

Нотўғри шаклдаги заррачалар учун чўкиш тезлиги шарсимонникдан кам бўлади. Заррачаларнинг шакл коэффициентлари қийматлари махсус адабиётларда келтирилган.

Суюқликда томчининг чўкиш жараёнида унинг шакли узлуксиз равишда ўзгариб туради.

Бундай ҳолларда суюқлик томчисининг чўкиш тезлиги проф. Смирнов Н.И. формуласи ёрдамида ҳисобланади:

$$w_{\text{чүк}} = \frac{gd^{2,5}}{\sigma} \left( \frac{\rho - \rho_T}{\rho_T} \right)^{1,5} \cdot \left( \frac{\mu}{\rho g} \right)^{0,5} \quad (22)$$

бу ерда  $d$  - томчининг ўртача диаметри;  $\sigma$  - фазалар чегарасидаги сиртий таранглик;  $\rho$  - томчи ҳосил қилувчи суюқлик зичлиги;  $\rho_T$  - мухит зичлиги;  $\mu$  - мухит қовушоқлиги.

Стокс қонунига биноан, чўкаётган қаттиқ заррачанинг максимал ўлчами ушбу формуладан топилади:

$$d_{\text{max}} \approx 1,56 \sqrt{\frac{\mu^2}{\rho(\rho_3 - \rho)}} \quad (23)$$

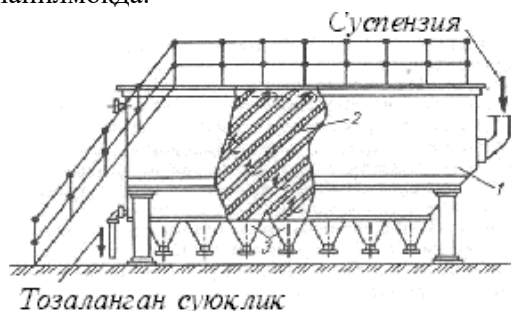
Чўкиш жараёнининг кинетик қонуниятларини ўрганиш натижасида куйидаги умумий қоида келиб чиқади: заррача ўлчами ва фаза зичликларининг фарқи ортиши билан чўкиш тезлиги кўпаяди, лекин мухитнинг қовушоқлиги кўпайиши билан чўкиш тезлиги камаяди.

**Қия тўсиқли, ярим узлуксиз тиндиргич.** Суспензия штуцер орқали қурилмага киритилади ва қия ўрнатилган тўсиқ 2 лар ёрдамида галма-гал юқоридан пастга ва пастдан юқорига қараб йуналтирилади (3-расм).

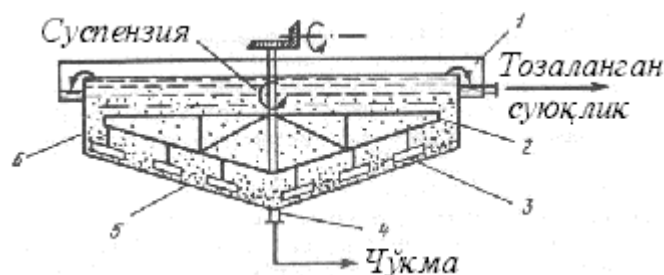
Қия тўсиқлар қурилмада суспензиянинг ҳаракат давомийлиги ва тиндириш юзасини оширади. Ҳосил бўладиган шлам эса, бункер 3 ларда йиғилади ва тўлиб чиққандан сўнг кранлар ёрдамида чиқазиб юборилади.

Тозаланган суюқлик тиндиргичнинг тепа қисмида ўрнатилган штуцер орқали чиқарилади.

Кимё ва озиқ - овқат саноатларида узлуксиз ишлайдиган тиндиргичлар кенг қўламда қўлланилмоқда.



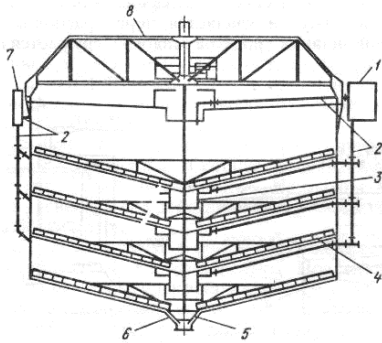
3-расм. Қия тўсиқли ярим узлуксиз тиндиргич. 1 - қобик; 2 - қия тўсиқлар; 3 - бункерлар.



4-расм. Эшкак аралаштиргичли узлуксиз ишлайдиган тиндиргич. 1 - халқасимон тарнов; 2 - аралаштиргич; 3 - эшкак; 4 - люк; 5 - конуссимон туб; 6 - цилиндрик қобик

**Эшкак аралаштиргичли, узлуксиз ишлайдиган тиндиргич.** Одатда бундай турдаги тиндиргич конуссимон туб 5 ва цилиндрик қобик 6 дан, ҳамда қурилманинг тепа қисмидаги халқасимон тарнов 1 дан таркиб топган бўлади (4-расм). Чиқариш люки 4 га чўкмани узатиш учун қия парракли аралаштиргич 2 да бир неча эшкаклар ўрнатилган бўлади. Аралаштиргич  $0,02...0,5 \text{ мин}^{-1}$  частота билан айланади. Труба ёрдамида суспензия цилиндрик қобик ўртасига узлуксиз равишда узатилади. Тозаланган суюқлик халқасимон тарновга қуйилади ва сўнг тиндиргичдан чиқарилади. Ҳосил бўлган шлам диафрагмали насос ёрдамида қурилманинг пастки қисмидан сўриб олинади. Агар, шлам таркибидаги дисперс фаза қимматли ёки келгуси технологик жараёнлар учун яроқли бўлса, у қайта ишланишга юборилади.

Бу турдаги тиндиргичларда зичлиги бир текисда бўлган чўкмаларга ва уни самарали сувсизлантиришга эришса бўлади. Эшкакли тиндиргичлар камчилиги, бу уларнинг қўполлигидир.

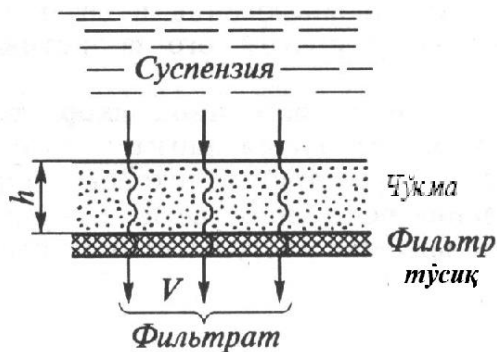


5-расм. Кўп қаватли тиндиргич.

1 – тақсимловчи мослама; 2 - трубалар; 3 - стакан; 4 - эшакли аралаштиргич; 5 – тўкиш конуси; 6 - кингич; 7 - коллектор; 8 - пом

тиндиргичнинг қаватлари шлам бўйича кетма-кет уланган. Хосил бўлаётган шлам фақат энг пастки қаватнинг ичида қирғич ўрнатилган тўкиш конусидан чиқарилади.

Турли жинсли системаларни ғовак фильтр тўсиқлар ёрдамида фазаларга ажратиш жараёнига **фильтрлаш** дейилади. Фильтр тўсиқлар аралашманинг қаттиқ (дисперс) фазасини ушлаб қолади, суюқ (дисперсион) фазасини ўтказиб юбориш қобилиятига эга. Фильтр тўсиқлар ёки бундан буён филтрлар сифатида ғовакли материаллар қўлланилади (масалан, тўр пардалар, картон, газламалар, сочилувчан материаллар, шағал, кум, ғовак полимер материаллар, керамика, металлокерамика ва бошқалар).



Фильтр тўсиқ ва чўкма қатлами орқали суюқликнинг ўтиш схемаси.

Масалан, шакарпазликда филтрлаш қиёмларни тозалаш, чўкмани сатурацион шарбатдан ажратиш учун қўлланилади. Пиво пиширишда эса, ушбу жараён суслодан **қаттиқ фазани** ажратиш ва тайёр маҳсулотни тиндириш учун ишлатилади. Ундан ташқари, винопазлик, ликер – ароқ ва шарбатлар ишлаб чиқариш саноатларида филтрлаш жараёнидан кенг микёсда фойдаланилади.

Кимё, нон пишириш, тегирмон ва спирт саноатларида газларни тозалаш учун филтрлаш жараёни ишлатилади.

Фильтрлаш жараёнида сиқилувчи ва сиқилмайдиган чўкмалар ҳосил бўлади. Сиқилувчи чўкма заррачалари босим ортиши билан қатлам деформацияга учрайди ва унинг ўлчами камаяди. Сиқилмайдиган чўкмада босим кўпайиши билан қатлам шакли ва ўлчами узгармайди.

Амалда филтрлашдан кейин қуйидаги қўшимча жараёнлар қўлланилади:

- чўкмани ювиш;
- чўкмани ҳаво ёки инерт газлар оқими билан тозалаш;
- чўкмани қуриштиш;

Фильтрлаш жараёнининг унумдорлиги ва олинган филтратнинг тозаллиги филтр тўсиқлар хусусиятларига боғлиқ. Фильтр тўсиқлар ғовак, тешиқлари катта ва гидравлик қаршилиги

**Кўп қаватли тиндиргич.** Бундай қурилмалар узлуксиз ишлайди ва бир-бири устига ўрнатилган бир нечта эшакли тиндиргичлардан иборат (5-расм). Хар бир қаватлар орасида конуссимон тўсиқлар жойлаштирилган. Бу тўсиқлар туфайли тиндиргич юзаси анчага кўпаяди ва натижада қурилма ихчамроқ бўлади.

Тиндиргич умумий ўкга эга бўлиб, унга аралаштирувчи эшаклар жойлаштирилади. Суспензия эса тақсимловчи мосламадан трубалар орқали хар бир қават стаканига узатилади. Тозаланган суюқлик халқасимон тарновлардан ўтиб, коллекторда йиғилади. Хар бир ярус шламни чиқариб юбориш стаканлари билан уланган. Юқорида жойлашган хар бир қават стаканининг пастки учи қуйи қават шламини ичига кириб туради. Шундай қилиб,

тиндиргичнинг қаватлари шлам бўйича кетма-кет уланган. Хосил бўлаётган шлам фақат энг пастки қаватнинг ичида қирғич ўрнатилган тўкиш конусидан чиқарилади.

Фильтрлаш жараёни босимлар фарқи ёки марказдан қочма кучлар майдони таъсирида амалга оширилади.

Фильтрлаш интенсивлиги суспензия сифати, яъни дисперс фаза чўкмаси қаршилигининг микдорига, картон, шилимшиқ ва коллоид моддалар бор-йўқлигига боғлиқдир.

Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида филтр конструкцияси ёки филтрловчи центрифуга, филтр тўсиқ ва филтрлаш режимларини танлаш зарурати туғилади.

Кимё, озик - овқат ва бошқа саноатларда чўкма ҳосил қилиш йўли билан филтрлаш кенг тарқалган.

кичик бўлиши керак. Фильтр тўсиқлар тузилишига қараб эгилувчан ва эгилмас бўлади.

Фильтр тўсиқлар тепа ва остки қисмидаги босимларнинг фарқи фильтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи деб ҳисобланади.

Ҳаракатлантирувчи кучлар турига қараб фильтрлаш жараёни икки гуруҳга бўлинади:

- а) босимлар фарқи таъсирида ажратиш (фильтрлаш);
- б) марказдан қочма куч таъсирида ажратиш (центрифугалаш).

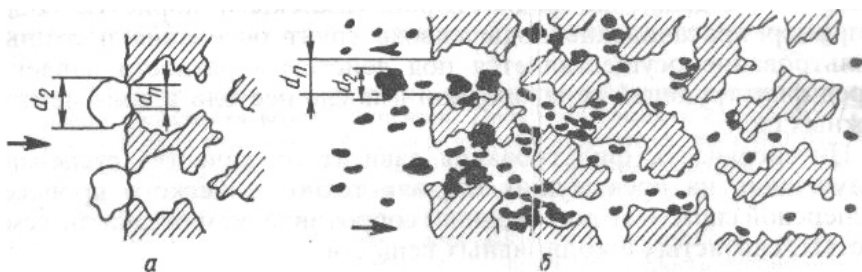
### Фильтрлаш турлари

Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида фильтр тўсиқ тури ва суспензия хоссаларига қараб, фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил қилиш, фильтр ковакларини тўлдириш ва ҳам биринчи, ҳам иккинчи ҳодисалар биргаликда келган (оралиқ) ҳолатларда фильтрлаш жараёни содир бўлиши мумкин.

**Фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил қилиб фильтрлаш** жараёни қаттиқ жисм заррачаларининг диаметри  $d_2$ , ковак диаметри  $d$  дан катта бўлганда рўй беради (1-расм).

Бу усул суспензия таркибидаги қаттиқ фаза концентрацияси 1% (масс) дан ортиқ бўлганда қўлланилади, чунки бунда фильтр тўсиқ ковагига кириш жойида гумбазчалар ҳосил бўлиши учун қулай шароитлар яратилади. Гумбазчалар ҳосил бўлиши, чўкиш тезлиги ва суспензия концентрациясининг ортишига имконият туғдиради.

**Ковакларни тўлдириш усулида фильтрлаш** (1-расм) фильтр тўсиқ ковакларига қаттиқ заррачалар кириб



1-расм. Фильтрлаш схемаси.

1 - чўкма ҳосил қилиб фильтрлаш;

керакли даражада ушлаб туриш учун фильтр тўсиқни биринчи ҳолатини тиклаш, яъни фильтрлашга яроқли қилиш керак. Бунинг учун тўсиқлар суюқлик оқими билан ювилади ёки тўсиқ металлдан ясалган бўлса, киздириб қуйдирилади.

**Оралиқ фильтрлаш** усули бир вақтнинг ўзида ҳам фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил қилиш, ҳам ковакларни тўлдириб, фильтрлаш усуллари рўй берганда амалга ошади.

Ушбу усулда кичик концентрацияли суспензияларни фильтрлаш жараёни тезлигини ошириш учун қўшимча моддалар иштирокида олиб борилади. Жараёндан аввал фильтр тўсиқ юзаси қўшимча модда билан қопланади. Қўшимча моддалардан қилинган қоплама тўсиқ ковакларини тўлиб қолишдан сақлайди. Қўшимча моддалар сифатида ўта майин кўмир, перлит, асбест, кизельгур, фиброфло, асканит ва бошқа материаллар қўлланилиши мумкин.

Хулоса қилиб айтганда, фильтрлаш жараёни интенсивлиги ва фильтр қурилманинг иш унумдорлиги фильтрлаш тезлигига боғлиқдир.

## 7- МАЪРУЗА

### ТУРЛИ ЖИНСЛИ СИСТЕМАЛАРНИ АЖРАТИШ.

1. Марказдан қочма куч таъсирида чўктириш.
2. Жараёни ифодаловчи катталиқлар.
3. Центрифуга конструкциялари.

Эмульсиядаги суюқлик томчиларини ва суспензиядаги қаттиқ заррачаларни марказдан қочма кучлар майдонида ажратиш жараёнига **центрифугалаш** дейилади. Центрифугалаш

жараёнини амалга оширадиган қурилма **центрифуга** деб номланади.

Марказдан қочма куч таъсирида суспензия **чўкма** ва **фугат** деб номланувчи суюқлик фазаларга ажралади. Одатда чўкма қурилма ротори ичида қолади, фугат эса - ташқарига чиқарилади.

Центрифуга ишлаш пайтида ҳосил бўладиган марказдан қочма куч чўктириш жараёнидаги оғирлик ва фильтрлашдаги гидростатик кучларга нисбатан анча катта бўлади. Шунинг учун турли жинсли системаларни ажратиш учун қўлланиладиган чўктириш ва фильтрлаш жараёнларига қараганда центрифугалаш жуда самарали ҳисобланади.

Центрифуганинг асосий қисми горизонтал ёки вертикал ўқга ўрнатилган ва катта тезликда айланувчи цилиндрик ротор бўлиб, у электр юриткич ёрдамида айланма ҳаракатга келтирилади. Марказдан қочма куч таъсирида турли жинсли системадаги қаттиқ заррачалар чўкмага тушиб, суюқликдан ажралади.

Ажратиш принципига қараб, центрифугалар 2 хил бўлади: фильтрловчи ва чўктирувчи центрифугалар.

Чўктирувчи центрифуганинг цилиндрик ротори яхлит деворли бўлиб, эмульсия ва суспензияларни чўктириш принципи асосида ажратади. Бу қурилмада ажратиш жараёнида оғирлик кучи ўрнига марказдан қочма куч ишлатилади. Цилиндрик ротор айланиши натижасида ҳосил бўладиган марказдан қочма куч таъсирида суспензия ёки эмульсия ротор деворига қараб ҳаракат қилади. Зичлиги юқори бўлган қаттиқ заррачалар ротор деворида, зичлиги камроғи эса - ўқ атрофида йиғилади.

Фильтрловчи центрифуга ротори ғоваксимон бўлиб, эмульсия ва суспензияларни фильтрлаш принципи асосида ажратади. Бу қурилмаларда, ажратиш жараёнида босимлар фарқи ўрнига, марказдан қочма куч ишлатилади.

Бу турдаги центрифугаларда суспензия ёки эмульсия ротор деворига қараб ҳаракат қилади ва фазаларга ажралади. Фазаларга ажратиш жараёни қуйидагича рўй беради: суюқ фаза роторнинг тўсиғидан ўтиб, қурилма қобиғига йиғилади ва штуцер орқали чиқарилади. Қаттиқ фаза эса, фильтрловчи тўсиқда ушланиб қолади ва ундан сўнг ротордан туширилади.

Ишлаш принципига кўра центрифугалар даврий ва узлуксиз бўлади. Ротор ўқининг ўрнатилишига қараб, горизонтал ва вертикал центрифугалар бўлади. Даврий ишлайдиган центрифугаларда чўкма қўл, оғирлик кучи ёки пичоқ ёрдамида туширилади. Узлуксиз центрифугаларда чўкма шнек ёрдамида инерцион ва пульсацион кучлар ёрдамида туширилади.

Фильтрловчи ва чўктирувчи центрифугаларда ажратиш жараёнларининг тахлили шуни кўрсатадики, чўктириш ва фильтрлаш жараёнлар билан центрифугалаш орасида ўхшашлик кўп ва ҳамма жараёнларнинг умумий қонуниятлари ҳам ўхшашдир.

Центрифугаларда ҳосил бўладиган марказдан қочма куч ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$c = \frac{mw^2}{r} = \frac{Gw^2}{gr} \quad (1)$$

бу ерда:  $m$  - айланувчи жисм массаси, кг;  $G$  - айланувчи жисм оғирлиги, Н;  $w$  - роторнинг айланиш тезлиги, м/с;  $g$  - эркин тушиш тезланиши, м<sup>2</sup>/с;  $r$  - айланиш радиуси, м.

Роторнинг айланиш тезлиги ушбу тенгликдан топилади:

$$w = \omega \cdot r = \frac{2\pi n}{60} r \quad (2)$$

бу ерда:  $\omega$  - бурчак тезлиги, рад/с;  $n$  - айланиш сони, айл/мин.

(1) ва (2) тенгликлардан марказдан қочма кучни аниқлаймиз:

$$C = \frac{G}{rg} \left( \frac{2\pi n}{60} r \right)^2 \quad (3)$$

ёки

$$C \approx \frac{Grn^2}{900} \quad (4)$$

Шундай қилиб, ротор диаметрини кўпайтиришга қараганда, унинг айланиш сонини ошириш, марказдан қочма кучнинг ўсишига олиб келади.

Центрифугаларнинг иш унумдорлиги ажратиш коэффициентига боғлиқ. Центрифугаларда ажратиш коэффициенти марказдан қочма кучлар майдонида ҳосил бўлган кучланиш билан характерланади. Центрифугада ҳосил бўлаётган марказдан қочма кучлар микдорининг оғирлик кучи тезланишидан неча марта кўплигини кўрсатувчи катталиқ **ажратиш коэффициенти** деб номланади:

$$K_a = \frac{w^2}{rg} \quad (5)$$

Центрифуга ротори айланиш частотасининг ортиши ва унинг диаметри камайиши билан марказдан қочма куч майдонида ажратиш самарадорлиги ортади. Агар, айланиш тезлигини айланиш частотаси орқали, ифодаласак ажратиш коэффициентини аниқлаш учун ушбу кўринишдаги формулани оламиз:

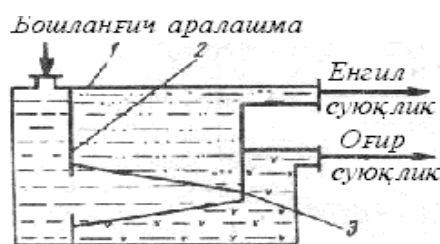
$$K_a \approx \frac{n^2 r}{900} \quad (6)$$

Ажратиш коэффициенти центрифугаларнинг муҳим характеристикаси бўлиб, унинг ажратиш қобилиятини аниқловчи кўрсаткичдир.

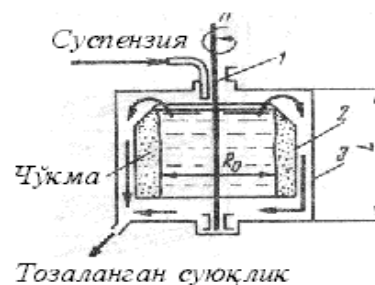
**Эмульсияларни узлуксиз ажратиш тиндиргичи** бир неча қисмдан иборат (1-расм). Эмульсия қурилманинг чап қисмига берилади ва у ердан ўрта сепарацион камерага узатилади.

Чап тўсиқ 2 аралашма сатхи баландлигини ростлаш имконини беради. Сепарацион қисмда бошланғич аралашма оғирлик куч таъсирида фазаларга ажрайди. Енгил фаза тепага кўтарилади ва тиндиргичнинг юқорисидаги штуцердан оқиб чиқади. Оғир фаза эса, ўнг тўсиқ 3 остидан ўтиб пастга тушади ва қурилма тубидаги штуцердан оқиб чиқади.

**Чўктирувчи центрифуга.** Бу турдаги қурилмалар ротори яхлит металлдан тайёрланади (2-расм). Уларнинг ишлаш принципи худди тиндиргичларникига ўхшашидир. Бошланғич аралашма



**1-расм.** Эмульсияларни узлуксиз ажратиш учун тиндиргич 1 - қобик; 2 - чап тўсиқ; 3 - ўнг тўсиқ.



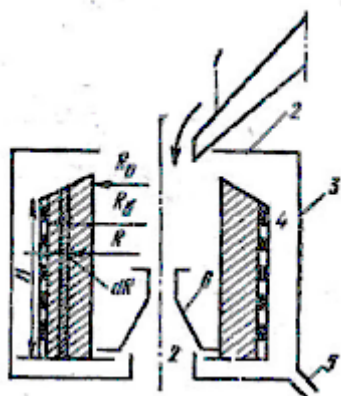
**2-расм.** Чўктирувчи центрифуга.

қурилма роторига труба орқали узатилади. Ротор 2 нинг айланиши натижасида марказдан қочма куч таъсирида зичлиги юқори бўлган заррачалар роторнинг ички юзасига тўпланади, зичлиги камроғи эса, айланиш ўқига яқинроқ жойда йиғилади. Тозаланган суюқлик, яъни фугат, қобик 3 даги штуцер орқали ташқарига чиқарилади. Ротор деворида ҳосил бўлган чўкма эса, жараён тугагандан сўнг тўкилади.

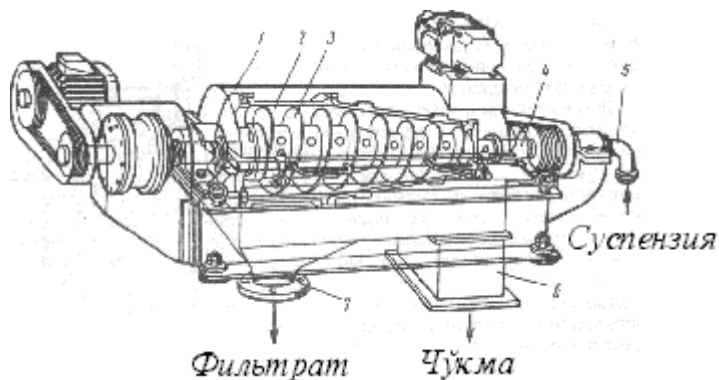
**Филтрловчи центрифуга.** Ушбу центрифуга қобик 3 ичида ўрнатилган айланувчи ротор 4 дан ташкил топган. Ротор девори тешиқ, тўрсимон бўлиб, унинг ички юзаси филтрловчи материал билан қопланган (3-расм).



Ротор электр юриткич ёрдамида айлантирилади. Айланма харакат туфайли ротор 4 ичидаги суюкликга марказдан қочма куч таъсир қила бошлайди. Натижада гидростатик босим хосил бўлади ва у жараёни харакатга келтирувчи кучи деб аталади. Ушбу куч таъсирида аралашма филтёрловчи материал ва ротор деворида хосил бўлган чўкма қатламидан ўтиб тозаланади. Бундай центрифугаларда жараён уч боскичда ўтади: а) чўкма хосил қилиш ва филтёрлаш; б) чўкма қатламининг зичланиши; в) чўкмадан суюқ фазани ажратиш. Жараёнда хосил бўлган фугат штуцер 5 дан ташқарига чиқарилади. Жараён тамомлангандан сўнг, чўкма сув билан ювилади. Хамма боскичлар тугагандан кейин центрифуга тўхтатилади, сўнг эса конус б тепага кўтарилади ва чўкма тўкилади.



**3-расм.** Филтёрловчи центрифуга. 1 - суспензия бериш трубаси; 2 - чўкма туширадиган тешик; 3 - қобик; 4 - ротор; 5 - фугат чиқариш штуцери; 6 - конус.



**4-расм.** Узлуксиз ишлайдиган, чўкмани шнекда тўқувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга. 1 - қобик; 2 - ротор; 3 - шнекли мослама; 4 - ғовак ўқ; 5 - марказий труба; 6 - чўкма камераси; 7 - фугат чиқариш патрубкиси.

**Узлуксиз ишлайдиган, чўкмани шнекда тўқувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга (НОГШ).** Ушбу қурилма ротор 2 ва қобик 1 да ўрнатилган шнекли мослама 3 лардан таркиб топган (4-расм). Суспензия марказий труба 5 орқали ғовак ўқ 4 га узатилади. Ушбу трубадан чиқишда суспензия марказдан қочма куч таъсирида ротор бўшлиғида тақсимланади. Қобикдаги ғовак цапфаларда ротор 2 айланиб туради. Шнек эса, ротор ичидаги цапфаларда айланади. Марказдан қочма куч таъсирида қаттиқ заррачалар ротор деворига қараб харакат қилади, суюклик эса ички халқа хосил қилади. Бу суюклик халқасининг қалинлиги ротор ён томонидаги тўкиш тешикларининг жойлашиши билан аниқланади. Ротор бўйлаб чўкма харакат қилганда йўл - йўлакай зичланиб боради. Технологик зарурият бўлса, чўкма ювилиши хам мумкин.

Фугат эса, тўкиш тешиклар орқали фугат камерасига йиғилади ва патрубкка 7 дан ташқарига чиқарилади.

НОГШ типдаги центрифуга катта иш унумдорликка эга ва юқори концентрацияли майин, дисперс суспензияларни ажратиш учун қўлланилади. Бундай центрифугаларнинг суспензия бўйича иш унумдорлиги ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{3,5D_T^2 \cdot L_T (\rho_3 - \rho) d^2 n^2}{\mu}$$

бу ерда;  $D_T, L_T$  - тўкиш цилиндрининг диаметри ва узунлиги, м;  $\rho_3, \rho$  - заррача ва мухит зичликлари, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  - заррачанинг энг кичик диаметри, м;  $n$  - роторнинг айланиш частотаси, мин<sup>-1</sup>;  $\mu$  - динамик ковушоқлик коэффиценти, Па·с.

**Чўктирувчи центрифугалар иш унумдорлиги эса ушбу формуладан хисобланади:**

$$V = \eta F w_k \tag{7}$$

бу ерда:  $\eta$  - пропорционаллик коэффициенти;  $F = 2\pi R_0 L$  - ротордаги суспензия кўзгуси майдонининг юзаси (бу ерда  $R_0$  - суспензия халқасимон қатламининг ички радиуси, м;  $L$  - ротор узунлиги, м)  $m^2$ ;  $w_u = w_{чук} \cdot K$  - марказдан қочма куч таъсиридаги чўкиш тезлиги, м/с (бу ерда  $w_{чук}$  – оғирлик кучи таъсирида чўкиш тезлиги, м/с;  $K$  - ажратиш коэффициенти).

(7) тенглама ёрдамида чўкмани пичоқ билан кесиб оладиган чўктирувчи центрифуга иш унумдорлигини ҳисоблаш формуласини келтириб чиқариш мумкин:

$$V = 25,3 \cdot \eta L n^2 R_0^2 w_{чук} \cdot k \quad (8)$$

бу ерда:  $k$  - суспензия ўзатиш вақтининг центрифуга умумий ишлаш вақтига нисбати.

**Текшириш учун саволлар.**

1. Центрифугалаш деб нимага айтилади?
2. Ажратиш коэффициенти қандай топилади?
3. Фильтрловчи центрифуга ишлаш принципи қандай?

## 8-МАЪРУЗА ГАЗЛАРИНИ ТОЗАЛАШ УСУЛЛАРИ.

**РЕЖА:**

1. Газларни тозалаш турлари.
2. Чанг чўктириш камераси.
3. Инерцион ва марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш.

**Газ аралашмалар таркибидаги қаттиқ ёки суюқ заррачаларни саноат миқёсида ажратишдан мақсад ҳаво ифлослигини камайтириш, қиммат баҳо маҳсулотларни ажратиш олиш ёки технологияга салбий таъсир этувчи зарарли, ҳамда қурилмаларни бузилишга олиб келувчи моддаларни чиқариб ташлашдир.**

Кимё ва озик - овқат саноатларнинг асосий технологик жараёнларидан бири ифлосланган газларни тозалашдир. Шунинг учун, турли жинсли газ системаларни ажратиш кимёвий технологиянинг долзарб ва энг кенг тарқалган асосий жараёнларидан биридир.

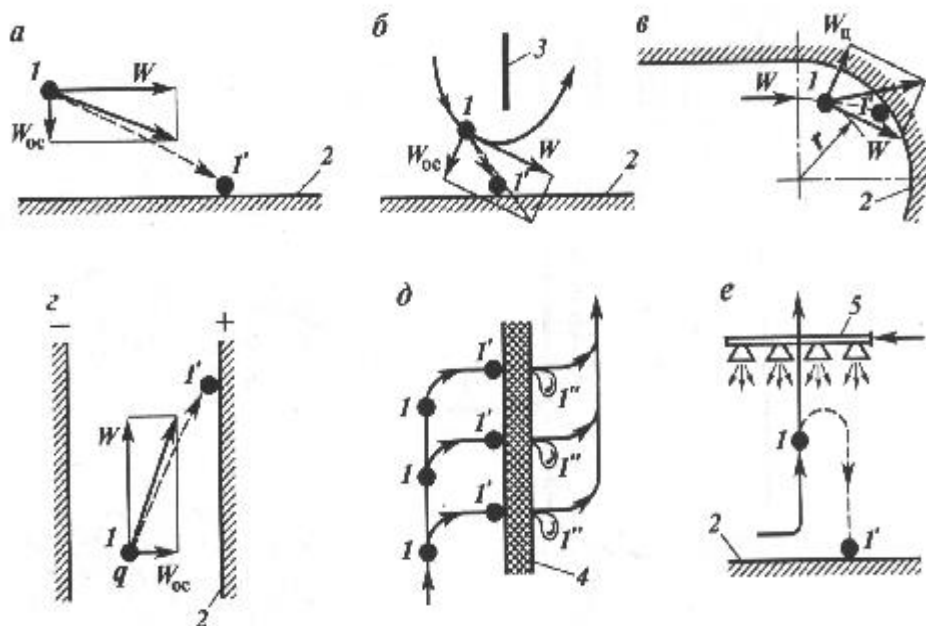
Саноат миқёсида чанг ҳосил бўлишининг манбалари: қаттиқ жисмларни механик майдалаш (чақиш, эзиш, аралаш, едирилиш ва уларни узатиш), ёқилғилар ёнишида (қул ҳосил бўлиш), буғлар конденсацияланишида, ҳамда газларнинг ўзаро кимёвий таъсири натижасида қаттиқ маҳсулотлар ҳосил бўлиш жараёнида.

Одатда, чанглар таркибида ўлчами 3...100 мкм бўлган қаттиқ заррачалар мавжуд бўлади. Буғлар конденсацияланиши натижасида 0,001...1 мкм ўлчамли майда суюқлик томчилари ҳосил бўлади.

Газларни куйидаги тозалаш усуллари маълум:

1. оғирлик кучи таъсирида чўктириш (гравитацион тозалаш);
2. инерция кучлари таъсирида чўктириш, яъни марказдан қочма кучлар;
3. филтрлаш;
4. суюқлик билан ювиб тозалаш;
5. электростатик кучлар таъсирида чўктириш (электр майдон таъсирида).

Биринчи иккита усулда, яъни оғирлик ва марказдан қочма кучлар таъсирида, тозалаш



1-расм. Газ оқимидаги заррачаларни ажратиб олишнинг асосий усуллари.

а- оқирлик кучи таъсирида чўктириш; б- инерцион кучлар таъсирида чўктириш;

в- марказдан қочма куч таъсирида чўктириш; г- электр майдони таъсирида чўктириш;

натijasида йирик заррачаларни, қолган усулларда эса - 20 мкм ва ундан ўлчами кичик бўлган заррачаларни ажратиб олиш мумкин.

ҳар доим ҳам битта газ тозалаш қурилмасида газларни керакли юқори даражада тозалаб бўлмайди. Шунинг учун, амалиётда икки ва кўп босқичли тозалаш қурилмалари қўлланилади.

Газни тозалаш даражаси  $\eta$  қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$ — бошланғич ва тозаланган газдаги қаттиқ заррачалар массаси, кг/соат;  $V_1$  ва  $V_2$ — бошланғич ва тозаланган газларнинг ҳажмий сарфлари, м<sup>3</sup>/соат;  $x_1$  ва  $x_2$ — бошланғич ва тозаланган газда қаттиқ заррачалар концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>.

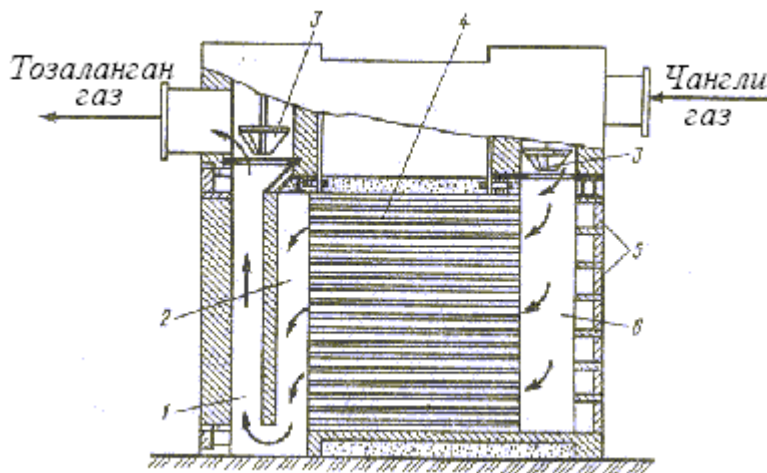
#### Оғирлик кучи таъсирида газларни тозалаш

Чангларни (дағал тозалаш учун) тозалаш учун даврий ва уздуксиз ишлайдиган қурилмалардан фойдаланилади. Чанг чўктириш камераси бу турдаги асосий қурилмалардан биридир.

Чанг чўктириш камераси ичида горизонтал токчалар жойлаштирилган бўлиб, тўғри тўртбурчак шаклдаги асосий қисмдан иборат (2-расм).

Чанг, ростловчи клапан 3 орқали сўриш канали 6 га қиради ва горизонтал токчалар 4 орасига тақсимланади. Токчалар орасидаги масофа 100...4000 мм бўлади.

Токчаларнинг асосий вазифаси чанг заррачалари чўкиш масофасини кискартиришдир. Ундан ташқари, токчалар борлиги чўкиш юзасини кўпайишига олиб келади. Токчалар орасида чанг ҳаракат қилганда, чанг оқимининг йўналиши ўзгаради, бу эса унинг тезлигини камайишига олиб келади. Натижада қаттиқ заррачалар уларнинг юзасида чўкиб қолади. Тозаланган газ эса, чиқиш канали орқали ташқарига йўналади. қурилма камерасида чанг газ оқимининг тезлиги чўкиш вақти билан чегараланади.



2-расм. Чанг чўктириш камераси.

1 – чиқиш канали; 2 – йиғувчи канал; 3 - клапанлар; 4 -

Чўктириш камерасида чанг газ оқимининг ҳаракати вақтида қаттиқ заррачалар токчалар юзасига чўкиб улгуриши керак.

Токчаларга йиғилиб қолган чанглар вақти - вақти билан куракчаларда олиб ташланади ёки сув билан ювилади. Чанг чўктириш камераси навбатма-навбат ишлайдиган икки бўлимдан иборат. Биринчи бўлим чанг (қаттиқ заррачалар)дан тозаланса, иккинчисида эса, шу вақтда газни тозалаш жараёни боради ва натижада қурилманинг узлуксиз ишлашига эришилади.

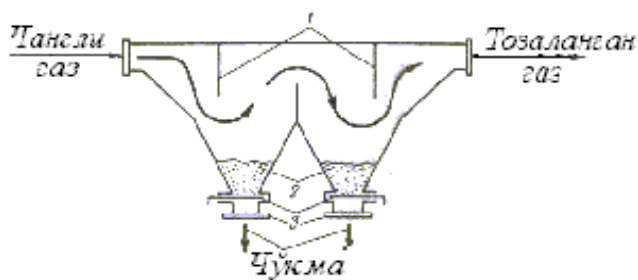
Чанг чўктириш камерасида фақат газлардан йирик заррачаларни ажратиш мумкин, яъни дағал тозалаш учун қўллаш мақсадга мувофиқдир. Шунинг учун, бу турдаги қурилмалар дастлабки тозалаш учун, яъни қаттиқ заррачалар ўлчами 100 мкм дан катта бўлган газсимон турли жисмли системаларни ажратиш учун мўлжалланган. қурилманинг тозалаш даражаси - 30...40%.

ҳозирги кунда ушбу турдаги қурилмалар қўполлиги ва самадорлиги паст бўлгани учун замонавий ва мукамал тозалаш қурилмалари билан алмаштирилмоқда.

#### **Инерцион ва марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш**

Инерция кучлари остида газларни тозалаш қайтарувчи тўсиқли тиндиргич ва марказдан қочма кучлар таъсирида ишлайдиган циклонлар конструкцияси асосида ётибди.

**Қайтарувчи тўсиқли тиндиргич** йирик дисперсли чангларни ажратиш учун мўлжалланган (3-расм). Қайтарувчи тўсиқлар газ оқимини уюрмаланиши учун хизмат қилади. Тўсиқлардан ўтиш пайтида ҳосил бўладиган инерция кучлари қаттиқ заррачаларни интенсив чўкишига сабабчи бўлади. Йиғич 2 га тўпланган қаттиқ заррачалар шибар 3 ёрдамида чиқариб юборилади. Бундай қурилмалар газ ўтказиш системаларида ўрнатилади. Инерция кучлари асосида ишлайдиган чанг тозалаш қурилмаларининг тузилиши содда ва ихчам. Тозалаш даражаси 60%, чўктирилаётган заррачалар ўлчами 25 мкм ва ундан юқори.



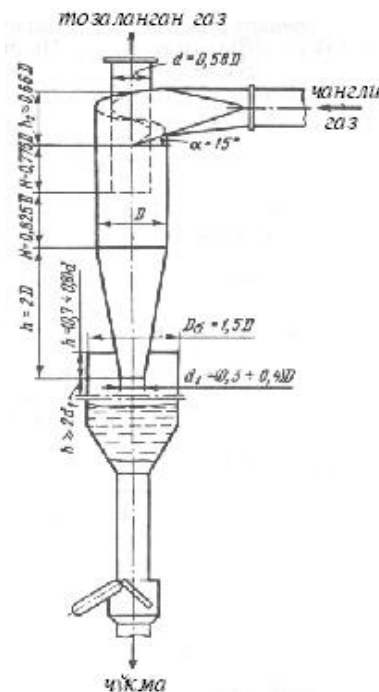
3-расм. Қайтарувчи тўсиқли тиндиргич.

1 - қайтарувчи тўсиқлар; 2 - чанг йиғич; 3 -

**Циклонлар** марказдан қочма кучлар майдонида чанглари тозалаш имконини беради. Машинасозлик корхоналарида қобигининг диаметри 100...1000 мм ли циклонлар тайёрланади. Уларнинг ишлаш самарадорлиги ажратиш коэффициентини билан характерланади. Чанглари тозалаш даражаси циклон конструкцияси, заррача ўлчами ва зичлигига боғлиқ.

Масалан, 25 мкм ли заррачалар чўктирилаган бўлса, циклоннинг ф.и.к. 95 % ни ташкил этади, лекин заррача диаметри 10 мкм бўлса, ф.и.к. 70% гача камаяди.

Циклон кичик гидравлик қаршилик ва нисбатан юқори тозалаш даражасига эга бўлган цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат қурилмадир (4-расм).



4-расм. НИИОГаз циклони.

Чангли газ тангенциал йўналишда 10...40 м/с тезликда циклоннинг кириш патрубкиси орқали киритилади. Тангенциал кириш ва қурилманинг ичида

марказий чиқариш трубаesi борлиги учун газ оқими пастга спиралсимон айланма ҳаракат қилади. Бу эса ўз навбатида марказдан қочма куч ҳосил бўлишига олиб келади. Ушбу куч таъсирида газ оқимидаги қаттиқ заррачалар циклоннинг ички деворига улоқтириб ташланади, деворга урилиб кинетик энергиясини йўқотади ва оғирлик кучи таъсирида қурилма тубига қараб тўкилади. Циклоннинг пастки конуссимон қисмида газ оқими инерция кучи таъсирида спиралсимон ҳаракат йўналишини давом эттиради ва конус диаметри камайиб бориши сабабли юқорига қараб йўналган оқим пайдо бўлади. Бу оқим тозаланган газ бўлиб, марказий труба орқали циклондан ташқарига чиқиб кетади.

Циклонларнинг аниқ ҳисоби жуда мураккаб бўлгани учун гидравлик қаршилик  $\Delta p$  параметри бўйича соддалаштирилган ҳисоблар қилинади.

Циклоннинг цилиндрик қисмидаги газнинг сохта тезлиги  $w_\phi$  (м/с) қуйидаги формула ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$w_\phi = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_z \cdot \xi}} \quad (2)$$

бу ерда  $\Delta p/\rho_z$  - ажратиш фактори;  $\xi$  - гидравлик қаршилик коэффициенти.

4-расм келтирилган циклонлар учун  $\Delta p/\xi = 500...700 \text{ м}^2/\text{с}^2$ .

Циклон диаметри  $D$  (м) ушбу формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_{\phi}}} \quad (3)$$

Циклоннинг цилиндрик қисми диаметри  $D$  аниқлангандан сўнг, қолган ўлчамлари ҳисобланади, чунки ҳамма ўлчамлар циклон диаметри  $D$  нинг функциясидир.

Газларни тозалаш даражасини ошириш учун циклон диаметрини камайтириш ёки газ оқими тезлигини ошириш зарур.

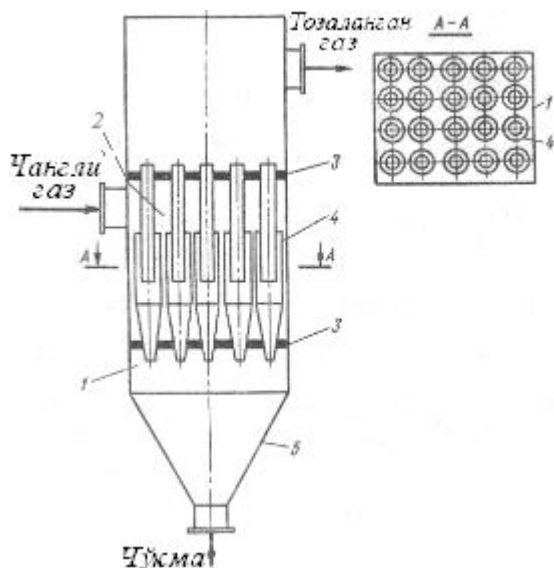
НИИОГ газ циклонда газсимон турли жинсли системаларни тозалаш даражаси 30...85% га тенг. Лекин, газ таркибидаги заррачалар ўлчами ортиши билан газларнинг тозаланиш даражаси 90...95% гача ўсиши мумкин.

**Батарейали циклон** бир қанча параллел уланган кичик диаметрли (150...250мм) циклонлардан ташкил топган (5-расм). Циклон элементлари диаметрининг кичиклиги, марказдан қочма куч ва чўкиш тезлигини ошириш имконини беради. Кичик ўлчамли циклонлар қурилмадаги иккита тўсикга маҳкамланади.

қурилмага кириш патрубкеси орқали юборилган чанг газ тақсимлаш камерасига киради ва у ердан барча циклон элементларга бир хилда тарқалади. Сўнг, элементларга газ тангенциал йўналишда эмас, балки уларнинг тепасидан циклон қобиғи ва марказий чиқиш трубаси орасидаги ҳалқасимон бўшлиққа юборилади. Ушбу ҳалқасимон бўшлиқда оқимга спиралсимон айланма ҳаракат йўналишини таъминлаш учун у ерга винтли паррақлар ўрнатилади (6-расм).

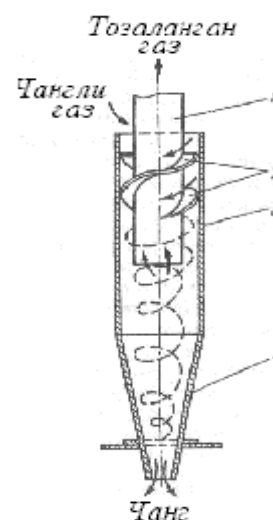
Циклон элементларидан ўтиб тозаланган газлар марказий труба 1 орқали умумий камерага йиғилади ва чиқиш штуцеридан ташқарига узатилади.

ҳамма циклон элементларида ушланиб қолинган қаттиқ заррачалар батарейали циклоннинг



5-расм. Батарейали циклон.

1 - қобиқ; 2 - газ тақсимлаш камераси;



6-расм. Батарейали циклон элементи.

1 - марказий чиқиш трубаси; 2 – винтли паррақлар; 3 - қобиқ; 4 - конуссимон тўб.

пастки қисми 5 да тўпланади ва ундан сўнг ташқарига тўкилади.

Агар бир нечта қатта циклонларни иқтисодий жиҳатдан қўллаш мақсадга мувофиқ бўлмаса, газлар сарфи қатта жараёнларда батарейали циклонлар ишлатилади. Циклонларда ўлчами 10 мкм ва ундан кам бўлган қаттиқ заррачаларни чўктириш тавсия этилади. Батарейали циклонларнинг тозалаш даражаси 65...85% ( $d = 5$  мкм ли заррачалар учун), 85...90% ( $d = 10$  мкм ли заррачалар учун) ва 90...95% ( $d = 20$  мкм заррачалар учун).

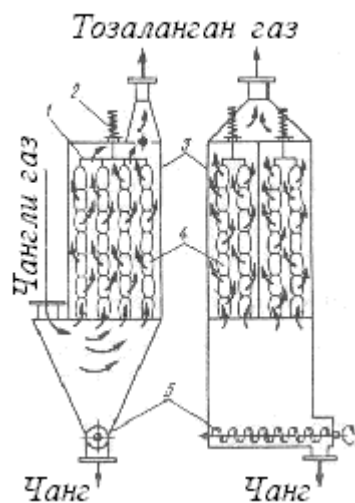
#### Газларни ғовакли тўсиқларда тозалаш

Фильтрловчи тўсиқ турига қараб эгилувчан, ярим қаттиқ, қаттиқ ғовак тўсиқли ва донатор қатламли фильтрлар бўлади.

**Юмшоқ фильтрловчи тўсиқли фильтрларга** энгли ёки қоғозли фильтрлар киради ва улар газларни тозалаш учун кенг миқёсда қўлланилади. Фильтрловчи тўсиқ сифатида табиий, синтетик

ва минерал толалар (тўқима материаллар), ғовак листли материаллар (ғовакли резина, пенополиуретан) ва металл тўқималар ишлатилади.

**Батарейли энгли филтър.** Бу турдаги қурилмаларнинг филтърловчи элементи тўқима материалдан ясалади (7-расм). Филтърловчи энг ва қоплар 4 тўртбурчак шаклидаги қобик 3 нинг умумий роми 1 га осилиб қўйилади. Пастдан юқорига қараб ҳаракат қилаётган чангли газ филтърловчи энгларнинг учидаги очик тешикдан ичига киради. Сўнг, цилиндр энгларининг ён томон юзасидан ўтаётганида газ тозаланиб чиқиб кетади, қаттиқ заррачалар эса энгнинг ички деворида ушланиб қолади.



7-расм. Энгли филтър.

1 - ром; 2 – силкитувчи механизм;

Фойдаланиш жараёнида чанг қатлами ортиб боради ва филтърнинг қаршилиги катталашади. Филтър энгларини қайта тиклаш учун вақти – вақти билан механизм 2 ёрдамида силкитиб туриш зарур. Шунда, энглар юзасида ўтириб қолган чанглар тўкилади ва шнек 5 ёрдамида ташқарига чиқарилади. Баъзи бир ҳолларда энгларни қайта тиклаш учун филтър элементлар сиқилган ҳаво ёки газ ёрдамида қарама - қарши йўналишда пуфлаб тозаланади. Баъзи ҳолларда секцияли филтърлар ҳам ишлатилади. Бунда ҳар секция ўзининг силкитувчи механизмига эга бўлади. Бу эса, филтър секцияларни кетма - кет

тозалаш имконини беради, яъни филтър қурилмани тўхтатмасдан филтър элементларини қайта тиклаш жараёнини амалга оширса бўлади.

Узлуксиз ишлайдиган энгли филтърларнинг филтърлаш тезлиги  $0,007...0,017 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  га тенг. Лекин, филтърловчи тўқималар узлуксиз равишда қайта тикланиши туфайли филтърлаш тезлиги  $0,05...0,08 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  гача ортади.

Энг кенг тарқалган энгил филтърларнинг гидравлик қаршилиги  $1,5...2,5 \text{ кН/м}^2$  ( $150...250 \text{ мм. сув уст.}$ ).

Агар энгли филтърлардан тўғри фойдаланилса, газларни майин, дисперс чанглардан тозалаш даражаси  $98...99\%$  ни ташкил этади.

Энглар табиий, синтетик ва минерал материаллардан тайёрланади. Масалан,  $80^\circ\text{C}$  дан паст температураларда пахта, бўздан,  $110^\circ\text{C}$  дан паст температураларда жундан,  $130...140^\circ\text{C}$  да полиамид, полиэтилен, полиакрилонитрил толаларидан,  $275^\circ\text{C}$  гача политетрафторэтилен ва фторопластдан,  $400^\circ\text{C}$  гача шиша толаларидан ясалган филтърловчи энглар ишлатилади.

Камчиликлари: энглар тез ишдан чиқади ва каналлари тўлиб қолади; юқори температурали ва нам газларни тозалаш мумкин эмас.

#### **Газларни суюқлик билан ювиб тозалаш.**

Чангли газларни тозалаш учун уларни сув ёки бошқа суюқликлар ёрдамида ювиб, қаттиқ заррачалардан тозаланади. Бу усул газларни совитиш ва намлаш рухсат этилган, ҳамда қаттиқ заррачалар қиммати бўлмаган ҳолларда қўлланилади. Маълумки, газлар совутилганда сув буглари конденсацияланиб, заррачалар намланади ва уларнинг зичлиги ортади. Натижада қаттиқ заррачалар газдан осон ажралади. Бунда, заррачалар конденсацияланиш марказлари вазифасини бажаради. Агар, заррачалар суюқлик билан ҳўлланмаса, унда бу турдаги қурилмаларда газларни тозалаш самарасиздир. Бундай ҳолларда газларни тозалаш даражасини ошириш учун суюқлик таркибига спирт – сиртий фаол моддалар қўшилади, яъни суюқликнинг ҳўллаш қобилияти оширилади.

Суюқлик билан ювиб тозаловчи қурилмаларда, уларнинг конструкциясига қараб, газларни тозалаш даражаси  $60$  дан  $85\%$  гача бўлади. Бу турдаги қурилмаларнинг асосий камчилиги шундаки, тозалаш жараёни ўтказилиши натижасида оқава сувлар ҳосил бўлишидир. Маълумки, оқава сувлар ҳам ўз навбатида тозаланиши керак.

### Текшириш учун саволлар:

1. Газларни қандай тозалаш усуллари бор?
2. Оғирлик кучи ёрдамида тозалаш қандай амалга оширилади?
3. Енгли фильтрнинг авзаллиги ва камчилига.

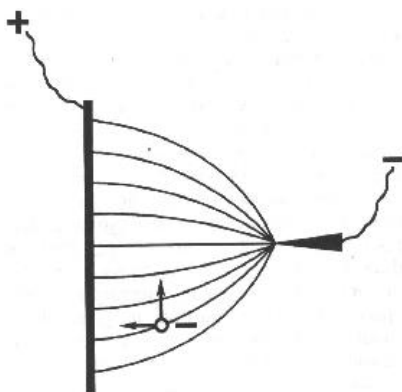
## 16 –МАЪРУЗА ЭЛЕКТРОСТАТИК КУЧЛАР ТАЪСИРИДА ЧЎКТИРИШ.

### РЕЖА:

- 1.Электр майдон таъсирида газларни тозалаш тўғрисида тушунча
- 2.Нурланувчи ва чўктирувчи электрод.
- 3.Электрофильтрлар турлари ва конструкциялари.

**Жараённинг физик асослари.** Электр майдон таъсирида газларни тозалаш электр разряди ёрдамида газ молекулаларининг ионизация қилинишига асосланган.

Агар, газ юқори кучланишли ўзгармас токга уланган икки электрод орасида ҳосил бўлган электр майдонига газ юборилса, унинг молекулалари ионизацияга учрайди, яъни мусбат ва манфий зарядланган заррачаларга ажрайди. Натижада улар куч чизиклар йўналишида ҳаракат қилиб бошлайди. Зарядланган заррача тезлигининг вектор йўналиши, унинг мусбат ёки манфийлигига боғлиқ бўлса, ҳаракат тезлиги эса - электр майдони кучланганлиги билан белгиланади.



1-расм. Электр майдон куч

Агар электр майдон кучланганлигини 10000В дан оширсак, ион ва электронлар кинетик энергияси шунчалик катталашадики, ҳаракат йўлида учраган газнинг барча нейтрал молекулаларини мусбат ион ва эркин электронларга парчалайди. Янгидан ҳосил бўлган зарядлар ҳам ўз ҳаракат йўналишида газларни ионизацияга дучор қилади. Натижада тўхтовсиз равишда ион ҳосил бўлади ва ҳамма газ ионизацияланади. Бундай жараён **зарбали ионизация** деб номланади.

Газ тўлиқ ионизацияга учраганда, электродлар орасида электр разряди пайдо бўлиши учун шароитлар яратилади. Агар, электр майдон кучланганлиги янада оширилса, учкун сакраб ўтиши, кейин эса электр ўтиши ва электродлар қисқа туташуви бўлиши мумкин. Бундай ҳодисалар олдини олиш учун турли жинсли электр

майдони ҳосил қилинади.

Бунинг учун, труба ўқидан ёки икки параллел пластиналар орасида тортилган ингичка симлар кўринишида электрод ясалади.

Сим олдида электр майдон кучланганлиги жуда юқори бўлиб, труба ёки пластина томонга яқинлашган сари камайиб боради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, труба ёки пластина олдидаги майдон кучланганлиги шундайки, учкун ва электр ўтиш ҳодисалари рўй бермайди.

Тўлиқ ионизацияга оид майдон кучланганлигида электродлар орасида "тожли" разряд ҳосил бўлади. Бунда бутунлай ионизацияга учраган газ қатлами чўғланиб, нур ва чарсилланган овоз чиқаради. "Тож" ҳосил қиладиган электрод **"тожли" электрод** деб номланади. Труба ёки пластина кўринишидаги қарама - қарши зарядланган электрод - **чўктирувчи электрод** деб аталади.

"Тожли" электрод манфий, чўктирувчи эса - мусбат қутбга уланади. Бундай ҳолатларда электродларга жуда юқори кучланиш бериш мумкин. "Тож" ҳосил бўлиши билан иккала ишорали ион ва эркин электронлар пайдо бўлади. Электр майдон кучланганлиги таъсирида ионлар "тожли" электрод томон ҳаракат қилади ва унда нейтралланади.

Манфий ион ва эркин электронлар чўктирувчи электрод томон йўналади. Йўл-йўлакай чанг ва томчилар билан тўқнашиб, уларга ўз зарядини ўтказади ва чўктирувчи электрод томон олиб



кетади. Натижада чанг ёки туман заррачалари шу электродда чўкади. Газдаги чанг заррачаларининг асосий қисми манфий зарядланади, чунки мусбат ионларга қараганда ҳаракатчан манфий электрон ва ионлар чўктирувчи электродга етгунча катта масофани босиб ўтади. Шунинг учун ҳам, газдаги заррачалар билан уларнинг тўқнашиши эҳтимоли катта. Фақат "тожли" электрод атрофидаги мусбат зарядланган ионлар билан тўқнашганда, чанг ёки туман заррачаларининг кичик бир қисми "тожли" электродда чўкади. Манфий зарядланган ионлар, чанг ёки туман заррачалари чўктирувчи электродга етганда, унга ўз зарядини беради ва оғирлик кучи таъсирида чўкади. Бундай чўктириш жараёни электрофильтрада олиб борилади.

Электродларга ўтириб қолган чанг заррачаларининг зарарли таъсирини камайтириш мақсадида, вақти-вақти билан электродларга ўтириб қолган заррачалар силкитиб туширилади ёки электрофильтрага киритилишдан аввал чангли газ намланади (ўтказувчанлигини ошириш учун). Лекин, газнинг температураси шудринг нуқтасидан пасайиб кетиши мумкин эмас.

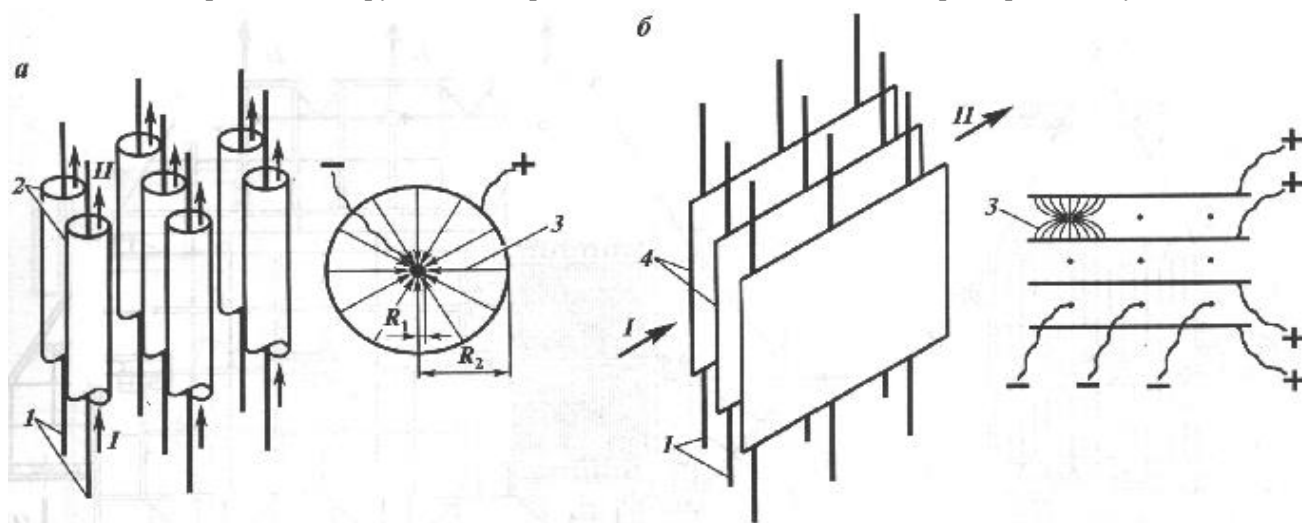
Чангли газлар таркибидаги қаттиқ заррачаларни электр майдони таъсирида тозалаш, бошқа усулларга қараганда кўпгина афзалликларга эга. Чўктириш қурилмаларида, яъни циклон, энгли фильтр, скрубберларда оғирлик ва марказдан қочма куч таъсирида майда заррачаларни ажратиб бўлмайди.

Турли жинсли газ аралашмаларини электр майдон таъсирида ажратиш электродларда амалга оширилади. Чанг ва тутунларни тозалаш учун қуруқ, туманларни тозалаш учун эса - ҳўл электрофильтрлар қўлланилади.

**Оддий электрофильтр** - иккита электроддан иборат бўлиб, биттаси - анод- труба ёки пластина, иккинчиси эса - катод - сим кўринишида тайёрланади. Катод - сим труба ичига ёки пластина анодлар орасига тортилади. Анодлар ҳар доим ерга уланади.

Электродлар ўзгармас ток манбасига уланганда 4...6 кВ/см га тенг потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Бу қиймат катоднинг 1 м узунлигида 0,05...0,5 мА ток зичлигини таъминлайди.

Газли аралашма трубали-электрод ичига ёки пластиналар орасига узатилади.



2-расм. Трубали (а) ва пластинали (б) электродлар.

1-«тожли» электрод; 2-чўктирувчи трубали электрод; 3-куч йўналишлари;

Электродлардаги юқори потенциаллар фарқи ва электр майдонининг турли жинслилиги туфайли манфий электрод-катод атрофидаги газ қатламида анодга қараб йўналган электронлар оқими ҳосил бўлади. Натижада газ нейтрал молекулаларининг электронлар билан тўқнашуви туфайли газ ионизацияга учрайди. Ионизация ўз навбатида газни мусбат ва манфий ионлар ажралишига олиб келади. Мусбат ионлар катод, манфийлари эса катта тезликда анод томон ҳаракат қилади. Одатда, чанг ва туман заррачалари анодга чўкади ва уни чўкма қатлами билан қоплайди. Электр майдони таъсирида чўктириш тезлиги секундига бир неча сантиметрдан бир неча ўнлаб сантиметргача ораликда бўлади. Чўктириш тезлиги заррача ўлчами ва газнинг гидравлик қаршилигига боғлиқ.

Электр майдонида заррачаларнинг чўкиш тезлигини аниқлаш учун жараён ламинар режимда амалга ошади деб қабул қиламиз.

Электр майдони зарядланган заррачага  $F = ne_0E_x$  (бу ерда  $n$  - заррача олган заряд;  $e_0$  - элементар заряд катталиги;  $E_x$  - катод ўқидан  $x$  масофадаги электр майдон потенциали градиенти)

куч билан таъсир этади.

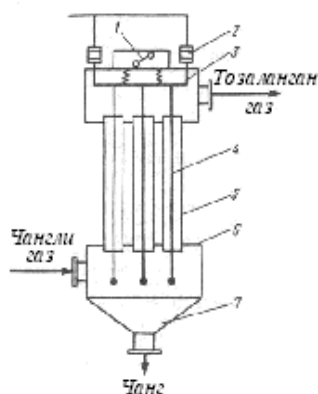
Электр майдон таъсирида заррачанинг чўкиш тезлиги ушбу тенгламадан аниқланади:

$$w_v = \frac{ne_0 E_x}{3\pi d\mu} \quad (1)$$

Заррачанинг чўкиш давомийлиги:

$$\tau_v = \int_r^R \frac{d_x}{w_v} \quad (2)$$

бу ерда:  $R$  - катод ўқидан анод ўқигача бўлган масофа;  $r$  - катод радиуси.



3-расм. Трубали электрофильтр.

1 - силкитувчи мослама; 2 – изолятор;

3 - ром; 4 - "тож" ҳосил қилувчи электрод; 5

фильтрнинг тепа қисмидаги штуцердан атроф муҳитга чиқариб юборилади.

ҳозирги кунда, бир нечта кетма - кет уланган секциялардан газ ўтадиган секцияли электрофильтрлар яратилган.

Одатда, трубалар диаметри 150...300 мм ва узунлиги 3...4 м қилиб ясалади. Трубалар ичида тортилган симлар диаметри 1,5...2,0 мм.

Газларнинг тозаланиш даражаси 99%, айрим ҳолларда 99,9% ни ташкил этади.

**Пластинали электрофильтрларда** анод вазифасини пластиналар, катодни эса - пластиналар орасига тортилган симлар бажаради. Электрофильтрларда газларни тозаланиш даражаси, чангларнинг электр ўтказувчанлигига боғлиқ.

Агар, заррачалар электр токини яхши ўтказса, унда заррачалар зарядини бир зумда беради ва электрон зарядини эгаллайди. Бунда, бир - биридан қочиш Кулон кучи ҳосил бўлиб, филтрдан газ билан заррачалар учиб кетишга олиб келади ва тозаланиш даражасини камаяди.

Агар, заррачалар электр токини ёмон ўтказса, унда электродда манфий зарядланган заррачалардан иборат зич қатлам ҳосил бўлиб, асосий электр майдонга қарши таъсир қилади.

Газ таркибидаги заррачалар концентрацияси юқори бўлганда ҳам, газнинг тозаланиш даражаси паст бўлади. Чунки, ионларнинг заррачаларда чўкиши, олиб ўтилган зарядлар сонини камайишига сабабчи бўлади. Демак, ток кучи ҳам пасаяди.

Газ таркибидаги заррачалар концентрациясини пасайтириш учун электрофилтрдан олдин кўшимча газ филтрлар ўрнатилади.

Пластинали электрофильтр электродларига чўкган чанглар трубали филтрникидан осонроқ тозаланади ва сим узунлиги бирлигига камроқ энергия ишлатади. Ундан ташқари, бу филтрлар ихчам, кам металл сарфлайди ва йиғилиши осон.

Агар, электродлар сони ва қурилманинг қўндаланг кесими маълум бўлса, электрофильтрларни ҳисоблаш унинг "тожли" электродининг узунлигини аниқлашдан иборат

бўлади.

Электрофильтрадаги ток миқдори  $I = iL$  га тенг бўлиб, бу ерда  $i$  - ток зичлиги;  $L$  - электрод узунлиги.

қуйида келтирилган тенгламадан потенциалнинг критик градиенти топилади:

$$E_k = 31 + 9,54 \sqrt{\frac{\sigma}{r}} \quad (3)$$

бу ерда:  $\sigma$  - босим 0,1 МПа да ушбу шароитдаги ҳаво зичлигининг 25°C температурадаги зичлигига нисбати.

Агар, электродлар орасидаги масофани билсак, электродлардаги потенциаллар фарқини топиш мумкин.

Газларни тозаланиш даражаси ушбу умумий формула ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$\eta_g = 1 - \frac{x_2}{x_1} = 1 - e^{-wf} \quad (4)$$

бу ерда:  $x_1$  ва  $x_2$  - электрофильтрларга кираётган ва ундан чиқаётган газларда қаттиқ заррачалар концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  - электрод юзасига қараб ҳаракат қилаётган зарядланган заррача тезлиги, м/с;  $f$  - солиштирма чўкиш юзаси, м<sup>2</sup>/(м<sup>3</sup>/с).

Трубали электрофильтрлар учун:

$$f = \frac{2l}{rw} \quad (5)$$

Пластинали электрофильтрлар учун:

$$f = \frac{l}{hw} \quad (6)$$

бу ерда:  $l$  - труба ёки пластина узунлиги, м;  $r$  - чўктириш электроди трубасининг радиуси, м;  $h$  - чўктирувчи ва «тожли» электродлар орасидаги масофа, м;  $w$  - электрофильтрларда газнинг тезлиги, м/с.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Электромайдон таъсирида газлар қандай тозаланади?
2. Нурланувчи ва чўктирувчи электрод нима?
3. Трубали электрофильтр қандай ишлайди?

## 10 –МАЪРУЗА ФИЛТРЛАШ ЖАРАЁНИ.

#### РЕЖА:

1. Филтрлаш турлари. Филтр тўсиқлар.
2. Филтрлаш тезлиги ва тенгламаси.
3. Филтр конструкциялари.

## Фильтрлаш жараёнининг назарий асослари

Фильтр тўсиқнинг пастки ва тепа қисмларидаги босимлар фарқига ёки марказдан қочма қучга фильтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи деб айтилади.

Босимлар фарқини турли усуллар: фильтр тўсиқнинг тепа бўшлиғида ортиқча босим барпо этиш ёки пастки қисмини вакуум трубага улаш йўли билан ҳосил қилиш мумкин. Бундай ҳолатларда фильтрлаш ўзгармас босимлар фарқида боради ва жараён тезлиги босимлар фарқига тўғри ва чўкма қатлами қаршилиғига тескари пропорционалдир.

Фильтрлаш жараёни эса қуйидаги кинетик тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu(R_u + R_{\phi m})} \quad (1)$$

бу ерда  $V$  - филтрат ҳажми,  $m^3$ ;  $F$  - фильтрлаш юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$  - фильтрлаш вақти, с;  $\Delta p$  - босимлар фарқи,  $N/m^2$ ;  $\mu$  - динамик ковушоқлик,  $Pa \cdot s$ ;  $R_u$ ,  $R_{\phi m}$  – чўкма ва фильтр тўсиқлар қаршилиғи,  $m^{-1}$ .

1  $m^3$  филтрат олинганда  $x_u$  ( $m^3$ ) миқдорда чўкма ҳосил бўлади деб қабул қиламиз. Унда,

$$x_u \cdot V = h_u F \quad (2)$$

бу ерда  $h_u$  – чўкма қатлами баландлиги, м.

Бу формуладан:

$$h_u = \frac{x_u \cdot V}{F}$$

Чўкма қатламининг қаршилиғи унинг баландлиғига пропорционал деб фараз қиламиз.

$$R_0 = r_0 h_0 = \frac{r_0 x_u V}{F} \quad (3)$$

бу ерда  $r_0$  – чўкманинг солиштирма қаршилиғи,  $m^{-2}$ .

Агар (3) ни (1) га қўйсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \cdot \left( \frac{r_u x_u V}{F} + R_{\phi m} \right)} \quad (4)$$

(4) тенглик фильтрлаш жараёнининг асосий тенграмаси деб аталади.

Фильтр тўсиқ қаршилиғи ҳисобга олинмаса, қуйидаги тенглама ҳолатига келамиз

$$r_u = \frac{\Delta p}{\mu h_u \cdot w} \quad (5)$$

бу ерда  $w$  - фильтрлаш тезлиги.

Фильтрлаш жараёнининг бошланғич фурсати учун, яъни  $V = 0$  да,  $R_{\phi m} = \Delta p / (\mu w)$ .

$\Delta p = const$  бўлган ҳолат учун (4) тенграмани интегралласак ( $0 - V$  ва  $0 - \tau$  ораликда), ушбу тенглама келиб чиқади:

$$V^2 + 2 \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_0 x_u} \cdot V = 2 \frac{\Delta p F^2}{\mu r_u x_u} \cdot \tau \quad (6)$$

Олинган ушбу тенглама сикиладиган ва сикилмайдиган чўкмалар учун кўлласса бўлади ва у фильтрат ҳажми ортиши билан филтрлаш тезлиги камайишини кўрсатади.

(6) тенгламани филтрлаш вақти  $\tau$  га нисбатан ечсак, ушбу ифодага эришилади:

$$\tau = \frac{\mu x_c r_c}{2\Delta p} \left( \frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot V}{\Delta p \cdot F} \quad (7)$$

ёки (5) ни ҳисобга олсак

$$\tau = \frac{\mu r_c}{2\Delta p x_c} h_c^2 + \frac{R_{\phi m}}{\Delta p x_c} h_c \quad (8)$$

Шундай қилиб, филтрлаш вақти олинган фильтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционалдир.

Охирги тенгламани филтрнинг солиштира иш унумдорлиги ( $V_f = V/F$ ) га нисбатан ечсак, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$V_f = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\mu x_c r_c} \tau + \left( \frac{R_{\phi m}}{\mu x_c r_c} \right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{\mu x_c r_c} \quad (9)$$

Ўзгармас тезлик  $w = \text{const}$  ҳолат учун (9) дан ушбу тенгламани оламиз:

$$V^2 \mu x_c r_c + R_{\phi m} V F \mu = \Delta F^2 \tau \quad (10)$$

ёки

$$V^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_c x_c} V = \frac{\Delta p F^2}{\mu r_c x_c} \tau$$

бу тенгламадан:

$$\Delta p = \mu x_c r_c \left( \frac{V}{F} \right)^2 \frac{1}{\tau} + \mu R_{\phi m} \left( \frac{V}{F} \right) \frac{1}{\tau} \quad (11)$$

ёки

$$\Delta p = \mu x_c r_c w^2 + \mu R_{\phi m} w$$

Шундай қилиб, филтрлаш вақти ортиши билан босимлар фарқи кўпаяди:

$$\tau = \frac{\mu x_c r_c}{\Delta p} \left( \frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi m}}{\Delta p} \frac{V}{F} \quad (12)$$

яъни олинган фильтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционал.

Филтрнинг солиштира иш унумдорлиги ( $m^3/m^2$ ):

$$V_f = \sqrt{\frac{\Delta p}{\mu x_c r_c} \tau + \left( \frac{R_{\phi m}}{2\mu x_c r_c} \right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{2\mu x_c r_c} \quad (13)$$

Амалда чўкма ҳажмининг фильтрат ҳажмига нисбати  $x_c$ , чўкма қатламининг солиштира ҳажмий қаршилиги  $r_c$  ва филтр тўсиқ қаршиликлари тажриба йўли билан аниқланади.

Агар  $F = 1 m^2$  бўлган ҳол учун (13) тенгламани ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$V^2 + 2CFV = 2KF^2\tau \quad (14)$$

бу ерда  $C$  - фильтр тўсиқ гидравлик қаршилигини характерловчи фильтрлаш константаси,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $K$  - фильтрлаш режими ва суюқликдаги чўкманинг физик-кимевий хоссаларини ҳисобга олувчи фильтрлаш константаси,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

$$C = \frac{R_{\phi m}}{r_{\phi} \cdot x_{\phi}} \quad (15)$$

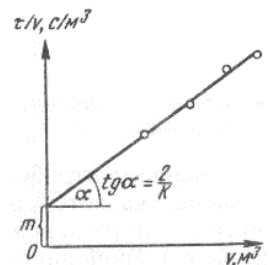
$$K = \frac{2\Delta p}{\mu r_{\phi} x_{\phi}} \quad (16)$$

Агар, (14) тенгламага ўзгартириш киритсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\tau}{V} = \frac{2V}{K} + \frac{2C}{K} \quad (17)$$

Кўриниб турибдики, (17) тенглик абсциссага  $\alpha$  қия бурчак остида жойлашган тўғри чизик тенгламаси. Ушбу бурчак тангенси  $\text{tg } \alpha = 2/K$  тенг ва у ордината ўқида  $m = 2C/K$  кесмани ажратади (2-расм).

Ушбу тўғри чизикни қуриш учун абсцисса ўқида ўлчанган  $V_1, V_2, \dots, V_n$  қийматлари, ордината ўқида эса -  $\tau_1/V_1, \tau_2/V_2, \dots, \tau_n/V_n$  ларнинг тегишли қийматлари қўйилади.



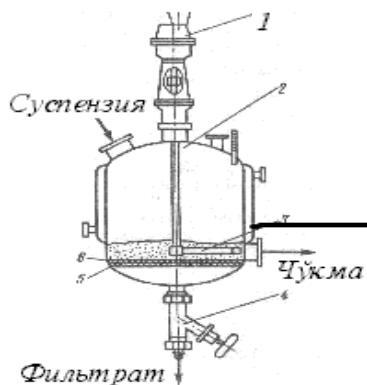
2-расм. Фильтрлаш

### Фильтрлар конструкциялари.

Ишлаш принципига қараб, фильтрлар қуйидагиларга бўлинади: ўзгармас босимлар фарқи ёки ўзгармас фильтрлаш тезлигида ишлайдиган фильтрлар; фильтр тўсиқда ҳосил қиладиган босимлар фарқига қараб, вакуум ёки ортикча босим остида ишлайдиган қурилмалар; жараёни ташкил этишга қараб, узлукли ёки узлуксиз ишлайдиган қурилмалар.

Босим остида ишлайдиган қурилма бир неча турга, яъни гидростатик босим, насос ёки компрессор ёрдамида ҳосил қилинган, вакуум ва марказдан қочма куч таъсирида ҳосил бўлган босимларда ишлайдиган фильтрларга бўлинади.

Технологик мақсадларга қараб, қурилмалар икки турга бўлинади: а) суюқликларни тозалаш фильтрлари; б) газларни тозалаш фильтрлари.

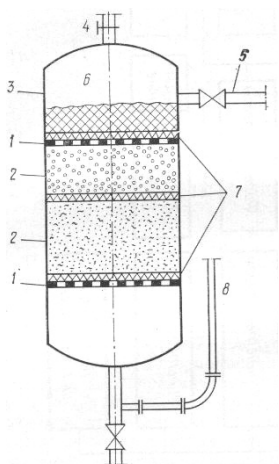


**4-расм. Аралаштиргичли нутч - фильтр.**

1-узатма; 2-фильтр қобиғи; 3-аралаштиргич; 4-

Фильтр тўсиқларнинг турига қараб, донасимон материаллар, турли газламалар ва қаттиқ материаллар (керамика, тўр) ёрдамида турли жинсли системаларни тозалайдиган **фильтрларга** бўлинади.

**Қумли фильтр.** Бу қурилма донасимон материалли фильтрлар гуруҳига оид (3-расм).



**3-расм. Қумли фильтр.**

1 - турли дисклар; 2 - қум; 3 - қобик;  
4 - ҳаво жўмрағи; 5 - суспензия  
кириш труба; 6 - пахта; 7 -  
фильтрловчи тўқима;

**Нутч - фильтр** вакуум ёки ортиқча босим остида ишлаши мумкин

(4-расм). Чўкмани чиқариб ташлаш учун фильтрга бир парракли аралаштиргич ўрнатилган.

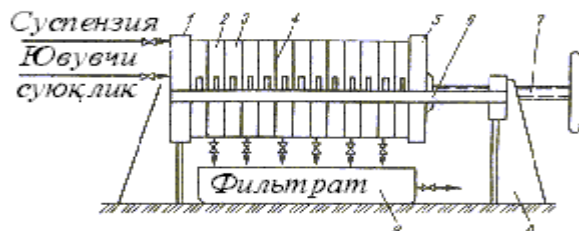
Суспензия ва сиқилган ҳаво алоҳида штуцерлар орқали узатилади. Олинган фильтрат эса, тўқиш жумрағи 4 орқали чиқарилади. Ундан ташқари, фильтрга сақловчи жўмрак ҳам ўрнатилган.

Фильтрнинг иш цикли қуйидаги босқичлардан иборат: суспензия билан тўлдириш; босим остида фильтрлаш; фильтр тўсиқдан чўкмани тушириш; фильтр тўсиқни қайта тиклаш. Бундай фильтрларда чўкмани ювиш жараёнини ҳам бир вақтда ўтказса бўлади.

Суспензияларни фильтрлаш пайтида фильтр тўсиқ сифатида картон, бельтинг ва синтетик толаларни қўллаш мумкин. Синтетик толаларнинг афзаллиги шундаки, улар юқори механик мустаҳкамлик, термик ва кимёвий чидамлилиқка эга. Синтетик толалардан, зичлиги аста - секин ўзгарадиган, фильтр тўсиқлар тайёрлаш мумкин.

Бундай фильтр қаттиқ фаза миқдори кам бўлган суспензияларни фильтрлашда жуда қўл келади, чунки заррачалар унинг бутун баландлиги бўйлаб чўқади. Фильтрнинг ташқи қатламида йирик, ички қатламларида эса майда заррачалар ушланиб қолади. Бундай селектив фильтрлаш жараён тезлиги юқори бўлиши, ковакчалар юзасини тўлиб қолиш олдини олади ва фильтрнинг хизмат муддатини узайтиради.

**Ромли фильтр - пресс.** Бундай фильтрлар суспензиялар (масалан: вино, пиво, сут маҳсулотлар) ни тозалаш учун қўлланилади (5-расм).



**5-расм. Ромли фильтр-пресс.**

1 - таянч плита, 2 - ром; 3 -плита; 4 - фильтр тўсиқ; 5 - ҳаракатчан плита; 6 - горизонтал йўналтирувчи; 7 - вилт.

Бу турдаги фильтрлар суспензия таркибиде қаттиқ фаза миқдори кам бўлган ҳолларда, яъни озиқ-овқат саноатида сувни фильтрлаш ва ликер-ароқ корхоналарида кенг қўламда ишлатилади.

Фильтрнинг цилиндрик қобиғида иккита тўрли диск бўлиб, улар қурилмани 3 қисмга ажратади: юқори - суспензия оқиб қирувчи, ўрта - фильтрловчи ва қуйи - йиғувчи. Иккала диск орасида фильтрловчи қум қатлами жойлашган бўлиб, у йирик ва майда фракциялардан иборат бўлади. Фракциялар фильтр тўқима билан ажратилган. Юқори ва қуйи дисклар ҳам фильтр тўқима билан қопланган бўлади. Фильтрланувчи суюқлик 0,02...0,03 МПа босимда қурилма тепасидан юборилади, фильтрат эса пастки қисмдан чиқарилади.

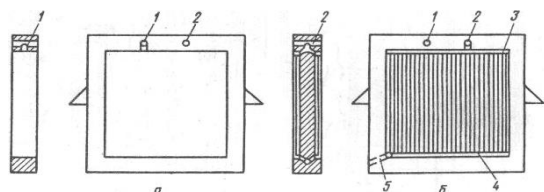
Фильтрлаш тезлиги 250...750 кг/(м<sup>2</sup>·соат).

Ушбу фильтр тузилиши содда, фильтрлаш сифати эса - юқори.

Лекин, ҳажм бирлигида фильтрловчи юза кам ва жараён тезлиги паст бўлгани учун, фильтрнинг иш унумдорлиги жуда кичик. Ундан ташқари, фильтр - қумни алмаштириш қийин ва кўп вақт талаб қилади.

Фильтрловчи блок орасида фильтр тўқима ёки картон жойлашган алмашувчи ром ва плиталардан ташкил топган. Ром ва плиталар йўналтирувчи 6 да сиқувчи винт 7 ёрдамида қисиб қўйилади. Одатда фильтр металл станина 8 да ўрнатилади.

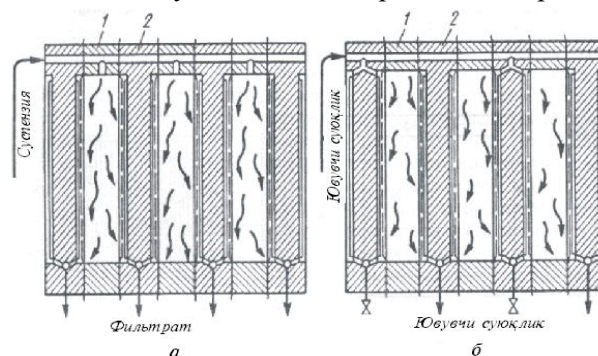
Хар бир ром ва плитада суспензияни киритиш ва ювиш суюқлигини чиқариш каналлари бор



6-расм. Фильтр - пресс роми (а)

ва плитаси (б).

1, 2 - суспензия ва ювиш суюқлиги кириш



7-расм. Ромли фильтр – пресс ишлаш схема.

Плиталарнинг иккала томонида йиғувчи каналлар 4 бўлиб, юқори қисм дренаж ва пастки қисми эса, айланма каналлар билан уланган.

Суспензия босим остида канал орқали ромнинг ичкарасига фильтр материалдан ўтади (7 а-расм), кейин эса юзасидаги каналчалар орқали пастга тушади.

Фильтрат плитанинг пастки қисмида жойлашган каналча орқали чиқиб, умумий тарновга тушади. Ромнинг иккала томони чўкма билан тўлганда, фильтрлаш жараёни тўхтатилади ва тескари йўналишда юқори босимли суюқлик юборилиб, чўкма ювилади ва айланма каналлар орқали чиқарилади. Шундан кейин ювиш учун сув юборилади ва жараён тугагач плита чапга сурилиб, чўкма тўкилади. (7 б-расм)

Фильтр - пресснинг иш цикли ушбу жараёнлардан иборат: ишга тайёрлаш; фильтрлаш; ювиш; чўкмани тўкиш. Даврий ишлайдиган фильтр қурилмаларда ёрдамчи жараёнларни бажариш учун иш циклининг 30% га яқин вақти сарфланади ва чўкмани тўкиш кўп меҳнат талаб қилади. Бу турдаги фильтрларда фильтр тўқималар сарфи катта ва уларни алмаштириш қийин. Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда ушбу камчиликлар бартараф этилган, чунки бу фильтрларда фильтрлаш, чўкмани қуритиш, ювиш, ажратиш жараёнлари бир вақтда содир бўлади.

**Фильтр - пресс (ФПАКМ).** Бундай фильтрда чўкмани тўкиш механизациялашган. Ушбу қурилма камерали, автоматлаштирилган фильтр бўлиб, температураси 80°C, концентрацияси 10...500 кг/м<sup>3</sup> ли майин дисперс суспензияларни ажратиш учун қўлланилади. Бу турдаги фильтр даврий ишлайдиган бўлади.

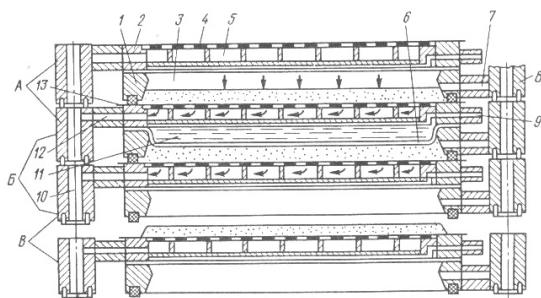
Кўпинча бу фильтр - прессларда бир - бирига зич жойлашган бир қатор тўртбурчак шаклдаги фильтрлардан иборат (8-расм).

Тўртбурчак фильтрларнинг бундай жойлашуви солиштирма фильтрлаш юзасининг кўпайишига олиб келади.

Агар фильтр А ҳолатда бўлса, коллектор 8 дан камерага ажратиш учун суспензия, ювиш учун суюқлик ва чўкмани қисман қуритиш учун сиқилган ҳаволар кетма - кет келади. Сўнг фильтрат, ювиш суюқлиги ва ҳаво каналлар 12 орқали коллектор 10 га чиқарилади.



Фильтрнинг **Б** ҳолатида каналлар 9 орқали бўшлиқ 11 га босим остида сув узатилади. Натижада эгилювчан эластик диафрагма **G** ёрдамида чўкма



8-расм. Горизонтал камерали

#### фильтр - пресс (ФПКМ).

1-пастки плита; 2-тепа плита; 3-суспензия ва чўкма учун бўшлиқ; 4-тешикли диск; 5-фильтрат учун бўшлиқ; 6-эгилювчан диафрагма; 7, 9, 12-каналлар; 8-суспензия учун коллектор; 10-фильтратни чиқариш коллектори; 11-сув

сиқилади. Ундан кейин, **В** ҳолатда плиталар сурилади ва ҳосил бўлган тирқишлардан чўкма тўкилади.

**Барабанли вакуум - фильтр.** Бу турдаги фильтрлар концентрацияси 50 ... 500 кг/м<sup>3</sup> бўлган суспензияларни узлуксиз равишда ажратиш учун ишлатилади (9-расм). Каттик заррачалар кристалл, толали аморф ва коллоид тузилишга эга бўлиши мумкин. Фильтр иш унумдорлиги каттик заррачалар тузилишига боғлиқ ва юқорида келтирилган кетма - кетликда пасайиб боради.

Фильтрнинг асосий қисми горизонтал барабан бўлиб, у электр юриткич ёрдамида аста - секин айлантирилади. Одатда унинг 0,3...0,4 қисми суспензияли тоғорага тушиб туради.

Тоғора ичида

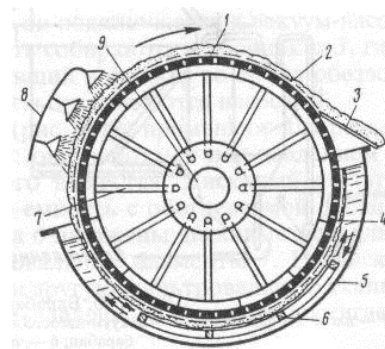
силкиниб турувчи аралаштиргич суспензия таркибини бир хил бўлишини таъминлайди, яъни унинг таркибидаги заррачаларни чўкмага тушишига тўсқинлик қилади. Барабан иккита цилиндрдан тузилган бўлади. Ташқи цилиндр элаксимон бўлиб, унинг устига сим тўр тортилган.

Сим тўрнинг усти эса, фильтр тўқима билан қопланган. Барабаннинг фильтрловчи тўсиқларидан фильтрат вакуум остида сўриб олинади. Фильтрнинг устида суспензиядаги каттик заррачалар чўкма қатламини ҳосил қилади. Бу чўкма пичоқ ёрдамида барабаннинг устки қисмидан узлуксиз равишда кесиб олинади. Барабаннинг ички қисми тўсиқлар ёрдамида алоҳида секторларга бўлинган. Каналлар эса фильтрлаш жараёнининг ҳамма цикллари бевосита фильтр ишлашини бошқарувчи бош тақсимлагич билан бириктирилган. Бош тақсимлагичда иккита диск бўлиб, бири айланма ҳаракат қилса, иккинчиси - қўзғалмасдир. Қўзғалмас дискдаги тешиқлар трубалар орқали вакуум – насос, ҳамда фильтратни ажратиш олувчи ва ювувчи суюқлик билан чўкмани ажратиш ва фильтр тўқимани тозалаш учун сиқилган ҳаво берувчи компрессор билан уланган бўлади.

Айланувчи дискнинг ҳар бир тешиги бирин-кетин қўзғалмас дискнинг тешиклари билан уланади. Шунинг учун барабан бир марта айланганида, фильтрлаш жараёнининг ҳамма босқичлари бажарилади. Биринчи босқичда барабан секциялари вакуум – насос билан уланади ва фильтрат идишга тушади. Кейинги босқичда барабан секциялари ювувчи суюқлик билан уланади ва чўкма ювилади. Охириги босқичда барабан секциялари сиқилган ҳаво трубалари билан уланиб, чўкма қуритилади ва фильтрлаш юзаси тозаланади.

Бу турдаги фильтрларнинг ишчи юзаси 5...150 м<sup>3</sup> бўлади. Камчиликлари: фильтрлаш юзаси катта бўлгани учун кўп жой эгаллайди; фильтрнинг нархи қиммат бўлади.

#### Текшириш учун саволлар:



9-расм. Барабанли вакуум – фильтр.

1-тешикли барабан; 2-фильтр тўқима; 3-чўкмани кесиб турувчи пичоқ; 4-секция; 5-тоғора; 6-аралаштиргич; 7-труба; 8-суюқлик пуркагич; 9-бош тақсимлагич.

1. Фильтрлаш жараёни хақида нималарни биласиз?
2. Фильтрлаш турлари ва тезлиги қандай?
3. Барабанли вакуум фильтр қандай ишлайди?
4. Нутч фильтр авзаллиги нимада?

## 11 –МАЪРУЗА МАВХУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМ ГИДРОДИНАМИКАСИ.

### РЕЖА:

1. Умумий тушунчалар.
2. Мавхум қайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси.
3. Мавхум қайнаш қатламли қурилмалар.

Кимё ва озик - овқат технологияси жараёнларида айрим элементлардан таркиб топган қўзғалмас қатлам материаллари орқали томчили суюқлик ёки газлар оқиб ўтади.

Донадор қатлам элементларининг шакли ва ўлчами турли - туман кўринишга эга: масалан, фильтрлар чўкма қатламининг майда заррачалари; гранула; таблетка, катализатор ёки адсорбент бўлаклари; абсорбцион ва ректификацион колонналардаги йирик насадкалар.

Бирор қатлам заррачаларининг ўлчами бир хил ёки турлича бўлишига қараб, донадор қатламлар **монодисперс** ёки **полидисперс** бўлиши мумкин.

Донадор қатлам орқали суюқлик харакати даврида қатлам заррачалари орасидаги бўшлиқлар суюқлик билан тўлиб туради. Бунда, суюқлик қатламнинг заррачаларини, элементларини ювиб ва нотўғри шаклли каналлар орқали оқиб ўтади. Бундай харакат гидродинамиканинг аралаш масаласини ташкил этади.

Газ энергияси хисобига қаттиқ заррачаларнинг бир - бирига нисбатан тартибсиз харакатига, яъни қатлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринишига «қаттиқ жисм – газ» икки фазали системанинг **мавхум қайнаши** деб аталади. Ишчи элткич таъсирида хосил бўлган мавхум қайнаш системасининг мавхум қайнаш ёки қайнаш қатлами деб номланишининг келиб чиқиш сабабларидан бири, ушбу қатламга томчили суюқликлар кўп хоссаларининг мослигидир.

Агар, қаттиқ материал қатламининг мавхум қайнаш ҳолатини таъминловчи тезлик билан юқорига қараб ишчи элткич харакат қилса, мавхум қайнаш қатлами хосил бўлади.

Охирги вақтда кимё ва озик - овқат саноатларининг барча корхоналарида мавхум қайнаш жараёнлари кенг қўламда қўлланилмоқда. Ушбу жараён аралаштириш, узатиш, сочилувчан материалларни классификациялаш, иссиқлик алмашиниш, қуриштириш, адсорбция, абсорбция, грануллаш, кристалланиш ва бошқа жараёнларда юқори натижалар бермоқда. Бундай ижобий натижалар мавхум қайнаш жараёнининг қуйидаги афзалликлари билан белгиланади:

1. Қаттиқ заррачалар интенсив аралашини, қурилманинг бутун хажми бўйлаб материал температураси ва концентрацияларининг текисланишига олиб келади. Бу ҳол ўз навбатида жараённи оптимал ташкил этишга халақит берувчи қаттиқ заррачаларни локал ўта қизиб кетиш олдини олади;

2. Мавхум қайнаш қатламининг юқори оқувчанлиги материални бетўхтов узатувчи ва тайёр маҳсулотни тўқувчи, яъни узлуксиз равишда ишлайдиган қурилмаларни яратиш имконини беради;

3. Кичик ўлчамли, катта солиштирма юзали заррачалар қайта ишланганда иссиқлик ва масса алмашиниш юзалари кескин ортади, ҳамда диффузион қаршилиқ камаяди. Бу ҳол ўз навбатида қурилманинг иш унумдорлигини оширишга олиб келади;

4. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари интенсивлашади, бу эса иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишчи хажмларини камайтириш имконини яратади;

5. Мавхум қайнаш қатламли қурилмалар гидравлик қаршилиги кичик бўлади ва газ оқимининг тезлигига боғлиқ эмас;

6. Қаттиқ заррачалар ва ишчи элткичлар хоссалари жуда кенг ораликда ўзгарадиган, ҳамда

суспензия ва пастасимон материаллар ҳам мавхум қайнаш жараёнида қайта ишланиши мумкин;

7. Мавхум қайнаш қатламли қурилмалар тузилиши содда, ихчам ва осон автоматлаштирилади.

Юқорида қайд этилган афзалликлар билан бирга, мавхум қайнаш жараёнининг қуйидаги камчиликлари бор:

- бир секцияда заррача ва ишчи элткичларнинг бўлиш вақти бир хил эмас;
- мавхум қайнаш қатламида заррачалар бир - бирига урилиши натижасида едирилади;
- заррачаларни едирилиши натижасида ҳосил бўлган чанг қурилмадан учиб кетади. Бу ҳол, албатта қўшимча чанг ушлагичлар ўрнатилишини тақозо этади;
- диэлектрик материал заррачалари мавхум қайнаш қатламли қурилмаларда ишлов берилганда, статик электр зарядлар ҳосил қилади. Бу эса, портлаш хавфини туғдиради.

Қайд этилган мавхум қайнаш жараёнининг камчиликлари салмоқли эмас ва улар қисман ёки бутунлай бартараф қилиниши мумкин.

Сочилувчан, донатор материаллар қатлами гидравлик қаршилик, заррачалар ўлчами, солиштирма юза ва бўш ҳажм улуши билан характерланади.

**Солиштирма юза -  $a$  ( $m^2/m^3$ )** қатламнинг ҳажм бирлигида жойлашган ҳамма заррачалар юзасини ифодалайди.

Донасимон заррачалар орасидаги бўшлиқ ҳажмининг қатлам ҳажмига нисбати **бўш ҳажм ёки ғоваклилик ( $\varepsilon$ )** дейилади ва у ўлчамсиз катталиқдир:

$$\varepsilon = \frac{V - V_0}{V} \quad (1)$$

бу ерда  $V$  - донасимон қатлам ҳажми,  $m^3$ ;  $V_0$  - қатлам заррачалари эгаллаган ҳажм,  $m^3$ .

Агар, бирор қурилмада донасимон материаллар баландлиги  $H$  ( $m$ ) кўндаланг кесим юзаси  $F$  ( $m^2$ ) бўлса, унда қатлам ҳажми  $V = FH$  ва заррачалар эгаллаб турган ҳажм  $V_0 = FH(1 - \varepsilon)$  га тенг бўлади. Тегишли қатламнинг бўш ҳажми  $V_{\text{бш}} = FH\varepsilon$  заррачалар юзаси эса -  $FHa$  га тенг.

Қатлам каналларининг кўндаланг кесимлар йиғиндиси ёки қатламнинг бўш кўндаланг кесимини топиш учун  $V_{\text{бш}}$  ни канал узунлигига бўлиш керак. Агар, каналларнинг ўртача узунлиги қатлам баландлигидан  $\alpha_k$  марта ортиқ бўлса, каналлар узунлиги  $\alpha_k H$  ва қатламнинг бўш кўндаланг кесими  $FH\varepsilon/\alpha_k H = F\varepsilon/\alpha_k$  (бу ерда  $\alpha_k$  - каналларнинг эгрилик коэффиценти).

Бўш кўндаланг кесимнинг хўлланган периметри каналлар умумий юзасини уларнинг ўртача узунлигига бўлиш йўли билан топилади, яъни  $\Pi = FHa/\alpha_k H = Fa/\alpha_k$ .

Агар, қатламнинг бўш кўндаланг кесими ва хўлланган периметри маълум бўлса, эквивалент диаметрни ушбу тенгламадан аниқласа бўлади:

$$d_3 = \frac{4F}{\Pi} = \frac{4 \cdot \left( \frac{F\varepsilon}{\alpha_k} \right)}{\frac{Fa}{\alpha_k}} = \frac{4\varepsilon}{a} \quad (2)$$

Эквивалент диаметр  $d_3$  қатлам заррачалари ўлчамлари орқали ҳам ифодаланиши мумкин.

Агар, қатлам ҳажми  $1 m^3$ , заррачалари сони  $n$  та бўлса, уларнинг ҳажми  $(1 - \varepsilon)$  ва юзаси  $a$  га тенг деб ҳисоблаймиз. Унда, битта заррачанинг ўртача ҳажми :

$$V_3 = \frac{1 - \varepsilon}{n} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (3)$$

юзаси эса:

$$F_3 = \frac{a}{n} = \frac{\pi d^2}{f} \quad (4)$$

бу ерда  $d$  - заррача ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри;  $f$  - шакл коэффиценти (шар учун  $f = 1$ ).

Унда, заррача юзасининг хажмига нисбати ушбу кўринишдан топилади:

$$\frac{a}{1-\varepsilon} = \frac{6}{df} \quad (5)$$

бундан

$$a = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{fd} \quad (6)$$

Агар, (5) ни (6) тенгламага қўйсақ, қуйидаги формулани оламиз:

$$d_s = \frac{2f\varepsilon d}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (7)$$

Полидисперс заррачалардан таркиб топган қатлам учун диаметр  $d$  ушбу нисбатдан ҳисоблаб топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i}} \quad (7)$$

бу ерда  $x_i - d_i$  диаметрли заррачаларининг хажмий ёки массавий улуши.

Донасимон қатлам заррачалари орасидаги каналларда ҳаракатланаётган оқимнинг ҳақиқий тезлиги  $w$  ни аниқлаш жуда қийин. Шунинг учун, аввал суюқликнинг мавхум тезлиги  $w_0$  топилади. Ҳақиқий ва мавхум тезликлар орасида қуйидаги боғлиқлик бор:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \quad (8)$$

Суюқлик донасимон қатламга ҳаракат қилганда, (ишқаланиш қаршилиги) гидравлик қаршилиқни, босим йўқотилишини ҳисоблаш формуласидан топиш мумкин:

$$\Delta P_{ук} = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \left[ \frac{H}{\frac{2fed}{3 \cdot (1 - \varepsilon)}} \right] \frac{\rho \cdot \left( \frac{w_0}{\varepsilon} \right)^2}{2}$$

ёки

$$\Delta P = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2\varepsilon^3 f} \lambda \frac{H}{d} \frac{\rho w_0^2}{2} \quad (9)$$

Маълумки, гидравлик қаршилиқ коэффициентини  $\lambda$  гидродинамик режимга боғлиқ бўлиб, Рейнольдс критерийси қиймати билан белгиланади.

Агар (8) дан  $w$  ва (9) дан  $d_s$ ларнинг қийматларини  $Re$  қўйсақ, ушбу кўринишдаги Рейнольдс критерийсини оламиз:

$$Re = \frac{w d_s \rho}{\mu} = \frac{w_0 4\varepsilon \rho}{\varepsilon \mu}$$

ёки

$$Re = \frac{4w_0 \rho}{a \mu} = \frac{4W}{a \mu} \quad (10)$$

бу ерда  $W$  - курилманинг  $1 \text{ м}^2$  кўндаланг кесимига тўғри келадиган суюқликнинг массавий тезлиги,  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$ .

Олинган формуладаги солиштирма юза  $a$  ўрнига тенгламадаги қийматни ёки  $Re$  формуласига  $d$ , нинг қийматини тўғридан – тўғри қўйсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot \frac{w_0 d \rho}{\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot Re_0 \quad (11)$$

бу ерда:

$$Re_0 = \frac{w_0 d \rho}{\mu} \quad (12)$$

Гидравлик қаршилик коэффиценти  $\lambda$  ни ҳисоблаш учун бир қатор формулалар келтириб чиқарилган. Суюқликларнинг сочилувчан, донадор қатламларда ҳаракат қилишидаги ҳамма режимлар умумий гидравлик қаршилик коэффиценти хисоблаш қуйидаги формула ёрдамида амалга оширилади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 \quad (13)$$

Ушбу формуладаги  $Re$  критерийси (12) формула орқали аниқланган.

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, газ донадор қатлам орқали ҳаракат қилганда турбулент режим, суюқлик труба ичида ҳаракат пайтидагидан, аввалроқ бошланади. Лекин, ламинар ва турбулент режимлар орасида кескин ўтиш ҳолати йўқ. Ламинар режим  $Re < 50$  дан қийматларда амалга ошади. Ушбу режимда донадор қатлам учун  $\lambda = A/Re$ .

Агар,  $Re < 1$  бўлганда (13) формуладаги қўшилувчи хисобга олинмайди, яъни  $\lambda$  қуйидаги формуладан топилади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} \quad (14)$$

Агар,  $Re > 700$  бўлганда, донадор қатламда турбулент режимнинг автотомодель соҳаси бошланади, яъни жараён тезликга боғлиқ бўлмайди. Унда, (13) формуладаги биринчи қўшилувчини тушириб қолдириш мумкин, яъни :

$$\lambda \approx 2,34 = const \quad (15)$$

Донадор қатлам бўш ҳажми ёки ғоваклилиги  $\varepsilon$  курилмага материални юклаш услубига боғлиқ. Масалан, шарсимон материаллар эркин тўкиб юкланганда қатламнинг ғоваклилиги ўртача  $\varepsilon \approx 0,4$  га тенг. Лекин, амалиётда  $\varepsilon$  нинг қиймати 0,35 дан 0,45 гача бўлади.

Ундан ташқари, донадор қатламнинг  $\varepsilon$  катталиги заррача диаметри  $d$  ва курилма диаметри  $D$  орасидаги нисбатга боғлиқдир. Бунга сабабчи девор олди эффектидир, яъни девор яқинида заррачалар зичланиши ҳар доим кам бўлади. Шунинг учун, девор олдида қатламнинг ғоваклилиги курилма маркази ғоваклигидан ҳар доим юқоридир. Ушбу фарқ  $d/D$  ортиши билан кўпайиб боради.

Саноат донадор қатламли курилмаларини моделлаштиришда модел курилма диаметри материал заррачалари диаметридан энг камида 8..10 марта катта бўлиши шарт.

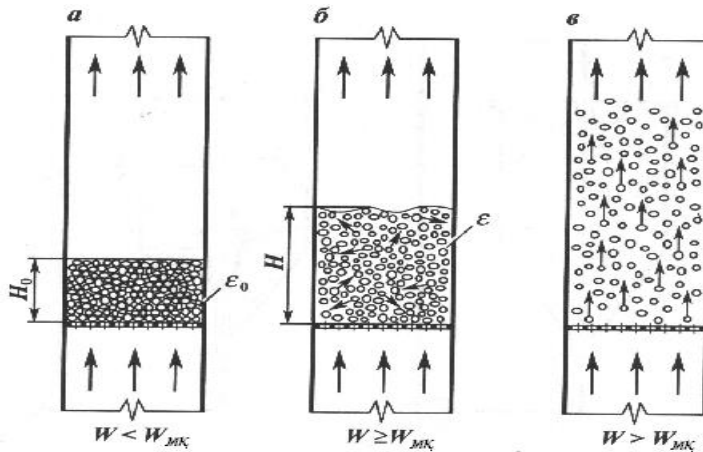
### Мавҳум қайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси

Суюқлик оқими исталган тезликларда, фақат пастдан юқорига ҳаракат қилгандагина, донадор қатлам орқали суюқлик ҳаракати қонуниятлари ушбу жараён учун тааллуқлидир. Суюқлик оқимининг юқори чегараси қатлам қўзғалмас ҳолати билан белгиланади.

1-расмда қаттиқ заррачалар қатламининг пастдан юкорига кўтарилувчи оқим тезлигига боғлиқлик 3 ҳолати тасвирланган.

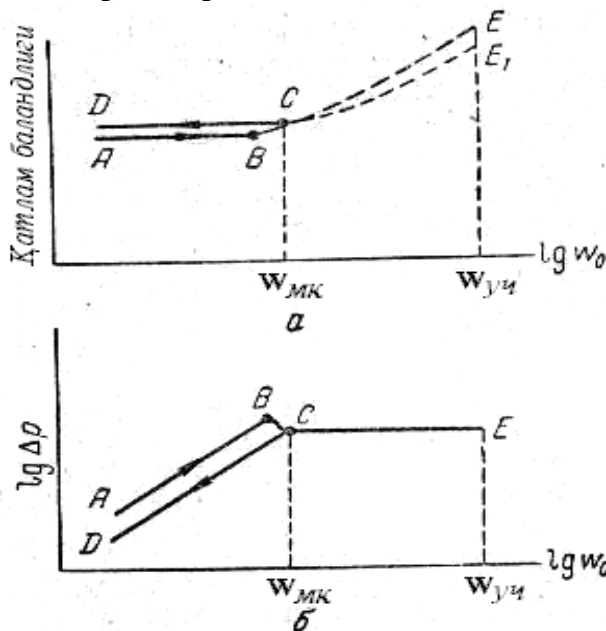
Газ тақсимлаш тўри орқали пастдан юкорига қараб кичик тезлик билан газ ёки суюқлик оқими юборилса, донадор қатлам кўзғалмас ҳолатида қолади (1а-расм). Бунда оқим тезлиги ўзгариши билан қатлам (солиштирма юза, ғоваклилик ва хоказо) нинг характеристикалари ўзгармайди. Қатлам орқали ўтаётган газ (ёки суюқлик) оддий, филтрланиб ҳаракатланади.

Лекин, газ (ёки суюқлик) оқимининг тезлиги аста - секин ошириб борилса, тезлиكنинг маълум бир критик қийматида қатламдаги заррачалар оғирлиги билан оқимнинг гидродинамик босим кучи тенглашади. Бунда қатламнинг кўзғалмас ҳолати бузилади ва унинг ғоваклилиги, баландлиги кўпайиб боради. Шу вақтда қатлам заррачалари силжиб бошлайди ва қатлам оқувчанликка эга бўлиб бошлайди. Агар газ оқими тезлиги янада оширилса, қатлам кенгайди, заррачалар ҳаракати фаоллашади, лекин гидродинамик мувозанат хали ҳам бузилмайди. Бу ҳол қатламнинг мавҳум қайнаш жараёнига ўтганлигини кўрсатади, яъни бутун қатлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринади (1б-расм). Қатламнинг бундай ҳолатида қаттиқ заррачалар интенсив, тартибсиз, турли йўналишларда ҳаракат қилади.



1-расм. қаттиқ заррачалар қатлами орқали газ (суюқлик) ҳараката-кўзғалмас қатлам; б-мавҳум қайнаш қатлами; в - қаттиқ заррачаларнинг оқим билан илжиб кетиши

расм). Газ оқими билан қаттиқ заррачаларнинг ёппасига учиб чиқа бошлаш ҳодисаси **пневмотранспорт** деб номланади ва саноатда сочилувчан материалларини узатиш учун



2- расм. Донадор заррачалар қатлами баландлиги (а) ва гидравлик қаршилигининг (б) оқим тезлигига боғлиқлиги.

Агар газ оқимининг тезлиги янада оширилса, қатлам ғоваклилиги ва баландлиги кескин кўпайиб боради. Газ тезлиги маълум бир критик қийматга етганда мавҳум қайнаш қатлами бузилади. Бунда гидродинамик босим кучлари қатлам заррачалари оғирлик кучидан ошиб кетади ва қаттиқ заррачалар газ оқими билан бирга учиб чиқа бошлайди (1в-расм). Газ оқими билан қаттиқ заррачаларнинг ёппасига учиб чиқа бошлаш ҳодисаси **пневмотранспорт** деб номланади ва саноатда сочилувчан материалларини узатиш учун ишлатилади.

2-расмда донадор қатлам баландлиги ва гидравлик қаршилигининг оқим **сохта** (қурилма кўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган тезлик) **тезлигидан** боғлиқлик графиклари келтирилган.

Қатлам кўзғалмаслиги бузилиб, мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш пайтидаги тезлик **мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик** деб номланади ва  $w_{MK}$  харфи билан белгиланади.

Агар, газ оқими тезлигини  $w_{MK}$  гача ошириб борилса донадор қатлам гидравлик қаршилиги ортиб боради (2 б-расм). Лекин,  $w_{0кймати}$  ошиши билан қатламнинг баландлиги умуман ўзгармайди (2а-расм ABC чизик).

Оқимнинг гидродинамик босим кучи қаттиқ заррачалар қатлами оғирлик кучига тенг бўлганда мавхум қайнаш жараёни бошланади. Лекин, амалда В нуқтадаги тегишли босимлар фарқи бевосита мавхум қайнаш бошланишига (**C** нуқта) оид  $\Delta P$  дан, яъни қатламни мавхум қайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур гидродинамик босим кучидан кўпроқ бўлади.

Бунга сабаб, қўзғалмас қатлам ҳолатидаги заррачалар орасидаги тортишиш кучидир. Газ оқими тезлиги  $w_{mk}$  бўлганда, заррачалар орасидаги тортишиш кучларини енгади ва гидродинамик босим кучи ( $\Delta P$ ) қатлам заррачалари оғирлигига тенглашади.

2б-расмдан кўриниб турибдики, юқорида айтилган шартлар мавхум қайнаш жараёнининг ҳамма оралигида (**C-E** чизиқ) бажарилмоқда. Мавхум қайнаш бошланиши билан оқимнинг гидродинамик босим кучлари қатламдаги қаттиқ заррачалар оғирлигини мувозанатда ушлайди.

Газ оқими тезлиги ортиши билан қатлам заррачалари оғирлиги ўзгармайди. Демак, қатламни мавхум қайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур бўлган  $\Delta P$  ҳам бир хил бўлади. Бу ҳолат 2 б-расмда **CE** чизиғи билан ифодаланади. Агар тезлик яна оширилса, мавхум қайнаш мувозанати бузилиб, қурилмадан газ оқими билан заррачалар ёппасига учиб чиқа бошлайди. Ушбу ҳолатга оид тезлик **учиб чиқиш тезлиги** ёки **иккинчи критик тезлик** деб юритилади ва  $w_{уч}$  белги билан ифодаланади.

Бу ҳолатда қатламнинг ғоваклилиги жуда катта бўлади, яъни  $\epsilon$  ни қиймати 1 яқинлашиб боради. Агар, ишчи тезлик  $w_0$  қиймати  $w_{уч}$  дан озгина ортса, заррачаларнинг қурилмадан ёппасига учиб чиқиши бошланади.

Агар, газ оқими тезлиги аста - секин камайтириб борилса, жараён эгри чизиғи **ABC** чизиқ эмас, балки **CD** чизиғи билан ифодаланади (2 б-расм). Ушбу ходиса **гистерезис** деб номланади. Гистерезис ходисасининг пайдо бўлишига сабаб, заррачалар ўртасидаги ўзаро тортишиш кучи, яъни ушбу кучни енгилшга кўшимча энергия сарф бўлишидир. Ундан ташқари, мавхум қайнаш жараёни тугагандан сўнг, қўзғалмас қатлам ғоваклилиги ёки баландлиги мавхум қайнаш жараёни бошланишдан аввалги қатламниқидан бир оз кўп бўлади. Бунинг исботи расмдаги **CD** чизиқнинг **AB** дан тепада жойлашганлигидир.

Агарда жараён яна қайтадан бошланса, яъни газ оқими тезлиги ортиши билан қатламнинг гидравлик қаршилиги **AB** чизиғи эмас, балки **CD** чизиғи билан ифодаланади. Хулоса қилиб айтганда, гистерезис ходисаси намоён бўлмайди.

Мавхум қайнаш жараёни эгри чизиғининг шакли қатлам ҳолатини ифодалайди. Мавхум қайнаш жараёни  $w_{mk}$  ва  $w_{уч}$  тезликлар оралиги билан чегараланади.

Ишчи тезлик  $w$  нинг мавхум қайнаш бошланиши тезлиги  $w_{mk}$  га нисбати **мавхум қайнаш сони**  $K_w$  деб аталади ва у қуйидаги кўринишга эга:

$$K_w = \frac{w_0}{w_{mk}} \quad (16)$$

Мавхум қайнаш сони заррачаларнинг аралашиш интенсивлиги ва қатлам ҳолатини ифодалайди.

Кўпчилик ҳолатларда заррачаларнинг интенсив аралашиши  $K_w=2$  да бўлиши тажриба йўли билан аниқланган. Аниқ технологик жараён учун  $K_w$  нинг оптимал қиймати кенг ораликда ўзгаради ва у тажриба йўли билан топилади.

Шарсимон шаклли ( $f \approx 1$ ), ғоваклилиги  $\epsilon \approx 0,4$  бўлган қатламнинг мавхум қайнашнинг бошланиш тезлиги проф. О.М.Тодес формуласи ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (17)$$

бу ерда

$$Re_{mk} = \frac{w_{mk} d}{\mu} \quad (18)$$

Мавхум қайнаш бошланиш тезлиги:

$$w_{mk} = \frac{Re_{mk} \cdot \mu}{d\rho} \quad (19)$$

(17) формуладаги Архимед ( $Ar$ ) критерийси ушбу формуладан топилади:

$$Ar = \frac{gd_3^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_k - \rho}{\rho} \quad (20)$$

бу ерда:  $d_3$  - заррача эквивалент диаметри, м;  $\nu$  - мухит кинематик қовушоқлиги, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  ва  $\rho_k$  – мухит ва заррача зичликлари, кг/м<sup>3</sup>.

$w_0 > w_{mk}$  бўлган ҳолатда тезлик ортиши билан қатлам кенгайди ва ғоваклилиги (бўш ҳажми) кўпаяди.

Мавхум қатлам мувозанати бузилиши ва заррачаларнинг ёппасига учиб чиқиш тезлигини ифодаловчи иккинчи критик тезлик ҳам проф. О.М.Тодес томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$Re_{yч} = \frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \quad (21)$$

бунда

$$Re_{yч} = \frac{w_{yч} d\rho}{\mu} \quad (22)$$

Учиб чиқиш тезлиги эса:

$$w_{yч} = \frac{Re_{yч} \cdot \mu}{d\rho} \quad (23)$$

Қатлам ғоваклилиги  $0,4 < \varepsilon < 1$  оралиқда бўлганида  $Re$  ни ҳисоблаш учун қуйидаги умумлаштирилган формула таклиф этилади:

$$Re_0 = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (24)$$

Агар,  $w$  маълум бўлса эни(25) формулада топиш мумкин:

$$\varepsilon = \left( \frac{18 Re_0 + 0,36 Re_0^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (25)$$

Ўзгармас қатлам  $H_k$  ва мавхум қайнаш қатлами баландликлари  $H_{mk}$  ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор.

$$H_{mk} (1 - \varepsilon_{mk}) = H_k (1 - \varepsilon_k) \quad (26)$$

бу ерда  $\varepsilon_k$  ва  $\varepsilon_{mk}$  - қўзғалмас ва мавхум қайнаш қатламларининг ғоваклилиги.

Қатламдаги босимлар фарқи ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = g\rho(1 - \varepsilon)H \quad (27)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3} \quad (28)$$



бу ерда  $\rho_k$  - қатлам зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_3$  - қаттиқ заррачалар зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Кўзгалмас қатлам ғоваклилиги эса:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_3} \quad (29)$$

бу ерда  $\rho_T$  - материалнинг «тўкма» зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Қаттиқ заррачалар қатламидаги босимлар фарқини ҳисоблаш учун Эрган формуласини қўллаш мумкин:

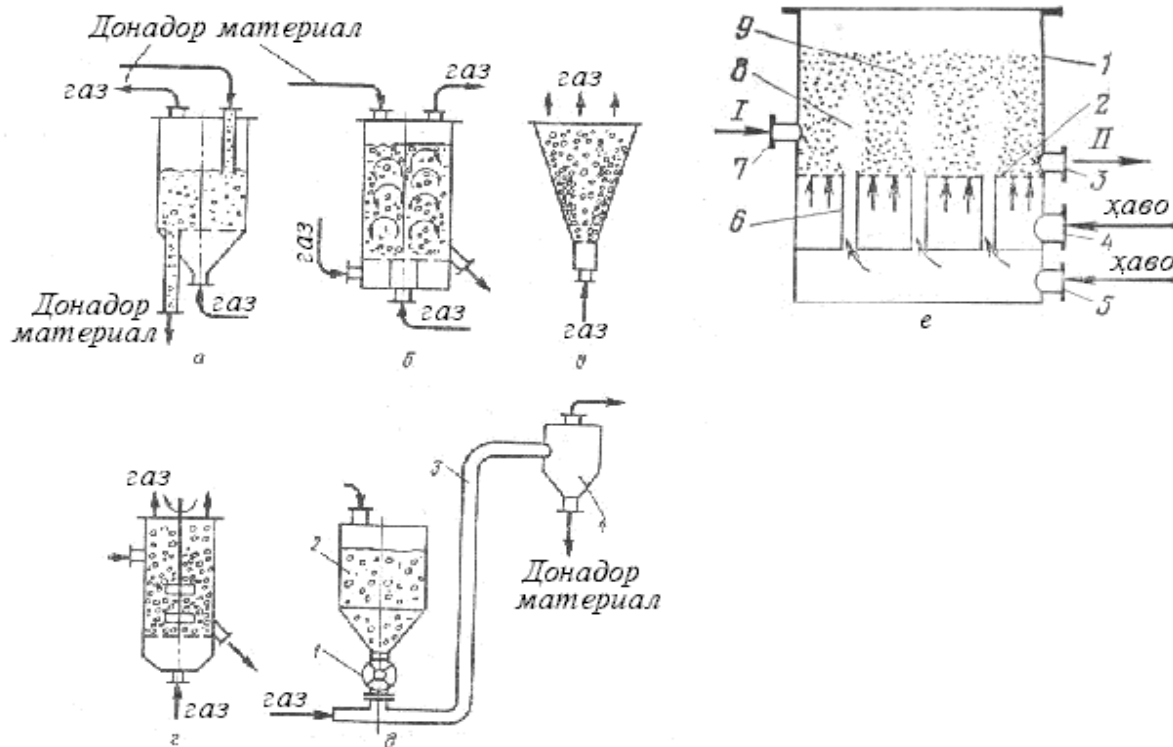
$$\Delta P = 150 \frac{(1 - \varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \frac{\mu w}{d_p^2} H + 1,75 \frac{1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\rho_n w^2}{d_p} H \quad (30)$$

### Мавхум қайнаш қатламли қурилмалар

Жараёнлар боришининг технологик шароитларини, ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатига қўйиладиган талабларни ўзаро таъсирда бўлган моддаларнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олувчи жуда кўп мавхум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари яратилган. 3-расмда мавхум қайнаш қатламли қурилмаларнинг айрим конструкциялари кўрсатилган.

Ишлаш принципига қараб даврий ва узлуксиз ишлайдиган қурилмалар бўлади. Узлуксиз қурилмаларда газ оқими ва донатор материал ўзаро таъсир қилиб, унга узлуксиз равишда юкланади ва қурилмадан тўкилади.

Жараёнда қатнашувчи қаттиқ материал ва газ оқимининг ҳаракат йўналиши бир хил, қарама - қарши ва кесишган йўлли бўлиши мумкин.

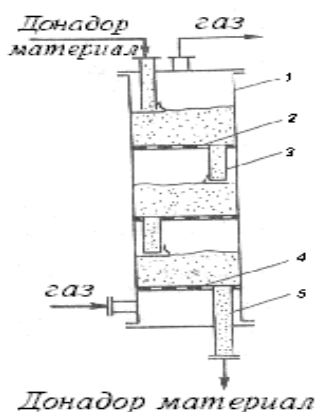


3-расм. Мавхум қайнаш қатламли қурилмалар схемалари.

а – цилиндрик узлуксиз ишлайдиган, қарама - қарши йўлли; б - йўналтирилган циркуляцияли; в - конуссимон; г - аралаштиргич мосламали; д - пневмотранспорт мосламали: 1 - шлюзли тамба;

Узлуксиз ишлайдиган, қарама - қарши йўлли цилиндрик қурилмаларда газ оқими тақсимловчи тешикли панжара остига узатилса, материал эса қурилма-нинг тепа қисмидан юкланади (3 а-расм). Газ тақсимловчи тешикли панжара устида донатор материалнинг бир хил сатҳини таъминлаш ва қурилмадан чиқариш учун оқиб ўтувчи патрубклар хизмат қилади.

Вертикал цилиндрсимон қурилмалар катта миқдордаги дон – дунларни йиғиб қўйиш учун ишлатилади (3 б-расм). Газ тақсимлаш камераси ясси туб ва тешикли панжаралар орасида жойлашган иккита цилиндрдан иборат. Бу конструкцияли камераларда концентрик тўсиқ уни иккита, яъни ички ва ташқи халқаларга бўлади. Ташқи халқа бўшлиғига, ичкига қараганда 2 марта кўп газ юборилади. Турли миқдорда газ узатилгани сабабли, қурилмада дон махсу-лотининг йўналтирилган циркуляцияли харакати пайдо бўлади. Натижада материал интенсив аралашади ва заррачалар харакати қурилма ўқидан цилиндрик девор томонга йўналган бўлади.



4-расм. Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма.

1 - қобик; 2 - газ тақсимловчи тешикли

зоналарни бартараф қилиш мақсадида, ҳамда иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини интенсивлаш учун газомеханик мавҳум қайнаш усулидан фойдаланилади (3г,д-расм). Қатламга қўшимча энергия узатиш турли хил аралаштиргич ва тебротгичлар ёрдамида амалга оширилади (3 г-расм).

**Пневмотранспорт усули ва мосламаси** донатор материалларни труба қувурлари орқали маълум масофага ёки баландликка узатиш учун мўлжалланган (3д -расм). Донадор материал шлюзли тамба ёрдамида хаво узатиш қувурига қадоқланиб тушурилади. Мавҳум қайнаш қатлами газ ва қаттиқ фазаларга цик-лонда амалга оширилади.

**Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма.** Жараённинг харакатга келтирувчи кучини камайишга олиб келувчи тескари аралашини камайтириш ва жараён температурасини бир хил қилиш мақсадида қарама - қарши йўлли қурилмаларда секциялаш қўлланилади (4-расм). Бунинг учун қурилма баландлиги бўйлаб тешикли панжаралар ёрдамида донатор материал қатлами бўлинади. Донадор материалнинг юқори секциялардан пастга қараб харакатланиши, оғирлик кучи таъсирида амалга ошади.

#### Текшириш учун саволлар.

1. Мавҳум қайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси.
2. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар.
3. Критик тезликлар ҳақида нималарни биласиз?

## 12-МАЪРУЗА СУЮҚЛИКЛАРНИ УЗАТИШ. НАСОСЛАР.

### РЕЖА:

1. Умумий тушунчалар

2. Насослар классификацияси.
3. Насосларнинг асосий параметрлари.
4. Поршенли насос конструкцияси.

### Умумий тушунчалар

Курилмаларда ва қувур ичида суюқлик унинг боши ва охиридаги босимлар фарқи туфайли ҳаракат қилади. Суюқликнинг қуйи сатхдан юқори сатхга узатиш учун эса, насослардан фойдаланилади. Бунда суюқликга босимнинг потенциал энергияси таъсир эттирилади.

Насос - шундай гидравлик машинаки, унда электр юриткичнинг механик энергияси суюқликнинг ҳаракатланиш (узатиш) энергиясига айлантириб берилади.

#### Насослар классификацияси

Ҳаракатланиш турига қараб хажмий, куракли (марказдан қочма), уюрмавий ва ўқли насосларга бўлинади.

Хажмий насосларнинг ишлаш принципи ёпиқ хажм ичида сиқиб чиқариш усулига асосланган бўлиб, илгарилама-қайтма ва айланма ҳаракатлар туфайли суюқлик сиқиб чиқарилади. Хажмий насосларга поршенли, ротацион, винтли, шестерняли ва пластинаги гидравлик машиналар киради. Марказдан қочма насосларда босим марказдан қочма куч таъсирида, яъни насос қобиғи (асоси)га жойлашган куракли ғилдиракнинг айланиш туфайли содир бўлади.

Уюрмавий насосларда уюрма энергияси ҳисобига узатилади. Бу ишчи ғилдиракнинг айланишида уюрманинг тезда ҳосил бўлиши ва сўниши билан амалга ошади.

Айтиб ўтилган насослардан ташқари, яна оқимчали насослар, ҳамда газлифтлар ва монтежю деб номланадиган машиналардан ҳам фойдаланилади. Бу насосларда газ, сув ва буғларнинг босимларидан фойдаланилади.

#### Насосларнинг асосий параметрлари

Насосларнинг асосий параметрлари бўлиб унумдорлик, напор ва қувватлари ҳисобланади.

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

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

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

$$N_\phi = \rho g V H \quad (1)$$

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

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n} \quad (2)$$

Насос йўқотган энергияси конструкциянинг мукамаллиги, ишлатиш самарадорлиги ва насоснинг едирилиши ҳисобга олинади:

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_\Gamma \cdot \eta_{mex} \quad \text{бу ерда } \eta_v \text{– узатиш ф.и.к.;} \quad (3)$$

суюқликнинг клапан, сальник, хар хил тирқишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади, яъни  $\eta_v = V/V_{наз}$  хақиқий унумдорликнинг назарий унумдорликка нисбатини характерлайди;  $\eta_\Gamma$ –гидравлик ф.и.к.;  $\eta_e = H/H_{наз}$  – хажмий напорни назарий напорга нисбатини билдиради;  $\eta_{mex}$ – механик ф.и.к.; подшипник, сальник ва бошқа элементларда ишқаланишга йўқотилган қувват.

Насоснинг фойдали иш коэффициенти  $\eta_n$  поршенли насослар учун 0,8...09, марказдан

кочма насос учун 0,7...0,95 ни ташкил этади.

Насос қурилмасининг тўлиқ фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N_{ю}} = \eta_H \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{ю} \quad (4)$$

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

Юриткичнинг аниқ қуввати, насосни ишга тушириш онда (вақтида)ги  $N_{ю}$  ортиқча юкланишини инобатга олган қолда аниқланади.

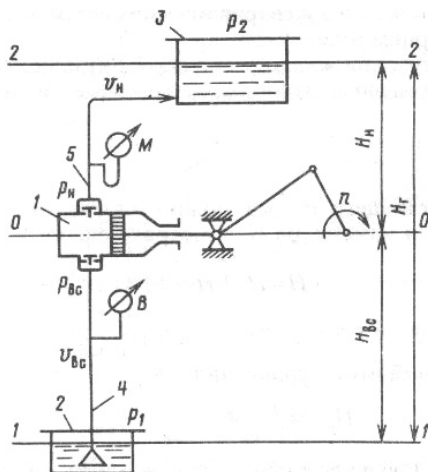
$$N_{ан} = \beta \cdot N_{ю} \quad (5)$$

бу ерда  $\beta$ – қувватнинг захира коэффициенти, бу электр юриткичнинг қувватига қараб 2,0 дан 1,1 гача олинади.

Электр юриткичнинг қуввати қанча юқори бўлса, коэффициент  $\beta$  нинг қиймати шунча кичиклашади.

**Сўриш баландлиги.** Насос қурилмаси насос 1, пастки 2 ва босим хосил қилувчи 3 идишлардан, манометр М, вакуумметр В, сўриш 4 ва хайдаш 5 қувурларидан ташкил топган.

Насоснинг напорини аниқлаш учун 1-1 ва 0-0 кесимлари учун Бернулли тенгламасини сўриш режими учун ёзамиз. Таққослаш текислиги деб пастки идишдаги суюқлик сатхини оламиз:



1-рasm. Насос қурилмаси

схемаси.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = H_{ср} + \frac{w_{ср}^2}{2n} + \frac{P_{ср}}{\rho g} + h_{ср.йўқ} \quad (6)$$

бу ерда  $p_1$ – пастки идишдаги босим;  $w_1$  – 1-1 кесимдаги пастки хажмдаги суюқлик тезлиги;  $H_{ср}$  – сўриш баландлиги;  $w_{ср}$  – сўриш қувуридаги суюқлик тезлиги;  $P_{ср}$  – насоснинг сўриш босими;  $h_{ср.йўқ}$  – сўриш қувуридаги йўқотилишлар.

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

$$\frac{P_{уз}}{\rho g} + \frac{w_{уз}^2}{2g} = H_{уз} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_{уз.йўқ} \quad (7)$$

бу ерда,  $P_{уз}$ – узатиш (хайдаш) босими;  $w_{уз}$  – хайдаш қувуридаги тезлик;  $H_{уз}$  – узатиш баландлиги;  $w_2$  – 2-2 – кесимдаги юқори идишдаги суюқлик тезлиги;  $P_2$  – хайдаш идишидаги босим;  $h_{уз.йўқ}$  – хайдаш қувуридаги йўқотилиш.

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

(6) ва (7) тенгламаларни ҳисобга олиб насоснинг напорини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H = \frac{P_{уз} - P_{ср}}{\rho g} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{w_{ср}^2 + w_{уз}^2}{2n} + H_{ср} + H_{уз} + h_{ср.йўқ} + h_{уз.йўқ} \quad (8)$$

Сўриш билан хайдаш қувури ўзаро тенг бўлганда, ушбу тенгликни соддалаштириш мумкин бўлади, яъни  $w_{ср} = w_{уз}$ . Суюқликни геометрик узатиш баландлиги эса,  $H_2 = H_{ср} + H_{уз}$ , бундан қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + H + h_{\text{ўуқ}} \quad (9)$$

бу ерда  $h_{\text{ўуқ}} = h_{\text{сўр}} + h_{\text{уз.ўуқ}}$  - босимнинг умумий йўқотилиши.

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

$$H = H_z + h_{\text{ўуқ}} \quad (10)$$

(9) тенгламага биноан, насоснинг босими, суюқликни геометрик баландлик  $H_z$  жўтаришга, идишлардаги босимлар фарқини, сўриш ва хайдаш идишлардаги гидравлик қаршиликларни енгишга сарф бўлади.

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

$$H = h_{\text{ўуқ}} \quad (11)$$

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

$$H = H_m + H_v + h$$

бу ерда  $h$  – манометр ва вакуумметрлар орасида масофа.

(9) тенгламадан сўриш баландлигини кўриб чиқсак:

$$H_{\text{сўр}} = \frac{P_1 - P_{\text{сўр}}}{\rho g} - \frac{w_{\text{сўр}}}{2g} - h_{\text{сўр.ўуқ}} \quad (12)$$

$w_I$  тезлик қиймати  $w_{\text{сўр}}$  га нисбатан анча кичик бўлгани учун,  $w_I = 0$  деб қабул қилсак бўлади.

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

Шундай қилиб, сўриш баландлигининг чегаравий қийматини қуйидагича аниқлаймиз:

$$H_{\text{сўр}} \leq \frac{P_{\text{атм}} - P_v}{\rho g} - \frac{w_{\text{сўр}}^2}{2g} - h_{\text{сўр.ўуқ}}$$

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

Акс холда, суюқлик насос ичида қайнаб кетади, ва интенсив буғ хосил бўлишга олиб келади. Буғ пуфакчалари суюқлик билан юқори босимли зонага кириб қолса, томчига айланиб, бўшлиқлар хосил қилади, гидравлик зарба шоқин бўлишига олиб келади, яъни кавитация ходисаси содир бўлади.

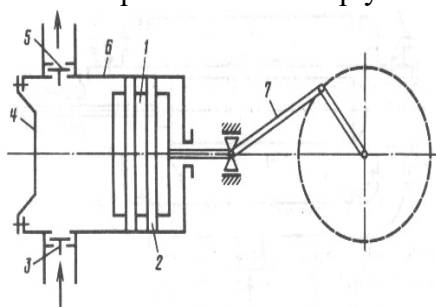
Кавитация бўлиши насос унумдорлигини пасайтиради, гидравлик зарба билан ишлаган насос, тез бузилади, коррозияга учрайди ва унинг тез бузилишига олиб келади.

### Поршенли насос.

Поршенли насослар плунжер ёки поршенни цилиндрда илгарилама-қайтма харакати ёрдамида суюқликни сиқиб чиқариш принципига асосланган (2-расм). Поршенни ўнг томонга қилган харакатидан кейин, цилиндрнинг чап қисмида хавони сийракланиши содир бўлиб, сўриш клапани очилади ва сўриш қузури орқали суюқлик цилиндрга тортиб олинади. Поршен чапга сурилганда сўриш клапани беркилиб, узатиш клапани очилади ва суюқлик хайдаш қузури орқали узатила бошлайди.

Поршен кривошип-шатунли механизм ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Поршен цилиндрда зичловчи халқалар ёрдамида сиқиб турилади.

Поршенли насослар узатмаси турига қараб, бевосита уланувчи ва узатмали бўлади.



**2-расм. Бир томонлама ҳаракатланувчи, горизонтал**

**поршенли насос схемаси.** 1- поршен; 2- зичловчи халқалар; 3- сўриш клапани; 4- цилиндр қопқоғи; 5- хайдаш (узатиш) клапани; 6- цилиндр; 7- кривошип – шатун механизми.

Бевосита уланган насослар буғ насослар ёрдамида ҳаракатланади, бунда насос поршен билан битта штокда жойлашган бўлади. Узатмали насослар электр юриткич ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Насослар кривошип айланиш частотасига қараб, секин айланадиган ( $n=45...60 \text{ мин}^{-1}$ ), ўртача

( $n=60...120 \text{ мин}^{-1}$ ) ва тез айланадиган ( $n=120...180 \text{ мин}^{-1}$ )ларга бўлинади.

Поршенли насослар вертикал ва горизонтал бўлиши мумкин.

Юқори босимли насослар 100 МПа гача бўлган босимни таъминлаб берса, юқори маҳсулдорлик насос эса, соатига 60 м<sup>3</sup> суюқлик хайдаб беради.

Поршенли насослар учун сўриш ва узатиш жараёни даврий бўлиб, суюқликни узатиш бир текис амалга ошмайди.

#### **Текшириш учун саволлар.**

1. Насосларнинг вазифаси.
2. Насосларнинг асосий параметрлари.
3. Поршенли насос қандай ишлайди?

### **13-МАЪРУЗА МАРКАЗДАН ҚОЧМА НАСОСЛАР.**

#### **РЕЖА:**

1. Марказдан қочма насос.
2. Кавитация.
3. Шестерняли ва мононасос конструкцияси.

#### **Марказдан қочма насослар**

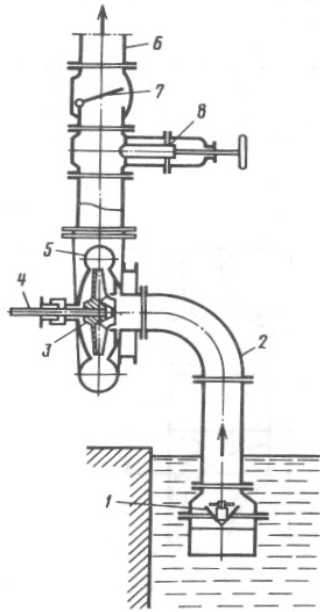
**Ишлаш принципи.** Марказдан қочма насослар оқим кинетик энергиясини босимнинг потенциал энергияга айлантириб беришига асосланиб ишлайди

(1- расм). Бу турдаги насосларда суюқликни сўриш ва узатиш марказдан қочма куч таъсирида бўлиб, бу куч насос ишчи ғилдирагига жойлашган спиралсимон куракчаларни айланишидан ҳосил бўлади. Куракчалар суюқлик оқиб ўтадиган канални ҳосил қилади.

Суюқлик, сўриш трубаши орқали, ишчи ғилдирак ўқи бўйлаб, насосга киради.

Ишчи ғилдирак суюқликка айланма ҳаракат беради. Марказдан қочма куч таъсирида суюқлик насос қобиғи билан иш ғилдираги орасидаги ўзгарувчан кўндаланг кесимли каналга кириб боради. Каналда суюқлик тезлиги узатиш қувуридаги тезлик қийматигача камаяди.

Натижада ишчи ғилдирагига киришдаги босим пасайиб, суюқлик бетўхтов насосга сўриб борилади. Марказдан қочма турдаги насосни ишга туширишдан олдин насос ичида сийракланиш ҳосил қилиш учун унинг ичига суюқлик қуйилади. Насосдан суюқлик орқага оқиб кетмаслиги учун, қайтариш клапани сўриш трубашига ўрнатилган бўлади. Гидравлик машиналар бир ва кўп босқичли насосларга бўлинади.



1-расм. Марказдан қочма насос схемаси.

1,7- клапан; 2- сўриш қузури; 3- ишчи ғилдирак; 4- ўқ; 5- қобик; 6- хайдаш қузури; 8- задвижка.

Бир босқичли насоснинг босими 50 м сув устунидан ошмайди. Шунинг учун юкори босим хосил қилиш учун бир ўкнинг ўзига кетма-кет бир неча ишчи ғилдираги ўрнатилади.

Қўп босқичли насоснинг босими ғилдирак сонига пропорционал.

Қўпинча ғилдираklar сони бештадан ортмайди (2- расм)

**Пропорционаллик қонуни.** Марказдан қочма насосларнинг напори ва унумдорлиги насос ишчи ғилдирагининг айланиш частотаси (сони)га боғлиқ бўлади. Юкоридаги тенгламага мувофиқ насос напори айланма тезлик квадратига боғлиқ, яъни  $H \sim c_2 u_2$ . га тенг.

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

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{u_2'}{u_2''} \right)^2 = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2, \quad \text{яъни} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1)$$

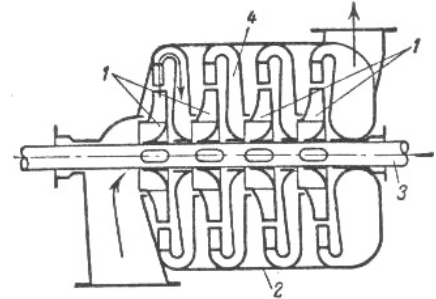
(1) тенгламадан эса, насос унумдорлиги суyoқлик ғилдирагидан ажралишдаги абсолют тезлигини радиал ташкил этувчисига пропорционал, яъни  $V \sim c_r r_2$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C'_{2r}}{C''_{2r}} = \frac{u_2'}{u_2''} = \frac{\pi D_2 n_1}{\pi D_2 n_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Насос талаб этадиган қувват эса, унумдорлик ва напорнинг кўпайтмасига пропорционал (1) ва (2) тенгламаларга биноан қуйидаги кўринишни хосил қиламиз:

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

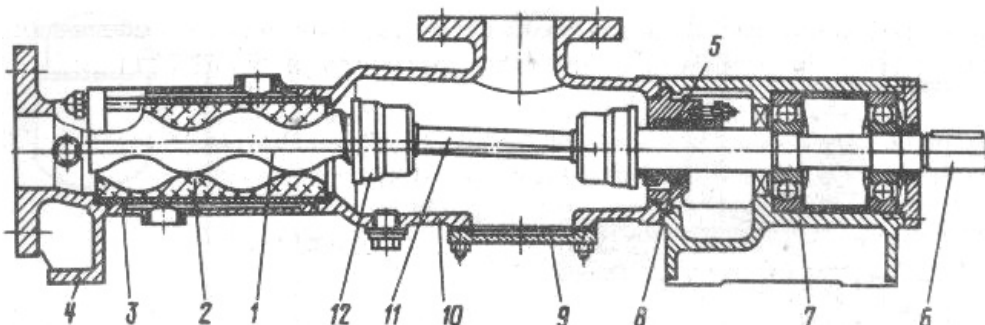
(1) - (3) тенгламалар пропорционаллик қонуни тенгламалари дейилади. Бироқ бу тенгламаларни тахминий ҳисоблар учун ишлатиш мумкин. Аниқ ҳисоблар учун эса, насос иш ғилдирагини айланишлар частотаси билан фойдали иш коэффиценти инобатга олиниши керак. Шунни қайд этиб ўтиш керакки, пропорционаллик қонунлари, айланишлар сони бир-биридан 2 баробардан ортиқ фарқ қилгандагина қўллаш мумкин.



2-расм. Қўп босқичли, марказдан қочма насос схемаси.

1-ишчи ғилдирак; 2-қобик; 3- ўқ; 4- айланма канал.

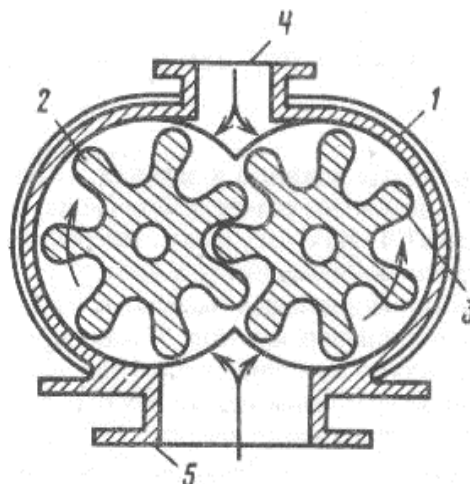
**Мононасоснинг конструкцияси** 3-расмда келтирилган. Насос корпуси чўядан ёки зангламайдиган пўлатдан тайёрланади. Статор эса, табиий каучук, синтетик, махсус резина, полиуретан, пластик массадан, юмшоқ поливинил хлорид, тефлон, полиамиддан, ротор - эса зангламайдиган металл ва пластмассадан тайёрланади.



**3-расм. Мононасос конструкцияси.** 1- ротор; 2-статор; 3-иситиш ғилофи; 4-хайдаш штуцери; 5-сальник; 6-ўқ; 7-подшипник қобиғи; 8-зичловчи халқа; 9-қопқоқ; 10-қобиқ; 11-бирлаштирувчи ўқ; 12-иситиш ғилофи

Бу насосларнинг босими  $2,4 \text{ МПа}$  ва унумдорлиги  $200 \text{ м}^3/\text{соат}$  гача бўлиши мумкин. Насосларда совитиш ёки иситиш учун ғилофлар бўлиши мумкин. Статорнинг ишчи температуралар оралиғи  $-30$  дан  $+300 \text{ }^\circ\text{C}$  гача.

Қуюқ, юқори қовушоқли суюқликларни узатишда шестерняли насослардан фойдаланилади (4-расм). Насос чўян корпусдан ясалган бўлиб, унга 2 та бир-бири билан илашадиган шестернялар ўрнатилган бўлади. Шестернялардан бири электр юриткичга уланган бўлиб, етакловчи бўлса, иккинчиси - етакланувчи хисобланади.



**4-расм. Шестерняли насос схемаси**

1-қобиқ; 2,3-шестернялар; 4-хайдаш штуцери; 5-сўриш штуцери.

Шестернялар ўзаро илашишдан чиққанида сийракланиш хосил бўлади ва суюқлик насосга сўрилади. Шестерня тишлари суюқликни сўриб кетади ва у айланиш йўналиши томон ҳаракатланади. Шестерня тишлари қайтадан илашганда, суюқлик узатилади. Шестерняли насосларни тақсимлаб бергич сифатида қўллаш ҳам мумкин. Ундан ташқари, кичик унумдорликда, юқори босимни таъминлаб беради.

**Текшириш учун саволлар.**

1. Маркадан қочма насос ишлаш принципи қандай?
2. Пропорционаллик қонуни қандай шароитда қўллаш мумкин?
3. Мононасос ва шестерняли насос қандай авзалликларга эга?



## 14-МАЪРУЗА АРАЛАШТИРИШ ЖАРАЁНИ.

### РЕЖА:

1. Аралаштириш жараёни, умумий тушунчалар.
2. Аралаштириш усуллари.
3. Аралаштиргичлар конструкциялари.

Суспензия ва эмульсиялар хосил қилиш учун суюқлик мухитларида аралаштириш жараёни қўлланилади. Пластик ва сочилувчан материалларни қориштиришдан мақсад, таркибида қаттиқ, суюқ ва пластик қўшимча моддали, бир жинсли асосий масса олишдир.

Аралаштириш пайтида иссиқлик, масса ва биокимёвий жараёнлар интенсивлашади. Аралаштириш жараёнини амалга ошириш учун турли усуллар ва аралаштиргич конструкциялари қўлланилади.

Аралаштириш сифати фазаларни қориштириш даражаси билан характерланади.

Аралаштириш қурилмасининг бутун хажмидаги фазаларни қориштириш даражаси  $I$  қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$I = 1 - \frac{\sum_1^m \frac{\Delta x'}{100 - x_{ap}} + \sum_1^n \frac{\Delta x''}{x_{ap}}}{m + n} \quad (1)$$

бу ерда  $m$  – таҳлил учун олинган намуна,  $\Delta x > 0$ ;  $\Delta x'$  - аралаштиргичдаги мусбат концентрациялар фарқи ва у ушбу формуладан топилади  $\Delta x' = x - x_{ap}$ ;  $x_{ap}$  - идеал қориштиришда аралашмадаги заррачалар концентрацияси бўлиб, у қуйидаги формуладан аниқланади:

$$x_{ap} = \frac{100V_k \cdot \rho_k}{V_c \rho_c + V_k \rho_k} \quad (2)$$

бу ерда  $V_k$ - асосий массада (суюқликда) тақсимланган қаттиқ заррачалар хажми;  $\rho_k, \rho_c$ - аралашмадаги қаттиқ заррача ва суюқлик зичликлари;  $V_c$  - суюқлик хажми;  $n$  – таҳлил учун олинган намуналар сони,  $\Delta x'' < 0$ ;  $\Delta x''$  - манфий концентрациялар фарқи,  $\Delta x'' = x - x_0$  формуладан ҳисоблаб топилади.

Фазаларни қориштириш даражаси 0 дан 1 гача ўзгариши мумкин. Агар, компонентлар идеал қориштирилса,  $I = 1$  га тенг бўлади.

### Суюқликни аралаштириш усуллари

Суюқликларни аралаштириш пневматик, циркуляцияли, статик ва механик усулларида олиб борилади.

**Пневматик аралаштириш** учун сиқилган газ (қўпинча сиқилган ҳаво) суюқлик қатлами орқали ўтказиш йўли билан амалга оширилади. Суюқлик қатламида газни бир текисда тақсимлаш учун барботер ишлатилади. Барботернинг тешикчали трубалари аралаштиргич тубига ўрнатилади. Бу усул ўртача қовушоқликка (~200 Па·с) эга суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади. Жараён тезлиги паст ва энергия сарфи кўп бўлади.

Айрим ҳолларда аралаштиришни инжекторлар ёрдамида ҳам амалга оширилади. Сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш учун эрлифт принципини ҳам қўлласа бўлади.

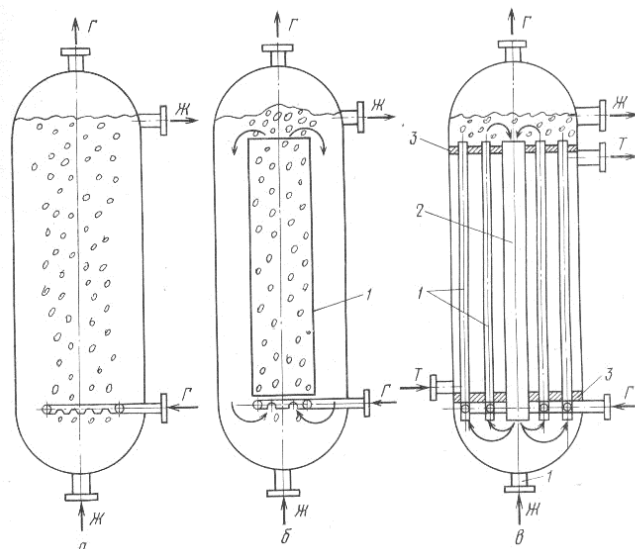
Аралаштиргичда суюқлик эркин юзаси бирлигидан вақт бирлигида ўтаётган газ миқдорига аралаштириш интенсивлиги деб аталади. Саноатда қуйидаги газ сарфлари ишлатилади:

**1- жадвал**

| т/р | Аралаштириш интенсивлиги | Газ сарфи, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·мин) |
|-----|--------------------------|--|
| 1.  | Паст                     | 0,4  |
| 2.  | Ўртача                   | 0,8  |
| 3.  | Юқори                    | 1,2  |

Пневматик аралаштириш усулининг қўлланиши чекланган бўлади, чунки айрим ҳолларда зарарли жараёнлар, яъни оксидланиш ёки махсулотнинг буғланиши юз бериши мумкин. Шунинг учун, ушбу усул газ ва суюқ фазалар ўзаро тўқнашуви рухсат этилган ҳолларда ишлатилиши мақсадга мувофиқдир.

1-расмда пневматик аралаштиргичларнинг айрим конструкциялари келтирилган.



**1-расм. Сиқилган хаво ёрдамида аралаштириш.**

а - марказий барботерли; б – газлифт (эрлифт) труба; в - газлифт ва марказий циркуляция труба қобик - труба қурилма. 1 - газлифт трубалари; 2 - циркуляция трубаси;

таъминлайди (1 б-расм). Бунинг учун, икки томони очик газлифт труба қурилма марказига жойлаштирилади. Сиқилган хаво газлифт трубаси ичига узатилади ва кўтарилувчи оқим қанчалик катта бўлса, аралаштириш шунчалик самарали бўлади.

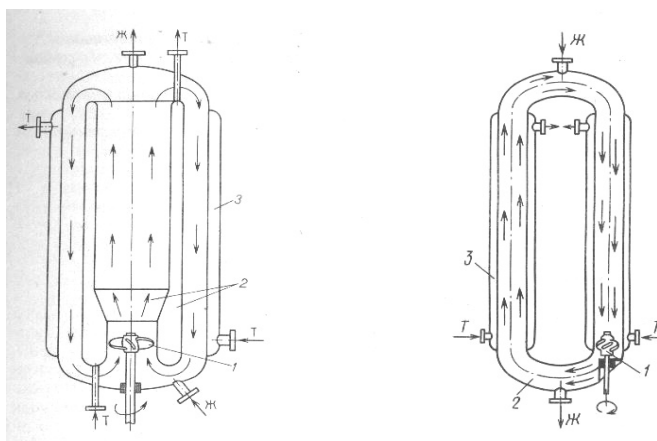
Иссиқликни узатиш ва ажратиб олиш учун газлифт ва марказий циркуляция труба қурилмалар яратилган (1 в-расм).

**Циркуляцияли аралаштириш**, насос ёрдамида амалга оширилади. Бунда, «аралаштиргич – насос – аралаштиргич» ёпиқ системасида суюқлик узлуксиз айланиб юради.

Аралаштириш жараёнининг интенсивлиги, циркуляция қарралигига, яъни вақт бирлигида насос иш унумдорлигининг, қурилма ичидаги суюқлик ҳажми нисбатига боғлиқ. Айрим ҳолларда насослар ўрнига буғ инжекторлари қўлланиши ҳам мумкин.

Ундан ташқари, турли соҳаларда йўналтирувчи труба (диффузор)ли винтсимон аралаштиргичлар ҳам ишлатилади (2-расм).

Бу турдаги қурилмаларда ёпиқ циркуляцион контур ҳосил қилинади. Насос вазифасини



**2-расм. Диффузорли ва винтсимон аралаштиргичли қурилма.**

Агар, сиқилган хаво қурилманинг пастки қисмига юборилса, унда эрлифт ҳосил бўлади

(1 а-расм). Хаво қурилманинг қанчалик юқори қисмига узатилса, шунчалик сиқилиш учун энергия сарфи кам бўлади. Шунинг учун, хавони баландлиги кам қатламларга юбориш керак, яъни пневматик аралаштириш учун диаметри катта, баландлиги кичик бўлган қурилмаларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Пневматик аралаштириш жараёнини интенсивлаш учун қурилмаларда газлифт (эрлифт) трубалари ўрнатилади. Ушбу трубалар суюқликни кўп марта циркуляция қилишини

одатда уч парракли винтсимон аралаштиргич бажаради. Шунинг учун, бундай аралаштиргичлар хисоби ўқли насослар хисобига ўхшашдир.

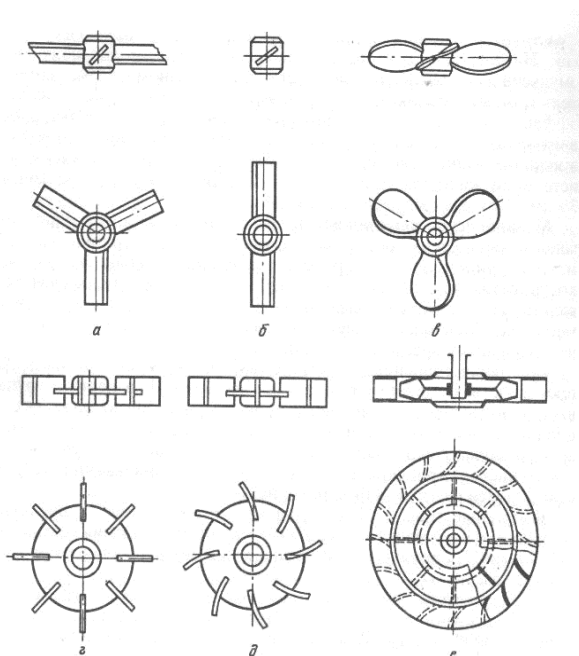
**Механик аралаштириш** «суюқлик - суюқлик», «газ - суюқлик» ва «газ-суюқлик - қаттиқ жисм» системали гидромеханик, иссиқлик ва масса, ҳамда биокимёвий жараёнларни интенсивлаш турли хил аралаштириш мослама (аралаштиргич) лар ёрдамида амалга оширилади. Аралаштиргич, айланувчи ўқга ўрнатилган, турли хил парраклардан таркиб топган мослама.

Кимё ва озиқ - овқат саноатларида қўлланиладиган ҳамма аралаштириш мосламаларини 2 гуруҳга ажратса бўлади: биринчи гуруҳга парракли, турбинали ва пропеллерли; иккинчи гуруҳга - махсус - винтли, шнекли, лентали, ромли, якорли, пичоқли ва бошқа мосламалар киради. Биринчи гуруҳ суюқликлар учун бўлса, иккинчиси эса - пластик ва сочилувчан материалларни аралаштириш учун хизмат қилади.

Ишчи органининг айланиш частотасига қараб аралаштириш мосламалари секин ва тез юрар гуруҳларга бўлинади.

Парракли, лентали, якорли ва шнекли аралаштиргичлар секин юрар мосламалар қаторига киради (3а,б-расм). Уларнинг айланма частотаси 30...90 мин<sup>-1</sup>, қовушоқ мухитларда паррак учидаги айланма тезлиги - 2...3 м/с.

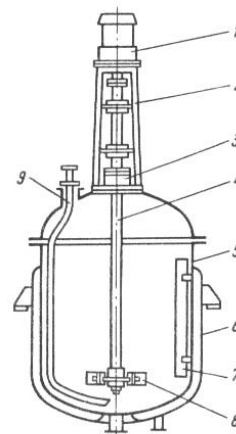
Парракли аралаштиргичлар афзалликлари: мослама содда ва нархи қиммат эмас.



**3-расм. Аралаштиргичлар турлари.**

а - уч парракли; б - икки парракли; в - пропеллерли;

г - турбинали очик; д - қия парракли, турбинали, очик;



**4-расм. Аралаштиргичли қориштиргич.**

1 - узатма; 2 - узатма таянчи; 3 - зичлагич; 4 - ўқ; 5 - қобик; 6 - ғилоф; 7 - қайтарувчи тўсиқ; 8 - аралаштиргич; 9 - труба.

Камчиликлари - айланиш ўқи бўйлаб суюқлик оқими кичик бўлади, натижада аралаштиргич хажмида суюқлик тўлиқ аралашмайди. Ўқ бўйлаб суюқлик оқими харакатини жадаллаштириш учун парраklar оғиш бурчаги 30° га тенг бўлиши керак.

Якорли аралаштиргичлар қурилма тубининг шаклига мос бўлади. Бу турдаги мосламалар қовушоқ ва ўта қовушоқ суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади. Якорли мосламалар ишлаш даврида қурилма девори ва тубини ёпишиб қолган ифлосликлардан тозалаш қобилиятига эга.

Шнекли аралаштиргичлар винтсимон шакли бўлиб, қовушоқ суюқликларни қориштириш учун мўлжалланган.

Пропеллер ва турбинали аралаштиргичлар тез юрар мосламалар қаторига киради. Уларнинг айланиш частотаси 100...3000 мин<sup>-1</sup>, айланма тезлиги 3...20 м/с.

Пропеллерли аралаштиргичлар 2 ёки 3 парракли қилиб ясалади (3в-расм). Ушбу

мосламаларга насос эффекти хос бўлади ва суюқликнинг интенсив циркуляциясини хосил қилиш учун ишлатилади. Қовушоқлиги 2 Па·с бўлган суюқликларни аралаштириш учун қўллаш мумкин.

Турбинали аралаштиргичлар турбина ғилдираклари шаклида бўлиб, парраклари ясси, қия ва эгри чизикли бўлиши мумкин (3 - г,д,е-расм). Улар очик ва ёпиқ турли бўлади. Турбина ғилдирагининг ишлаш принципи марказдан қочма кучлар таъсирига асосланган. Ёпиқ аралаштиргич иккита дискдан иборат бўлиб, суюқлик ўтиши учун тешиги бор. Ҳам радиал, ҳам турбина ўқи бўйлаб оқимлар хосил қилиш учун қия парракли, турбинали аралаштиргичлардан фойдаланилади. Турбинали мосламалар қурилманинг бутун ҳажмида суюқликни интенсив аралаштиради. Суюқликнинг айлана бўйлаб ҳаракатини камайтириш ва қурилмада ўрама хосил бўлишини бартараф қилиш учун цилиндрсимон қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади.

Турбинали аралаштиргичлар қовушоқлиги 500 Па·с гача бўлган суюқликларни ва дағал суспензияларни аралаштириш учун қўлланилади.

Қопқоқли қобиқ, узатма ва аралаштиргичлардан ташкил топган типик қориштиргич 3.52-расмда кўрсатилган.

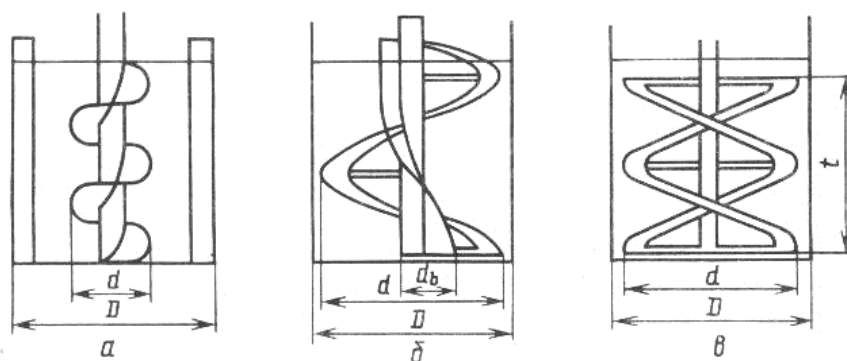
Ишчи ғилдирак 200...2000 айл/мин частота билан айланма ҳаракатланади. Турбина ғилдираги марказдан қочма куч таъсирида суюқликка тегишли энергия беради. Суюқлик аралаштиргич марказий тешигидан кириб, у ерда марказдан қочма куч таъсирида тезланиш олган ҳолда радиал йўналишида чиқиб кетади. Турбинада суюқлик вертикал йўналишдан горизонталга ўтади ва ундан катта тезликда чиқиб кетади. Бу турдаги қурилманинг самарадорлиги юқори.

Турбинали аралаштиргич диаметри қурилма қобиғи диаметрининг 0,15...0,35 улушини ташкил этади. Бу қурилмалар қовушоқлиги 1...700 Па·с га тенг суюқликларни аралаштириш учун мўлжалланган.

#### Пластмассаларни аралаштириш

Кимё саноатида пластик массаларни аралаштиришда, озиқ-овқат саноатида нон ёпиш, макарон ва қандолат маҳсулотларини ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бу жараёнда на фақат турли компонентлар қориштирилади, балки, хамир эзиб қориштирилади, хаво билан тўйинтирилади ва маълум бир хоссаларга эга бўлади.

Аралаштириш жараёни даврий ва узлуксиз қориштиргичларда олиб борилиши мумкин. Бу турдаги қурилмалар ичида ромли, шнекли ёки лентали аралаштиргичлар вертикал ёки горизонтал ўқда ўрнатилади (5-расм).



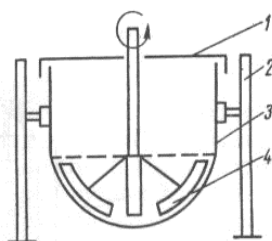
5-расм. Шнекли (а) ва лентали (б, в) аралаштиргичлар схемаси.

Шнекли аралаштиргич истеъмол қилаётган қувватни аниқлаш учун ушбу тенглама қўлланиши мумкин:

$$Eu_m = \frac{71}{Re_m}$$

ёки

$$N = Ad_m \cdot n^2 \mu \quad (3)$$



6-расм. Хамир тайёрлаш қурилмаси.

1 - қопқоқ; 2 - таянч; 3 - қобиқ;

92

бу ерда  $d_m$  - аралаштиргич диаметри;  $A$  - аралаштиргич мосламасининг геометрик нисбатлари функцияси сифатида топиладиган коэффициент.

Кам ва юқори қовушоқли қандолат махсулотлар (вафли, бисквит ва бошқа хамирлар) ни, ҳамда қандолат массаларини сочилувчан компонентлар (кекс хамирларини майиз, оксил массасини ёнғоқ) билан қориштириш учун иккита спиралсимон ишчи органли тоғарасимон шаклли аралаштиргичлар қўлланилади.

Аралаштириш жараёни юққа қатламда олиб борилгани сабабли, юқори даражада интенсивлашга эришиш мумкин.

Қурилма туби шаклида ясалган, 90° бурчак остида ўрнатилган 4 парракли қориштириш мосламали аралаштиргичда ширинликлар хаамири тайёрланади (6-расм).

Аралаштиргичнинг айланиш частотаси 12 мин<sup>-1</sup>. Қориштириш жараёни тугагандан сўнг, қобик 3 ағдарилади, яъни қопқоқ 1 очилади ва хамир тўкилади.

#### **Текшириш учун саволлар:**

1. Аралаштириш жараёни нима?
2. Қандай аралаштириш мосламаларини биласиз?
3. Парракли аралаштиргичларни камчилиги ва авзаллиги қандай?

## **15- МАЪРУЗА**

### **ИССИҚЛИК ТАРҚАЛИШ ТУРЛАРИ.**

#### **РЕЖА:**

1. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари тўғрисида умумий тушунчалар.
2. Иссиқлик баланси ва температура градиенти.
3. Иссиқлик ўтказувчанлик.
4. Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.
5. Иссиқлик нурланиши.
6. Стефан-Больцман ва Крихгоф қонуни.

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

Жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи, бу ҳар хил температурали бўлган жисмларнинг температуралар фарқидир. Термодинамиканинг 2-қонунига биноан, иссиқлик ҳар доим температураси юқори жисмдан температураси паст жисмга ўтади.

Иссиқлик (иссиқлик миқдори) – бу иссиқлик алмашиниш жараёнининг энергетик характеристикаси бўлиб, жараён мобайнида узатилган ёки олинган энергия миқдори билан белгиланади.

Иссиқлик алмашиниш жараёнида иштирок этувчи жисмлар иссиқлик ташувчи элткич ёки иссиқлик элткич деб номланади.

Иссиқлик ўтказиш – иссиқлик энергиясининг тарқалиш жараёнлари тўқрисидаги фан.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларига иситиш, совитиш, конденсациялаш, буқланиш ва буқлатишлар киради. Ушбу жараёнларни амалга ошириш учун мўлжалланган қурилмалар иссиқлик алмашиниш қурилмалари деб аталади.

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

Иссиқлик ва совуқлик элткичлар кимёвий бардошли бўлиши, қурилмаларини емирмаслиги ва унинг деворларида қаттиқ, қовак, қуйқа ҳосил қилмаслиги керак. Шунинг учун, иссиқлик ёки совуқлик элткичларни танлашда жараён температураси, нархи ва

уларни қўлланиш соҳалари каби кўрсаткичларга катта аҳамият бериш керак.

Температураси турли бўлган муҳитлар орасида иссиқлик ўтказиш туркун ва нотуркун шароитларда амалга ошиши мумкин.

Туркун жараёнларда қурилманинг температура майдони вақт ўтиши билан ўзгармайди. Нотуркун жараёнларда эса, вақт ўтиши билан температура ўзгаради. Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда жараёнлар туркун боради, узлукли (даврий) ишлайдиган қурилмаларда эса – жараёнлар нотуркун бўлади. Ундан ташқари, даврий ишлайдиган қурилмаларни юргизиш ва тўхтатиш, ҳамда иш режимлари ўзгарган ҳолларда нотуркун жараёнлар содир бўлади.

Иссиқлик ўтказиш жараёнининг асосий кинетик характеристикалари бўлиб, ўртача температуралар фарқи, иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва узатилаётган иссиқлик миқдорлари ҳисобланади.

Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблашда қуйидаги параметрлар топилади:

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

2. Берилган вақт ичида зарур иссиқлик миқдорини узатишни таъминловчи қурилма-нинг иссиқлик алмашилиш юзаси аниқланади.

Бунинг учун иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланилади.

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

### **Иссиқлик баланси.**

Температураси юқори иссиқлик элткичдан берилаётган иссиқлик миқдори  $Q_1$  температураси паст элткични иситиш учун  $Q_2$  ва маълум бир қисми қурилмадан атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик ўрнини тўлдириш учун  $Q_{iўқ}$  сарф бўлади. Одатда, иссиқлик қопламали қурилмалар учун  $Q_{iўқ}$  миқдори фойдали иссиқлик миқдорининг 3...5% ни ташкил этади. Шунинг учун, бу турдаги қурилмаларни ҳисоблашда  $Q_{iўқ}$  ни эътиборга олмаса ҳам бўлади. Унда, иссиқлик баланси қуйидаги тенглик билан ифодаланиши мумкин:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

бу ерда  $Q$  - қурилманинг иссиқлик юқламаси.

Агар, иссиқлик элткичнинг массавий сарфи  $G_1$ , унинг қурилмага кириш энтальпияси  $I_{1б}$  ва чиқишдагиси эса  $I_{1ч}$ , совуқлик элткичнинг сарфи  $G_2$  қурилмага киришдаги энтальпияси  $I_{2б}$  ва чиқишдагиси  $I_{2ч}$  бўлганда (1) тенгликни ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$Q = G_1(I_{1б} - I_{1ч}) = G_2(I_{2ч} - I_{2б}) \quad (2)$$

Агар, иссиқлик алмашилиш жараёнида иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгармаса, унда унинг энтальпияси ушбу кўринишда ифодаланади:

$$I_{1б} = c_{1б}t_{1б} \quad I_{1ч} = c_{1ч}t_{1ч} \quad (3)$$

$$I_{2ч} = c_{2ч}t_{2ч} \quad I_{2б} = c_{2б}t_{2б}$$

Одатда, техник ҳисобларда маълум температура учун энтальпия қиймати жадвал ва диаграммалардан топилади.

Агар, иккала элткичнинг солиштирма иссиқлик сиқимлари ( $C_1$  ва  $C_2$ ) температурага боқлиқ эмас деб ҳисобланса, унда иссиқлик баланснинг тенгламаси қуйидаги кўринишни олади:

$$Q = G_1 c_1 (t_{1\delta} - t_{1\epsilon}) = G_2 c_2 (t_{2\epsilon} - t_{2\delta}) \quad (4)$$

### Температура майдони ва градиенти

Муҳитларда иссиқлик оқими ва температуранинг тақсимланиши ўртасидаги боқлиқликни аниқлаш иссиқлик алмашилиш назариясининг асосий вазифаларидан биридир.

Текширилатган муҳитнинг ҳамма нуқталари учун исталган бирор вақтдаги температура қийматлари мажмуига *температура майдони* дейилади.

Энг умумий ҳолатда маълум бир нуқтадаги температура  $t$  шу нуқтанинг координаталари  $(x, y, z)$  боқлиқ бўлади ва вақт  $\tau$  ўтиши билан ўзгаради. Демак, температура майдонини ушбу функция билан ифодалаш мумкин:

$$\tau = f(x, y, z, t) \quad (5)$$

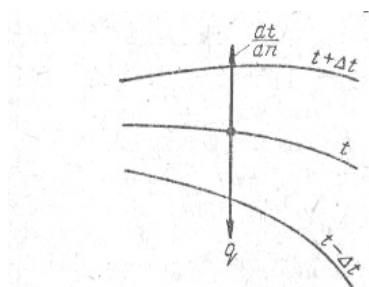
Ушбу боқлиқлик турқун температура майдонини ифодаловчи тенгламадир. Хусусий ҳолатда (5) тенглама фақат фазовий координаталар функцияси бўлади, яъни:

$$t = f(x, y, z) \quad (6)$$

ва унга тегишли турқун температура майдонини ифодалайди.

Агар, жисмда бирор текислик ўтказилса ва ушбу текисликдаги бир хил температурали нуқталарни бирлаштирсак, ўзгармас температурали чизиқ (изотерма) га эга бўламиз. Температураси бир хил нуқталардан ташкил топган жисмнинг юзаси изотермик юза деб номланади.

Иккита бир-бирига яқин жойлашган изотермик юзаларнинг температуралар фарқи  $\Delta t$  бўлса, улар орасидаги энг қисқа масофа  $\Delta n$  бўлади (1-расм). Агар, иккала изотермик юзалар бир-бирига яқинлашиб борса  $\frac{\Delta t}{\Delta n}$  нисбат ушбу чегарага интилади:



$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad } t \quad (7)$$

1-расм. Температура

градиентини аниқлашга оид.

Изотермик юзага нормал бўйича йўналган температура ҳосиласи температура градиенти деб номланади.

Температура градиенти вектор катталикдир.

Температура градиенти нольга тенг бўлмаган

( $\text{grad } t \neq 0$ ) шароитдагина иссиқлик оқими ҳосил бўлиши мумкин.

Маълумки, иссиқлик оқими ҳар доим температура градиенти чизиқи бўйлаб ҳаракат қилади. Лекин, унинг ҳаракат йўналиши температура градиентига қарама-қарши бўлади.

### Иссиқлик ўтказувчанлик

**Фурье қонуни.** Қаттиқ жисмларда иссиқлик тарқалиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида Фурье (1768-1830) иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонуни кашф этди. Ушбу қонунга биноан, иссиқлик ўтказувчанлик орқали узатилган иссиқлик миқдори  $dQ$  температура градиенти  $\partial/\partial n$ , вақт  $d\tau$  га ва иссиқлик оқими йўналишига перпендикуляр бўлган майдон юзаси  $dF$  га пропорционал бўлади, яъни:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (8)$$

(8) формуладаги пропорционаллик коэффициенти  $\lambda$  иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти деб аталади. Бу коэффициент жисмнинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини характерлайди ва қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

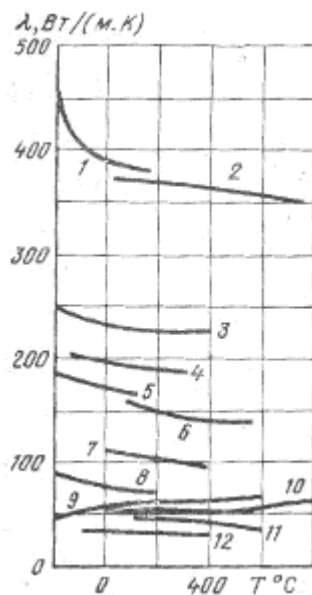
$$[\lambda] = \left[ \frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[ \frac{Ж \cdot м}{К \cdot м^2 \cdot с} \right] = \left[ \frac{Вт}{м \cdot К} \right]$$

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти иссиқлик алмашилиш юза бирлигидан ( $1 м^2$ ) вақт бирлиги давомида изотермик юзага нормал бўлган  $1 м$  узунликка тўқри келган температураларнинг  $1 К(^{\circ}С)$  га пасайиши вақтида узатилган иссиқлик миқдорини ифодалайди.

Жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти унинг таркиби, физик-кимёвий хоссалари, температура, босим ва бошқа катталикларга боқлиқ. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти турли материаллар учун қуйидаги ораликда бўлади:

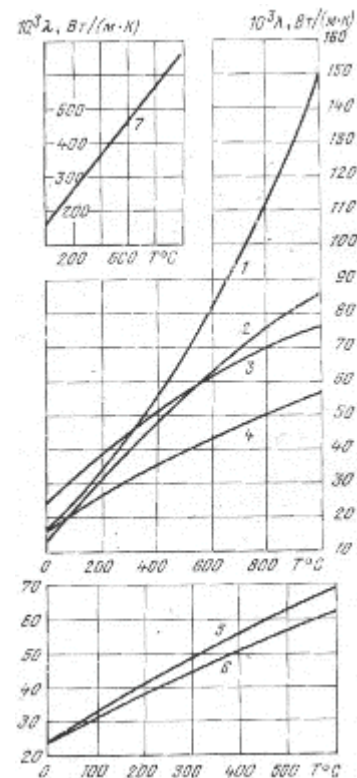
- газлар учун  $0,005 \dots 0,5 Вт/(м \cdot К)$ ;
- суюқликлар учун  $0,08 \dots 0,7 Вт/(м \cdot К)$ ;
- иссиқлик қоплама ва қурилиш материаллари учун  $0,22 \dots 3,0 Вт/(м \cdot К)$ ;
- металлар учун  $2,3 \dots 458,0 Вт/(м \cdot К)$ .

Кимё ва озик-овқат саноатларида қўлланиладиган айрим металлар иссиқлик ўтказувчанлик



**2- расм. Айрим металларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.**

1-тоза мис; 2-мис 99,9%; 3- алюминий 99,7%; 4-алюмий 99,0%; 5-тоза марганец; 6-марганец 99,6% ; 7- рух 99,8%; 8-тоза платина; 9-никель 99%; 10-никель 99,2%; 11-темир 99,2%; 12-техник тоза кўрғошин.



**3-расм. Турли газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.**

1- сув буғи; 2- углекислота; 3- хаво; 4- аргон; 5- кислород; 6- азот; 7- водород.

коэффициенти қуйидаги қийматларга эга: легирланган пўлат -  $14 \dots 23$ ; кўрқошин -  $35$ ; углеродли пўлат -  $45$ ; никель -  $58$ ; чўян -  $63$ ; алюминий -  $204$ ; мис -  $384$ ; кумуш -  $458 Вт/(м \cdot К)$ . Саноатда энг кўп қўлланиладиган металлар ва суюқликлар иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти 2 ва 3 - расмларда келтирилган.



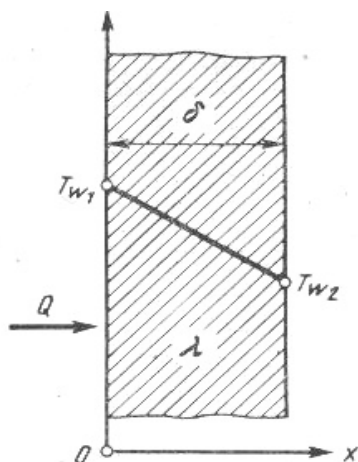
### Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги

Бир жинсли, деворнинг қалинлиги  $\delta$  ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$  бўлган бир қатламли текис девордан иссиқлик ўтишини кўриб чиқамиз. Деворнинг ташқи юза температураси  $t_{w1}$ , ички юзасиники эса  $t_{w2}$  га тенг, лекин  $t_{w1} > t_{w2}$  (1-расм).

Бир қатламли, текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини келтириб чиқариш учун Фурьенинг дифференциал тенгламасидан фойдаланамиз.

Маълумки, турқун иссиқлик режимда деворнинг турли нукталаридаги температура, вақт ўтиши билан ўзгармайди, яъни  $dt/d\tau = 0$ . Ундан ташқари, температура майдони бир ўлчамли бўлади.

Демак, температура фақат бир йўналиш ( $x$  ўқи) бўйлаб ўзгаради, яъни:



1-расм. Текис бир қатламли деворнинг

иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини чегаравий ( $x=0$  ва  $x=\delta$ ) шартлардан аниқлаймиз:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

Шундай қилиб, турқун жараёнда бир қатламли текис девор учун (1) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0 \quad (2)$$

(2) тенгламани интегралласак, қуйидаги тенгликларни оламиз:

$$\frac{dt}{dx} = C_1; \quad t = C_1 x + C_2 \quad (3)$$

Интеграллаш константалари  $C_1$  ва  $C_2$  ларни

$$C_2 = t_{w1}; \quad C_1 = \frac{dt}{dx} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \quad (4)$$

Агар, (3) ни (4) га қўйсак, қуйидаги натижага эга бўламиз:

$$t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \cdot x + t_{w1} \quad (5)$$

Охириги (5) тенгламани таҳлил қилсак, ушбу хулосага келиш мумкин: турқун иссиқлик жараёнида текис деворнинг қалинлиги бўйлаб температура тўқри чизик қонунига биноан ўзгаради ва температура градиенти ўзгармас қийматини сақлайди.

Аниқланган температура градиенти қийматини (8) тенгламага қўйсак, иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонунини ифодаловчи тенгламани оламиз:

$$dQ = \lambda \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} dF d\tau$$

ёки

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) F \tau \quad (6)$$

бу ерда  $\lambda/\delta$  нибат деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини, унга тескари катталиқ  $\delta/\lambda$  - деворнинг термик ёки иссиқлик қаршилигини ифодалайди.

Агар, текис девор  $n$  та (бир-биридан фарқли) қатламдан иборат бўлса, турқун иссиқлик жараёнида ҳар бир қатлам орқали бир хил миқдорда иссиқлик ўтади (2 -расм) ва у турли қатламлар учун қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{w1} - t_a) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (t_{w1} - t_a) F \tau$$

$$Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_a - t_b) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (t_a - t_b) F \tau$$

.....

$$Q = \frac{\lambda_n}{\delta_n} (t_n - t_{w2}) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_n}{\lambda_n} = (t_n - t_{w2}) F \tau$$

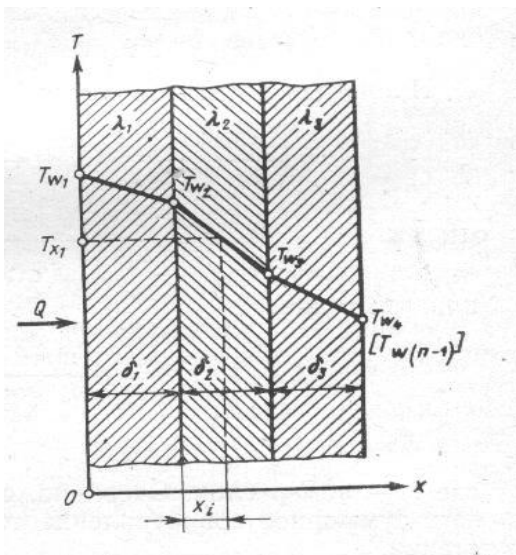
Тенгламалар ўнг ва чап қисмларини қўшиш натижасида ушбу кўринишга эришамиз:

$$Q \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) = (t_{w1} - t_2) F \tau$$

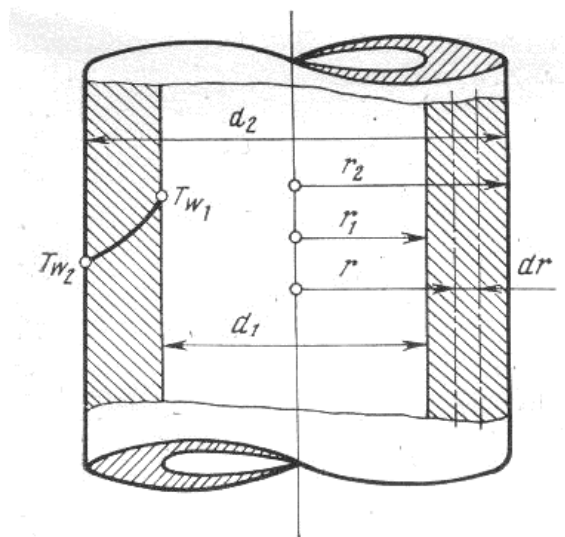
Бунда

$$Q = \frac{(t_{w1} - t_{w2}) F \tau}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (7)$$

бу ерда  $i$ - девор қатламининг тартиб рақами;  $n$ - қатламлар сони.



2-расм. Текис, кўп қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини



3-расм. Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини келтириб

### Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги

Узунлиги  $L$ , ички радиуси  $r_u$  ва ташқи радиуси  $r_t$  бўлган цилиндрик деворнинг

иссиқлик ўтказувчанлигини кўриб чиқамиз (3-расм). Иссиқлик ўтказиш турқун жараёнда амалга ошаётгани учун деворнинг ички ва ташқи юзаларидаги температуралари ўзгармасдир, яъни  $t_{w1} = t_{w2}$ .

Температура фақат радиус бўйлаб ўзгармоқда ва  $t_{w1} > t_{w2}$  деб қабул қиламиз. Цилиндрик деворнинг бирор  $r$  радиусдаги юзаси  $F = 2\pi rL$  бўлсин. Агар,  $F$  нинг қийматини (8) тенгламага қўйсак, бир ўлчовли майдон учун  $Q$  ни топиш мумкин:

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{d\delta}$$

бу ерда  $\delta = r_m - r_u$ .

Агар  $d\delta$  ўрнига  $dr$  ни қўйсак, унда

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

ёки

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L \tau}{Q} dt$$

ушбу тенгламани  $r_u$  дан  $r_m$  ва  $t_{w1}$  дан  $t_{w2}$  ораликда интегралласак, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$\ln \frac{r_m}{r_u} = -\frac{2\pi L \tau}{Q} (t_{w2} - t_{w1})$$

ёки  $r_m/r_u = d_m/d_u$  эканлиги ҳисобга олсак, ушбу формулани оламиз:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{d_m}{d_u}} \quad (8)$$

Келтирилиб чиқарилган (8) формуладан кўришиб турибдики, цилиндрик деворларнинг қалинлиги бўйича температура логарифмик (эгричизик) қонуни асосида ўзгаради. Ушбу тенглама тургун иссиқлик ўтиш жараёни учун цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан  $n$  – қатламли цилиндрик девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик усулида узатилган иссиқлик миқдорини аниқлаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (9)$$

### Иссиқлик нурланиши.

Иссиқлик нурланиши тўлқин узунликлари спектрнинг кўз илғамас қисмида бўлиб, 0,8...40 мкм ораликда бўлади. Улар ёруқлик нурлари 0,4...0,8 мкм дан фақат тўлқин узунликлари билан фарқланади. 1 жадвалда нурланиш турига қараб тўлқин узунликларининг ўзгариши ҳақида маълумотлар келтирилган.

#### 1- жадвал

#### Электромагнит тўлқинларининг умумий классификацияси

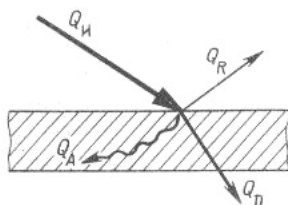
| Нурланиш тури | Тўлқин узунлиги, м |
|---------------|--------------------|
|---------------|--------------------|

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Космик                | $0,05 \cdot 10^{-12}$                          |
| $\gamma$ - нурланиш   | $0,05 \cdot 10^{-12} \dots 0,1 \cdot 10^{-12}$ |
| Рентген               | $10^{-12} \dots 20 \cdot 10^{-9}$              |
| Ультрабинафша         | $20 \cdot 10^{-9} \dots 0,4 \cdot 10^{-6}$     |
| Кўз илқайдиган        | $0,4 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-6}$    |
| Иссиқлик (инфракизил) | $0,8 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-3}$    |
| Радио тўлқинлар       | $0,2 \cdot 10^{-3} \dots x \cdot 10^{-3}$      |

Иссиқлик ва ёруқлик нурланишининг табиати бир хил бўлиб, умумий қонуниятлар билан характерланади, яъни бир жинсли ва изотроп муҳитларда нурланиш энергияси тўқри чизик бўйлаб тарқалади. Иссиқ жисмлардан тарқалаётган оқим нурлари бошқа жисмга тушганда, энергиянинг бир қисми ютилади  $Q_{ют}$ , бир қисми қайтарилади  $Q_{қай}$  ва бир қисми ўзгармасдан  $Q_{ўз}$  ўтиб кетади.

Унда, энергиянинг умумий баланси:

$$Q_{ют} + Q_{қай} + Q_{ўз} = Q_{нур} \quad (10)$$



ёки ушбу балансининг улушлардаги кўриниши:

$$\frac{Q_{ют}}{Q_{нур}} + \frac{Q_{қай}}{Q_{нур}} + \frac{Q_{ўз}}{Q_{нур}} = 1 \quad (10a)$$

**4.- расм.** Нурланиш энергияси балансига оид.

бу ерда  $Q_{ют}/Q_{нур}$  – жисмнинг нурланган иссиқликни ютиш қобилиятини;  $Q_{қай}/Q_{нур}$  – жисмнинг нурланган иссиқликни қайтариш қобилиятини;  $Q_{ўз}/Q_{нур}$  – жисмнинг нурланган иссиқликни ўтказиб юбориш қобилиятини

характерлайди. Умуман олганда ҳар бир нисбат 1 га тенг бўлиши мумкин, агар қолган иккита нисбат нолга тенг бўлса.

$Q_{ют}/Q_{нур} = 1$  бўлганда ( $Q_{қай}/Q_{нур} = Q_{ўз}/Q_{нур} = 0$ ), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ютилади. Бу ҳолда жисм абсолют қора жисм деб номланади.  $Q_{ўз}/Q_{нур} = 1$  бўлганда ( $Q_{ют}/Q_{нур} = Q_{қай}/Q_{нур} = 0$ ), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ўзгармасдан ўтиб кетади. Бу ҳолда жисм **абсолют шаффоф жисм** деб номланади.

Саноатда ва табиатда абсолют қора, оқ ва шаффоф жисмлар бўлмайди.  $Q_{ют}/Q_{нур}$ ,  $Q_{қай}/Q_{нур}$  ва  $Q_{ўз}/Q_{нур}$  ўртасидаги боқлиқлик жисм табиатига, юзаси ҳолатига ва температурасига боқлиқдир. Табиатда учрайдиган ҳамма жисмлар нурланган энергиянинг бир қисмини ютади, бир қисмини қайтаради ва бир қисмини ўзидан ўтказиб юборади. Бундай жисмлар **кул ранг жисмлар** деб номланади.

Табиатда учрайдиган жисмлардан қорақуя абсолют қора жисмга яқинроқ. Лекин, у ҳам фақат 90...96 % нурланган энергияни юта олади. Тушаётган нурланган энергияни ўта силлиқланган, ёруқ юзаларгина тўлиқроқ қайтариш қобилиятига эга. Кўпчилик қаттиқ жисмлар шаффоф эмас жисмлар турига киради. Аммо, ҳамма газлар (кўп атомли газлардан ташқари) шаффоф бўлади.

Иссиқлик нурланиш қонуниятлари Стефан-Больцман, Кирхгоф ва Ламберт қонунлари билан ифодаланади.

**Стефан-Больцман қонуни** жисмнинг нур чиқариш қобилияти  $E$  ва жисмдан 1 соат мобайнида  $F$  юзасидан ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдори  $Q$  орасидаги боқлиқликни ифодалайди:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (1)$$

Нурланиш энергияси тўлқин узунлиги ва жисмнинг температурасига боқлиқ бўлади. Абсолют қора жисмнинг нур тарқатиш қобилияти ва температураси орасидаги боқлиқлик ушбу формуладан топилади:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{ёки} \quad E_0 = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (12)$$

бу ерда  $K_0 = (4,19 \dots 5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  – абсолют қора жисмнинг нур чиқариш константаси;  $C_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19 \dots 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ .

(12) формула Стефан - Больцман қонунининг ифодаси бўлиб, Планк тенгламасининг ҳосиласидир.

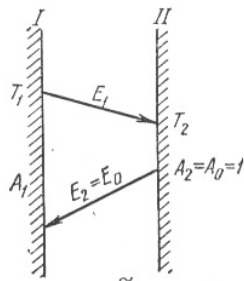
Стефан - Больцман қонунини абсолют қора бўлмаган жисмлар учун ҳам қўллаш мумкин. Масалан, кул ранг жисмлар учун қуйидаги кўринишга эга:

$$E = \varepsilon \cdot C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (13)$$

бу ерда  $\varepsilon = C/C_0$  – кул ранг жисмнинг қоралик даражаси ёки унинг нур чиқариш коэффициентини;  $C_0$  – кул ранг жисмнинг нур чиқариш коэффициентини.

Кул ранг жисмнинг нур чиқариш коэффициентини ҳар доим 1 дан кичик бўлиб, 0,055...0,95 ораликда ўзгаради.

**Кирхгоф қонуни** кул ранг жисмларнинг нур тарқатиш ва уни ютиш қобилиятлари ўртасидаги боқлиқликни ифодалайди.



Бир-бирига параллел жойлашган, кул ранг **I** ва абсолют қора **II** жисмларни кўриб чиқамиз (5-расм).

Кул ранг жисмнинг ютиш қобилиятини  $A_1$ , абсолют қора жисмникини эса  $A_2 = A_0 = I$ . Кул ранг жисм температураси абсолют қораникидан катта, яъни  $T_1 > T_2$  деб қабул қиламиз. Бунда, кул ранг жисмдан нурланиш усулида узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (14)$$

**5-расм.** Кирхгоф қонунига

оид схема.  $Q_{\text{ай}}/Q_{\text{нур}} = Q_{\text{т}}/Q_{\text{нур}} = 1$ .

Иккала жисмнинг температураси тенглашганда, иссиқлик мувозанат ҳолати юзага келади ва  $q = 0$  бўлади.

Демак:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (15)$$

бундан

$$\frac{E_1}{A} = E_0 \quad (15a)$$

Ушбу хулосани умумлаштириб, бир нечта параллел жойлаштирилган жисмлар учун ушбу ифодани келтириб чиқарамиз:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (16)$$

(16) тенглама Кирхгоф қонунини характерлайди. Ушбу тенгламага биноан, маълум бирор температура учун исталган бир жисмнинг нур тарқатиш қобилияти, унинг нур ютиш қобилиятига бўлган нисбати ўзгармас миқдор бўлиб, абсолют қора жисмнинг нур тарқатиш қобилиятига тенгдир.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Иссиқлик алмашилиш жараёнини харакатлантирувчи кучи нима?
2. Фурье қонуни ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини.
3. Жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини қайси катталикларга боғлиқ?

- 4.Текис девор ва цилиндрик девордан иссиқлик ўтказувчанлик қандай бўлади?
5. Иссиқлик нурланиши хақида нима биласиз?
- 6.Крихгоф қонуни нимани ифодалайди?

## 16-МАЪРУЗА КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ.

### РЕЖА:

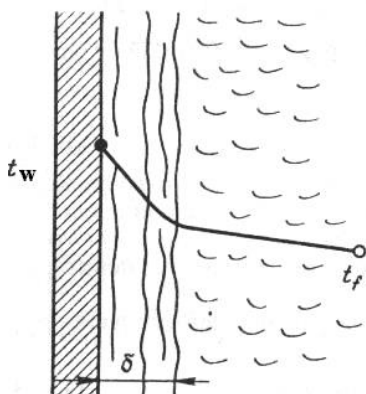
1. Конвектив иссиқлик алмашиниш.
2. Ньютон қонуни.
3. Иссиқлик критерийлари.  $Nu$ ,  $Fo$ ,  $Pr$ ,  $Pe$ ,  $Gr$ ,  $Ga$ .

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

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

Оқим ўзаги иссиқлик ўтиш вақтининг ўзида ҳам конвекция, ҳам иссиқлик ўтказувчанлик усулларида амалга ошади. Бундай иссиқлик алмашиниш **конвектив иссиқлик алмашиниш** дейилади (1-расм).

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



1-расм. Конвектив иссиқлик алмашиниш схемаси.

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

Конвектив иссиқлик алмашиниш асосан 2 хил бўлади, яъни **эркин** (ёки **табiiй**) ва **мажбурий** конвекция.

Суюқлик ҳажмининг турли нуқталаридаги зичликларнинг фарқи туфайли рўй берадиган иссиқлик алмашинишга **эркин конвекция** дейилади. Бу жараёнга суюқликнинг физик

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

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

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

### Ньютон қонуни

Иссиқлик беришнинг асосий қонуни – бу Ньютоннинг совитиш қонунидир.

Иссиқлик алмашиниш юзаси ва суюқлик (газ) ёки суюқлик (газ) ва иссиқлик

алмашиниш юзаси орасида энергия ўтишига **иссиқлик бериш** деб номланади.

Иссиқлик бериш жараёни иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha$  билан белгиланади.

Ушбу қонунга биноан, иссиқлик алмашиниш суықлик (газ) га узатилган иссиқлик миқдори  $dQ$ , деворнинг юзаси  $dF$ , юза  $t_w$  ва муҳит температуралари  $t_f$  нинг фарқи  $(t_w - t_f)$ , ҳамда жараённинг давомийлиги  $d\tau$  га тўқри пропорционалдир, яъни:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha (t_w - t_f) \cdot dF \cdot d\tau \\ dQ &= \alpha (t_f - t_w) \cdot dF \cdot d\tau \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) тенгламадан иссиқлик бериш коэффицентининг ўлчов бирлигини келтириб чиқариш мумкин:

$$\alpha = \left[ \frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[ \frac{Ж}{м^2 \cdot соам \cdot К} \right] = \left[ \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$$

Агар, иссиқлик алмашиниш юзаси бўйлаб иссиқлик бериш коэффицентининг қиймати ўзгармас ( $\alpha = const$ ) бўлса, (1) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha (t_w - t_f) \cdot F \cdot \tau \\ Q &= \alpha (t_f - t_w) \cdot F \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Демак, иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha$  деворнинг  $I$  м<sup>2</sup> юзасидан суықликка  $I$  с вақт давомида, девор ва суықлик температураларининг фарқи  $I$  К бўлганда узатилган иссиқлик миқдорини билдиради. Ушбу, иссиқлик бериш коэффицентининг миқдори бир нечта параметрларга боқлиқдир, яъни суықликнинг ҳаракат режими  $w$ , унинг зичлиги  $\rho$ , қовушоклиги  $\mu$ , солиштирма иссиқлик сиқими  $c$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти  $\lambda$ , ҳажмий кенгайиш коэффиценти  $\beta$ , деворнинг шакли ва ўлчамлари (труба диаметри  $d$  ва узунлиги  $L$ ), ҳамда қадир-будурлиги  $e$  ва ҳоказоларга.

Юқорида айтилганларни қуйидаги функция ҳолатида ёзиш мумкин:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, \dots) \quad (3)$$

Умумий кўринишга эга бўлган иссиқлик бериш коэффиценти тенгламаси кўринишидан содда бўлса ҳам,  $\alpha$  ни аниқлаш жуда мураккаб. Чунки, (3) дан кўришиб турибдики,  $\alpha$  жуда кўп параметрларга боқлиқ. Шунинг учун, тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси ёрдамида умумлаштириш йўли билан иссиқлик бериш коэффицентини ҳисоблаш критериял формуласини келтириб чиқариш мумкин.

Иссиқлик бериш коэффицентини аниқлаш учун суықликда температура тақсимланишини билиш зарур. Ундан ташқари, иссиқлик алмашиниш жараёнини ҳисоблаш учун иссиқлик бериш коэффицентини ўзгарувчи параметрлар билан боқлиқ тенгламасига эга бўлиши керак.

Бундай тенглама бўлиб конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси хизмат қилади. Лекин, ушбу тенглама девор ва суықлик чегарасидаги шартларни характерловчи тенглама билан тўлдирилган бўлиши керак.

### **Конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье - Кирхгоф тенгламаси)**

Маълумки, конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнида суықликда иссиқлик ҳам,

иссиқлик ўтказувчанлик, ҳам конвекция усулларида узатилади.

Иссиқлик ўтказувчанлик қуйидаги тенглама билан ифодаланади ва ушбу кўринишга эга:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (3a)$$

Ушбу тенгламанинг чап томонидаги нисбат суюқлик (газ)дан ажратиб олинган кўзқалмас элемент температурасининг локал (маҳаллий) ўзгаришини ифодалайди.

Конвектив иссиқлик алмашилишида ушбу элемент суюқликнинг бир нуқтасидан иккинчисига кўчади. Бу ҳолатдаги элементнинг температура ўзгариши субстанционал ҳосила ёрдамида ифодаланиши мумкин. Агар, элементнинг фазодаги  $x, y, z$  ўқлар бўйича кўчишини  $w_x, w_y, w_z$  деб белгиласак, унда элемент температурасининг тўлиқ ўзгаришини характерловчи субстанционал ҳосила қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z \quad (4)$$

(4) тенгликдаги  $\partial t / \partial \tau$  температуранинг локал (маҳаллий) ўзгариши, қолган кўшилувчилар йиқиндиси эса - температуранинг конвектив ўзгаришини ифодалайди.

Агар, (3a) тенгламанинг температурадаги локал ўзгаришини тўлиқ ўзгаришига (4) алмаштирсак, Фурье - Кирхгофнинг конвектив иссиқлик алмашилишининг дифференциал тенгласини оламиз:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

Ушбу тенглама ҳаракатдаги суюқликда иссиқлик энергиясининг бир вақтда иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция усулларида узатилишининг математик ифодаси. Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёнини тўла математик ифодалаш учун (5) тенглама девор юзаси ва ҳаракатдаги суюқлик чегарасидаги шароитларни характерловчи тенглама билан тўлдирилиши зарур.

Маълумки, ҳаракатланувчи суюқликда жойлашган қаттиқ жисм юзасида ҳар доим  $\delta$  қалинликка эга чегаравий қатлам мавжуд бўлиб (1-расм), у орқали иссиқлик энергияси иссиқлик ўтказувчанлик усулида тарқалади. Чегаравий қатлам орқали суюқлик оқимининг ўзагига узатилган иссиқлик миқдори Фурье қонуни асосида топилади:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$$

ўтган  $dQ$  иссиқлик миқдорини Ньютон қонуни ёрдамида ҳам ҳисобласа бўлади:

$$dQ = \alpha (t_w - t_f) dF d\tau$$

Охириги икки тенгламанинг ўнг қисмларини тенглаштириб, «девор-суюқлик» чегара шароитларини характерловчи тенгламани оламиз:

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha (t_w - t_f) \quad (6)$$



(5) ва (6) тенгламалар конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнини тўлик ифодалайди.

1-расмдан кўриниб турибдики, энг катта температура градиенти чегаравий қатламда ҳосил бўлиб, иссиқлик бериш жараёнининг интенсивлигини, асосан, унинг термик қаршилиги белгилайди.

### Конвектив иссиқлик алмашинишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари

Маълумки, юқорида келтириб чиқарилган (5) ва (6) тенгламалар мураккаб конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнларини ифодалайди.

Ушбу тенгламаларни амалда учрайдиган жараёнларга қўллаш мумкин эмас, чунки ечимини топиш қийин.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларини амалий ҳисоблашда ўхшашлик назарияси усуллари ёрдамида (5) ва (6) тенгламалардан келтирилиб чиқарилган критериял тенгламалари кенг миқёсида ишлатилади.

Агар, (6) тенгламанинг иккала қисмини чап қисмига бўлсак, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\alpha (t_w - t_f) \partial n}{\lambda \partial t} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \partial n}{\lambda \partial t} \quad (7)$$

Олинган ўлчамсиз комплексда дифференциялаш белгиларини ўчириб,  $n$ ни  $l$ га алмаштириб ва қисқартириш йўли билан **Нуссельт сонини** оламиз:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (8)$$

бу ерда  $\alpha$  - иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $l$  – геометрик ўлчам, м;  $\lambda$  - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м·К).

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

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

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламасидан:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \dots = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \dots \right)$$

унинг ҳамма қўшилувчиларини  $a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$  га бўлиш йўли билан ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\partial t \partial x^2}{\partial \tau a \partial^2 t} \quad \text{ва} \quad \frac{\partial t w_x \partial x^2}{\partial x a \partial^2 t}$$

Дифференциаллаш белги ва йўналишларини ўчириш ва қисқартириш йўли билан **Фурье критерийсини** :

$$Fo = \frac{a \tau}{l^2} \quad (9)$$

ва **Пекле критерийсини**

$$Pe = \frac{wl}{a} \quad (10)$$

келтириб чиқарамиз.

Фурье критерийси нотуркун иссиқлик алмашиниш жараёнларида температура майдонининг ўзгариш тезлиги, муҳитнинг ўлчами ва физик катталиклари ўртасидаги боқлиқликларни характерлайди.

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

Одатда, Пекле критерийси иккита ўхшашлик критерийларининг кўпайтмаси кўринишида келтирилади:

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

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

$$Pr = \frac{v}{a} = \frac{\mu}{a\rho} = \frac{\mu g}{a\gamma} \quad (11)$$

**Грасгоф критерийси** табиий конвекция жараёнидаги суюқлик оқимининг гидродинамик режимини характерлайди:

$$Gr = \frac{gl^3}{v^2} \beta \cdot \Delta t \quad (12)$$

бу ерда  $\Delta t$  – девор ва суюқликлар ўртасидаги температуралар фарқи,  $K$ ;  $\beta$  – суюқликнинг хажмий кенгайиш коэффициенти;  $g$  – эркин тушиши тезланиши,  $m/c^2$ .

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

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{c_p \rho w} \quad (13)$$

Ушбу критерий иссиқлик бериш интенсивлигини суюқлик иссиқлик оқимида нисбатини аниқлайди.

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

$$f(Re, Nu, Pr, Fo, Gr) = 0 \quad (14)$$

Ушбу тенгламада фақат **Нуссельт  $Nu$**  сони аниқловчи бўлганлиги учун, (14) тенглама куйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, Fo) \quad (15)$$

Иссиқлик алмашиниш жараёнининг аниқ масалаларини ечишда (15) тенгламани анча содалаштириш мумкин.

Туркун иссиқлик алмашиниш жараёнида тенгламадан  **$Fo$**  критерийси туширилиб колдирилади ва ушбу кўринишни олади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (16)$$

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

$$Nu = f(Re, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Re^n \cdot Pr^m \quad (17)$$

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

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Gr^n \cdot Pr^m \quad (18)$$

### Текшириш учун саволлар:

1. Конвекция нима?
2. Ньютон қонуни ва иссиқлик бериш коэффиценти.
3. Қайси иссиқлик алмашини жараёни критерийларини биласиз?

## 17- МАЪРУЗА. ИССИҚЛИК ЎТКАЗИШ.

### РЕЖА:

1. Иссиқлик ўтказиш.
2. Иссиқлик ўтказиш коэффиценти ва асосий тенгламаси.
3. Иссиқлик алмашини жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларида кўпинча иссиқлик энергияси бир суюқликдан иккинчисига уларни ажратиб турувчи девор орқали узатилади. Температураси юқори бўлган суюқликка девор орқали иссиқликнинг узатилиши **иссиқлик ўтказиш** дейилади. Ушбу йўл билан узатилган иссиқлик миқдори иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:

$$Q = K \Delta t_{yp} F \quad (1)$$

бу ерда  $K$  – иссиқлик ўтказиш коэффиценти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\Delta t_{yp}$  – иссиқлик ва совуқлик элткичлар температураларининг фарқи, К;  $F$  – ажратиб турувчи девор юзаси, м<sup>2</sup>.

**Текис деворнинг иссиқлик ўтказиши.** 1-расмда қалинлиги  $\delta$  ва материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти  $\lambda$  бўлган текис девор тасвирланган.

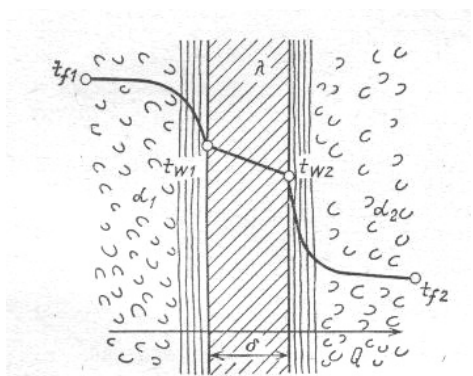
Деворнинг бир томонидан температураси  $t_{f1}$  (оқим ўзагида) бўлган иссиқлик элткич, иккинчи томонидан эса – температураси  $t_{f2}$  бўлган совуқлик элткич оқиб ўтмоқда.

Девор юзаларининг температураси  $t_{w1}$  ва  $t_{w2}$ . Иссиқлик бериш коэффицентилари  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$ .

Турқун жараёнда  $F$  юза орқали биринчи иссиқлик элткич ўзагидан деворга узатилаётган иссиқлик миқдори, девордан ўтган ва девордан иккинчи иссиқлик элткич ўзагига узатилаётган иссиқлик миқдorigа тенг бўлади.

Ушбу иссиқлик миқдорини қуйидаги тенгламалардан топиш мумкин:

$$\begin{aligned} Q &= \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F \\ Q &= \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F \\ Q &= \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F \end{aligned} \quad (2)$$



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

Юқорида келтирилган тенгламалардан қуйидаги ифодаларни олиш мумкин:

$$\begin{aligned} t_{f1} - t_{w1} &= \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F} \\ t_{w1} - t_{w2} &= \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \quad (3) \\ t_{w2} - t_{f2} &= \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F} \end{aligned}$$

Тенгламалар чап ва ўнг томонларини қўшиш натижасида, ушбу кўринишга эришамиз:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4)$$

бундан:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (5)$$

(2) ва (5) тенгламаларни солиштириб, қуйидаги формулага эришамиз:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6)$$

бу ерда  $K$  – иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Унда, текис деворнинг иссиқлик элткичнинг ўзгармас температураларида иссиқлик ўтказиш тенгламаси ушбу кўринишни олади:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (7)$$

узлуксиз жараёнлар учун эса:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (8)$$

(7) тенгламага биноан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўлчов бирлиги:

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

(6) тенгламадан

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (9)$$

Шундай қилиб иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  температураси юқори бўлган, иссиқлик элткичдан температураси паст элткичга вақт бирлигида ажратувчи деворнинг

1м<sup>2</sup> юзасидан элткичлар температураси 1К бўлганда ўтказилган иссиқликнинг миқдорини билдиради.

Иссиқлик ўтказиш коэффициентига тескари бўлган катталиқ **термик қаршилиқ** деб номланади.  $1/\alpha_1$  ва  $1/\alpha_2$  лар иссиқлик беришнинг термик қаршилиги бўлса,  $\delta/\lambda$  деворнинг термик қаршилиги. (9) тенгламадан кўриниб турибдики, иссиқлик ўтказишнинг термик қаршилиги иссиқлик бериш ва деворнинг термик қаршилиқлар йиғиндисига тенг.

Деворнинг термик қаршилигини аниқлашда, унга ўтириб қолган ифлосларнинг термик қаршилигини ҳам ҳисобга олиш зарур (1жадвал).

$$r_{ифл} = \frac{\delta_{ифл}}{\lambda_{ифл}}$$

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (10)$$

Бу ерда **i** – қатламнинг тартиб рақами; **n** – қатламлар сони.

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

**1 жадвал**

**Г<sub>ифл.</sub> нинг тахминий қийматлари**

| т/р | Иссиқлик элткич   | $r_{ифл} \cdot \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ |
|-----|---|--|
| 1.  | Сув   |  |
|     | - дистилланган  | 0,00009                                |
|     | - денгиз  | 0,00009                                |
|     | - сифатли кудук, кўл, водопровод, дарё суви   | 0,00018                                |
|     | - w<0,9 м/с   | 0,00035                                |
|     | - w>0,9 м/с   | 0,00018                                |
|     | - ифлосланган дарё суви   |  |
|     | - w<0,9 м/с   | 0,00053                                |
| 2.  | - w>0,9 м/с   | 0,00035                                |
|     | Нефть маҳсулотлари  |  |
| 3.  | - хом-ашё   | 0,00009                                |
|     | - тоза (шу жумладан минерал мойлар)   | 0,00018                                |
| 4.  | Органик суюқликлар, тузли эритмалар, совуқлик элткичлар (NH <sub>3</sub> , фреонлар ва ҳоказо.) | 0,00018                                |
|     | Сув буқи  | 0,00018                                |
| 5.  | Буклар  |  |
|     | - органик суюқликники   | 0,00009                                |
| 6.  | - совуқ элткичларники   | 0,00035                                |
|     | Хаво  | 0,00035                                |

**Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказиши.** Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида иссиқлик алмашиниш труба орқали ўтади. Трубадан температураси **t<sub>1</sub>** бўлган

суюқлик ҳаракат қилса, ташқарисидан эса –  $t_2$  температурали суюқлик оқиб ўтсин, яъни  $t_1 > t_2$  дан. Температураси юқори суюқликдан труба ички деворига иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1$ , ташқи юзасидан совуқ суюқликка иссиқлик бериш коэффициенти –  $\alpha_2$ , труба баландлиги  $L$ , ички радиуси  $r_1$  ва ташқи радиуси  $r_2$  бўлса, цилиндрик юзадан узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q = K_R 2\pi t \cdot (t_1 - t_2) \quad (11)$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  ни эса ушбу тенгламадан топилади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (12)$$

бу ерда  $K_R$  – иссиқлик ўтказишнинг чизиқли коэффициенти, Вт/(м·К).

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

### Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

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

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

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

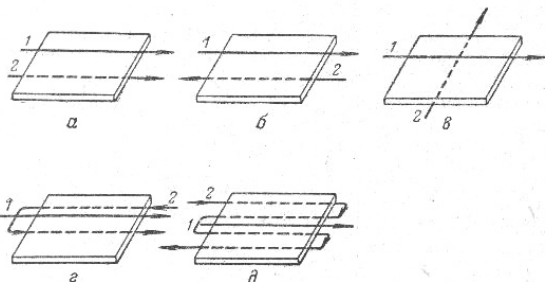
Нотуркун иссиқлик алмашиниш жараёнларида 2 ҳолат бўлиши мумкин:

- девор юзасининг ҳар бир нуктасида температура фақат вақт ўтиши билан ўзгаради, яъни  $t = f(\tau)$  ;

- иссиқлик элткичнинг температураси вақт ўтиши ва девор юзаси бўйлаб ўзгаради, яъни  $t > f(\tau, F)$ .

Ўзгарувчан температурада иссиқлик ўтказиш суюқликларнинг ҳаракат йўналишига боқлиқдир.

Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда иссиқлик алмашиниш жараёнида суюқликлар ҳаракати параллел, қарама-қарши, кесишиб ўтган ва мураккаб (аралаш) йўналишли бўлиши мумкин (2-расм).



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

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

1) параллел ҳаракатда (2а-расм) иккала иссиқлик элткичлар ҳам бир хил йўналишда ҳаракат қилади;

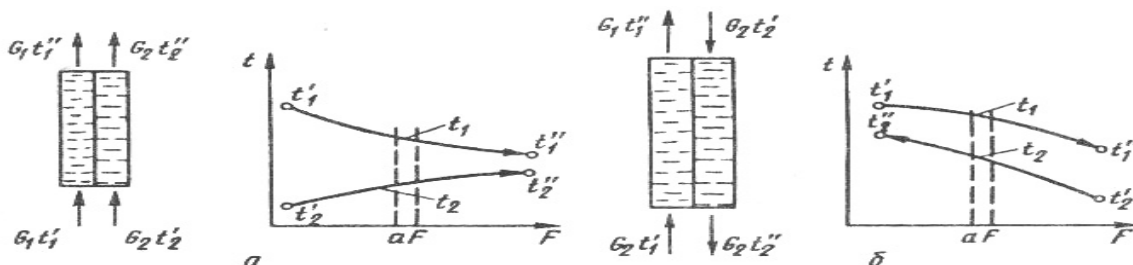
2) қарама-қарши ҳаракатда (2б-расм) иссиқлик элткичлар бир-бирига

қарши йўналишда ҳаракат қилади;

3) кесишиб ўтувчи ҳаракатда (2б-расм) иссиқлик элткичлар бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналишда ҳаракат қилади;

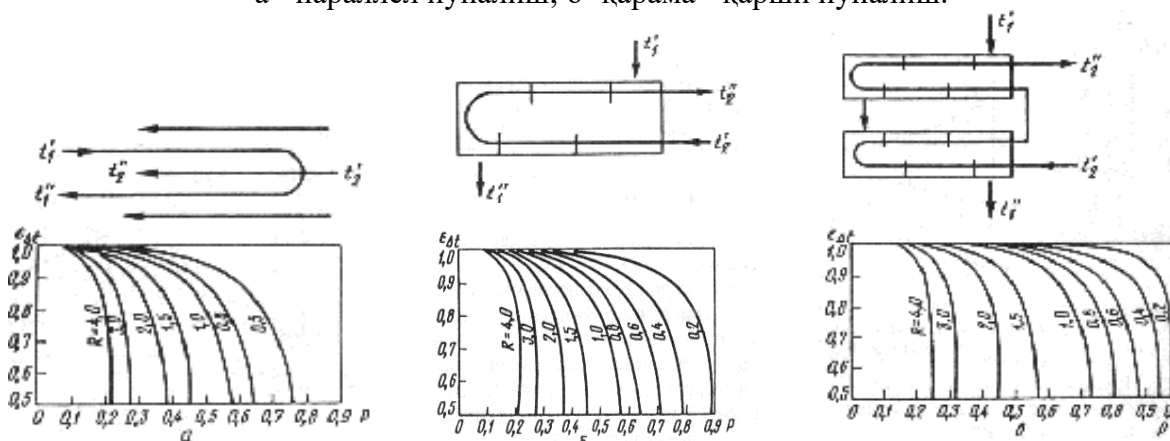
4) мураккаб ёқи аралаш ҳаракатда (2г, д-расм) биринчи иссиқлик элткич бир йўналишда ҳаракат қилса, иккинчиси ҳам тўқри, ҳам тескари йўналишда ҳаракат қилади.

Ўзгарувчан температурали жараёнларда иссиқлик элткичларнинг ўзаро ҳаракат йўналишига қараб, иссиқлик алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучи ўзгаради. Шунинг учун, иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидаги ўртача ҳаракатга



3-расм. Иссиқлик элткичлар температураларининг ўзгариш схемаси.

а - параллел йўналиш; б - қарама - қарши йўналиш.



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

а - трубагаларо бўшлиғи бир ва трубагалар бўшлиғи эса икки, тўрт, олти ва ундан ортик йўлли;

б - кўндаланг тўсиқли трубагаларо бўшлиғи бир ва трубагалар бўшлиғи икки, тўрт, олти ва

ортиқ йўлли; в - кўндаланг тўсиқли трубагаларо бўшлиғи икки ва трубагалар бўшлиғи тўрт

келтирувчи куч суюқликларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракат йўналишига ва жараёни ташкил этилишга боқлиқ бўлади.

3-расмда параллел ва қарама - қарши йўналишли ҳаракатлар пайтида иссиқлик элткичлар температураларининг ўзгариши тасвирланган. Иссиқлик элткичлардан бири  $G_1$  совутилганда температураси  $t_1'$  дан  $t_1''$  гача пасаймоқда, иккинчиси эса  $G_2$ , иситилганда  $t_2'$  дан  $t_2''$  гача кўтарилмоқда. 4.16-расмда қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларида тез-тез учраб турадиган аралаш йўналишли суюқликлар ҳаракат схемалари келтирилган.

3-расмдан кўриниб турибдики, иссиқлик алмашиниш жараёнида икки иссиқлик элткичлар орасидаги ҳаракатга келтирувчи куч миқдори девор юзаси бўйлаб ўзгармоқда. Масалан, иссиқлик элткичларнинг қурилмага киришда, параллел йўналишда (4.15а-расм) локал ҳаракатга келтирувчи куч максимал қийматга эга:  $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$ , қурилмадан чиқишда эса, минимал  $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$ . Қарама-қарши йўналишли ҳаракатда ҳам худди шундай натижага эга бўламиз. Шунинг учун иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳисоблашда ўртача ҳаракатга келтирувчи кучдан фойдаланилади.

Иссиқлик алмашиниши юзасининг чексиз кичик элементида вақт бирлигида иссиқ

элткичдан совуқ элткичга узатилаётган иссиқлик миқдори (3а-расм) ушбу тенгламадан аниқланади:  $dQ = K(t_1 - t_2)dF$ . Иссиқлик алмашиниш оқибатида иссиқ элткичнинг температураси  $dt_1 = -dQ/(G_1c_1)$  га пасаяди, совуқ элткичнинг температураси эса  $dt_2 = -dQ/(G_2c_2)$  га кўтарилади, бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  иссиқ ва совуқ элткичларнинг массавий сарфи;  $c_1$  ва  $c_2$  - иссиқ ва совуқ элткичларнинг солиштирма иссиқлик сиқимлари. Иссиқлик элткичлар температурасининг ўзгаришини топиш учун биринчи тенгламадан иккинчисини айириш керак:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left( \frac{1}{G_1 \cdot c_1} - \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \quad (13)$$

Агар, иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасининг  $dQ$  қийматини (13)га қўйсақ ушбу ифодага эга бўламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K \left( \frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2} \right) dF \quad (13a)$$

$F$  юзали иссиқлик алмашиниш қурилмасида вақт бирлигида иссиқлик элткичдан совуқига ўтган иссиқлик миқдори  $Q$ , иссиқлик баланси тенгламасидан топилади:

$$Q = G_2 c_2 (t'_1 - t''_1) = G_2 c_2 (t''_2 - t'_2) \quad (14)$$

(14) тенгламадаги  $G_1 c_1$  ва  $G_2 c_2$  ларнинг қийматларини (4.103а) га қўйсақ, ушбу кўринишни оламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -\frac{K}{Q} [(t'_1 - t''_1) + (t''_2 - t'_2)] \cdot dF \quad (15)$$

(15) тенгламани ўзгармас  $K$  да интегралласак:

$$Q = KF \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}} \quad (16)$$

ёки:

$$Q = KF \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (17)$$

(16), (17) ва иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаларини солиштириш натижасида иссиқлик ўтиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини топиш мумкин:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (18)$$

Ушбу ифода иссиқлик элткичларнинг қарама-қарши йўналишли ҳаракати учун ҳам тааллуқлидир.

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



$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min})}{2} \quad (19)$$

Бу формулада ҳисоблаганда, хатолик 5% дан ошмайди.

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

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (20)$$

бу ерда  $\varepsilon_{\Delta t}$  - ўлчамсиз, коэффициент бўлиб, 4.16-расмдаги графиклардан топиш мумкин.

Графиклардаги  $P$  ва  $R$  катталиклар Боуман формуласидан топилади:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}; \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (21)$$

**Текшириш учун саволлар:**

1. Иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси қандай?
2. Термик қаршилиқ нима?
3. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи кучи.

## 17<sup>A</sup>-МАЪРУЗА.

### ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ ТУРЛАРИ ВА КОНСТРУКЦИЯЛАРИ

**РЕЖА:**

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмалари.
2. Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари.
3. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

#### Иссиқлик алмашиниш қурилмалари

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

Ишлаш принципига қараб иссиқлик алмашиниш қурилмалари сиртий (рекуператив), регенератив ва аралаштирувчи (градирня, скруббер, аралаштирувчи конденсатор ва х.) қурилмаларга бўлинади.

Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик элткичлар девор билан ажратилган бўлиб, уларда бир муҳитдан иккинчисига иссиқлик ушбу девор орқали узатилади. Конструкциясига кўра сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари қобиқ - трубали, змеевикли, пластинали, спиралсимон, қиррали, ғилофли, блок-графитли ва махсус иссиқлик алмашиниш қурилмаларига бўлинади.

Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаларида бир иссиқлик алмашиниш юзаси галма-гал иссиқ ва совуқ элткичлар билан ювилиб туради. Агар, иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқ элткич билан ювилиб турса, муҳитнинг иссиқлиги ҳисобига исийди, совуқ элткич билан ювилганда эса - ўз иссиқлигини беради. Шундай қилиб, иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқлик элткичнинг иссиқлигини йиғиб олади, сўнг эса совуқ элткичга беради.

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

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

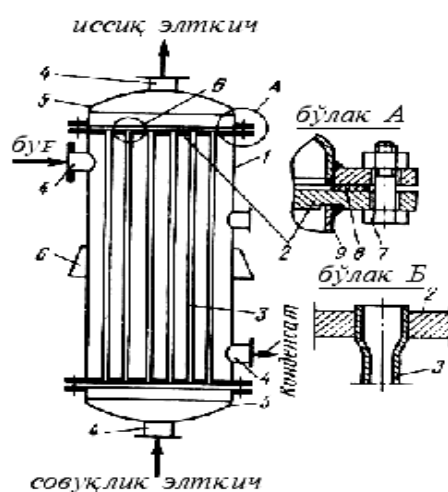
### Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Конструкциясига қараб ушбу турдаги қурилмалар қобик - труба, «труба ичида труба», змеевикли, спиралсимон, ювилиб турувчи, пластина, киррала, филофли, блок-графитли, шнекли ва хоказо бўлиши мумкин.

**Қобик - труба иссиқлик алмашиниш қурилмалари** халқ хўжалигининг турли соҳаларида энг кенг тарқалган ва кўп ишлатиладиган туридир.

4.50-расмда трубаларнинг қўзғалмас тешик панжарали, бир йўлли, вертикал қобик-труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси тасвирланган. Ушбу қурилма цилиндр қобик 1 ва унинг икки чеккасига иситувчи трубалар 3 маҳкамланган тешикли панжара 2 лардан таркиб топган. Трубалар ўрами иссиқлик алмашиниш қурилмасининг бутун хажмини иккига бўлади: 1) труба бўшлиғи; 2) трубалараро бўшлиқ. Тешикли панжара 2 лар цилиндрик қобик 1 га пайвандлаш усулида маҳкамланади. Қурилма қобигига болтли бирикма ёрдамида 2 та қопқоқ маҳкамланади. Иссиқлик элткичлар кириши ва чиқиши учун цилиндрик қобик 1 ва қопқоқ 5 ларда патрубклар ўрнатилган. Иссиқлик элткичлардан бири, масалан суюқлик, трубалар бўшлиғига йўналтирилса, у трубалар орқали ўтиб қопқоқнинг патрубкисидан чиқиб кетади. Бошқа иссиқлик элткич оқими эса, масалан буғ, трубалараро бўшлиққа йўналтирилади, иситувчи трубалар ташқи юзасига ўз иссиқлигини беради ва суюқ агрегат ҳолати (конденсат) га айланиб қобикнинг пастки патрубкисидан чиқазиб юборилади. Муҳитлар орасидаги иссиқлик алмашиниш жараёни трубалар девори орқали амалга оширилади. Иситувчи трубалар тешикли панжарага пайвандлаш, развальцовка ва усулларда маҳкамланади (4.51-расм). Кўпинча, иситувчи трубалар пўлат, легирланган пўлат, мис, латун, титан ёки бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин.

Иситувчи трубалар 3 ни тешикли панжаралар 2 да маҳкамлашнинг энг кенг тарқалган усули бу оддий развальцовкадир (4.51-расм).



асбобда

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

труба ортади, тешикли

1 - қобик; 2 - тешикли пан-жара; 3 - иситувчи трубалар; 4 - патрубк; 5 - қоп-қоқ; 6 - таянч; 7 - болт; 8 - қистирма; 9 - обечайка.

Вальцовка номли радиал йўналишда ҳосил қилинадиган куч таъсирида деформацияга (диаметри яъни кенгайди) учраб, панжарага зичланади ва маҳкамланади. Труба ўрамининг тўр пардага мустаҳкам жойлаштиришга

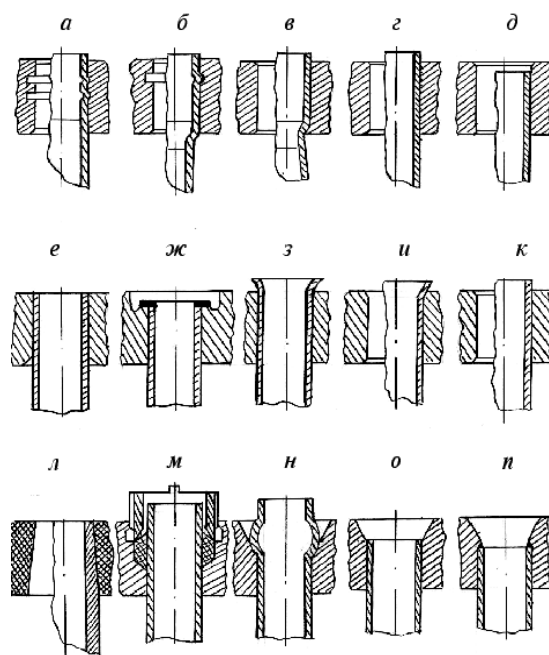
эришиш учун тешикли панжарада эни 2...3,5 мм ва чуқурлиги 0,4...1,0 мм ли иккита ҳалқасимон ариқча қилинади. Ундан ташқари, трубаларни тешикли панжараларга пайвандлаш, кавшарлаш, сальник ёрдамида ҳам маҳкамлаш мумкин. Сальник ёрдамида зичлаш мураккаб ва қиммат. Бу усулда маҳкамлаш муҳитлар температура фарқи катта бўлганда, трубаларнинг бўйлама силжишига имкон беради, аммо бунда бирикма зичланиши бузулмайди.

Трубанинг кириш қисмини конуссимон развальцовка қилиш, маҳаллий қаршилик

коэффициентини сезиларли даражада пасайтиради. Бу эса, ўз навбатида кириш қисмининг емирилиш олдини олади.

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

Одатда, калин деворли трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофиқдир. Агар, трубалар кучланиш остида ишлатиладиган бўлса, портлатиб пайвандлаш тавсия этилади. Ушбу усулда трубаларни маҳкамлаш учун портлатиш заряд куввати катта, тешикли панжаранинг ташқи юзаси раззенковка қилишини ва панжара ташқарисига труба учлари кўп чиқиб туриши керак. Бу усулда труба тешикли панжарага ўта мустаҳкам ҳолатда бириктирилади. Агар, трубанинг бир учи панжарага ушбу усулда портлатиб пайвандланса, иккинчи учи эса портлатиб развальцовка қилинса, энг юқори мустаҳкамликка эришса бўлади.



4.51-расм. Трубаларни тешикли панжараларга

**маҳкамлаш усуллари.**

а - иккита ариқчага развальцовка қилиш; б - битта ариқчага развальцовка қилиш; в - пайвандлаш ва развальцовка қилиш; г, д - пайвандлаш; е, ж - ариқ-чали ва тишли пайвандлаш; з - кириш қисмини конуссимон развальцовка қилиш; и - текис тешикка развальцовка қилиш ва буклаш; к - кавшарлаш; л - елимлаш; м - сальник билан зичлаш; н - портлатиб пайвандлаш; о - тешикли панжара ташқи томонини конуссимон раззенковка қилиш; п - тешикли

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

Қобиқ - трубаги иссиқлик алмашиниш қурималарида труба тешикли панжарага куйидаги усулларда жойлаштирилиши мумкин (4.52-расм):

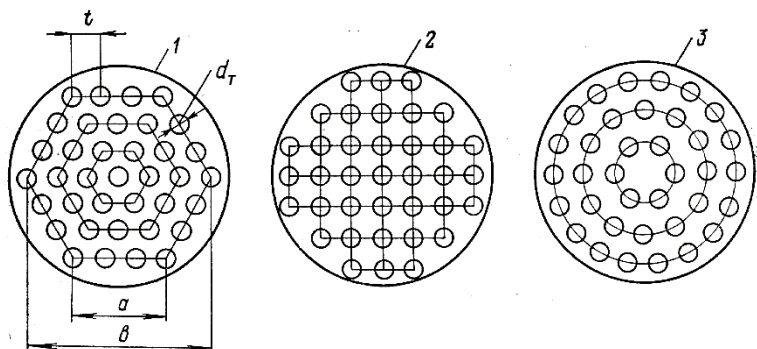
- тўғри олтибурчак чўкки ва қирралари ёки тенг ёнли учбурчак бўйлаб;
- концентрик айланалар бўйлаб;
- квадрат чўкки ва томонлари бўйлаб;
- шахматли кўринишда (бир ва ҳар хил кўндаланг қадамли).

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

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

$$n = 3a \cdot (a - 1) + 1 \quad (4.135)$$

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



4.52-расм. Труба тешикли панжарасида трубаларни жойлаштириш

схемаси.

1 – тўғри олтибурчак томонлари ва чўкқиларида;

диагоналидаги трубалар сони.

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

$$t = (1,3 \dots 1,5) \cdot d_T \quad (4.136)$$

Пайвандлаб маҳкамлашда эса –  $t = 1,25 d_T$ .

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметри қуйидаги тенгламадан топилади:

$$D = t \cdot (b - 1) + 4d_T \quad (4.137)$$

Трубаларнинг узунлиги зарур иссиқлик алмашиниш юзаси  $F$  ва трубанинг ўртача диаметри  $d_{yp}$  лардан келиб чиққан ҳолда ушбу формулада ҳисобланади:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \quad (4.138)$$

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

**Трубалар бўшлиғидаги тўсиқлар.** Иссиқлик алмашиниш жараёнининг тезлигини ошириш учун икки ва ундан ортиқ йўлли иситкичлар қўлланилади.

Икки ва ундан ортиқ йўлли қурилмаларда трубаларни секцияларга ажратиш учун ёки суюқликнинг ҳаракат йўли сонига қараб қурилманинг қопқоғи билан труба тешикли панжарасининг орасига тўсиқлар ўрнатилади. Бунинг натижасида суюқлик оқими учун йўллар сони, яъни иссиқлик алмашиниш юзаси ортади.

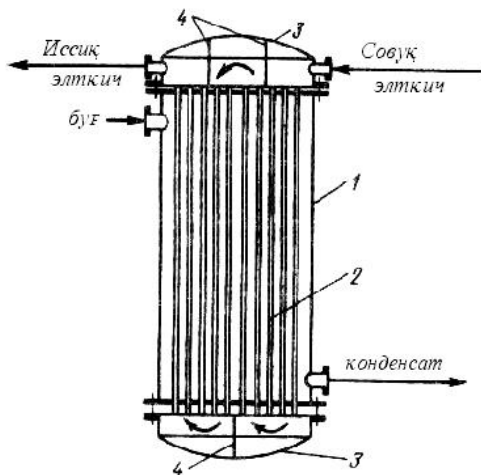
**Кўп йўлли, қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** 4.53-расмда тўрт йўлли қурилма тасвирланган.

Трубалар бўшлиғи секцияланиши туфайли, секциядаги трубалар сони бутун қурилманикага қараганда камаяди. Бу эса, суюқлик оқими ҳаракатланадиган кўндаланг кесим юзаси камайишига ва иссиқлик элткич тезлигининг ортишига олиб келади.

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

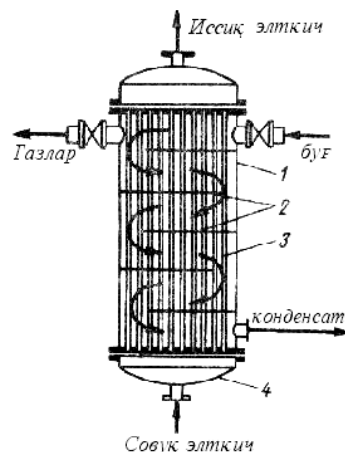
Шуни назарда тутиш керакки, ҳар доим термик қаршилиғи юқори иссиқлик элткичнинг тезлигини ошириш мақсадга мувофиқдир.

Трубалараро бўшлиқда суюқлик оқими тезлигини ва ҳаракат йўлини узайтириш мақсадида сегмент тўсиқлар ўрнатилади (4.54-расм).



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

ниш қурилмаси (труба бўшлиғи бўйича).



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

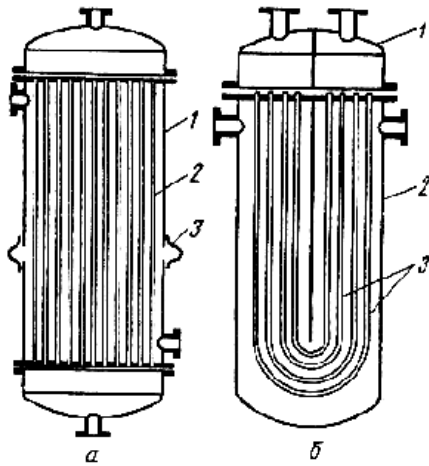
алмашиниш қурилмаси (трубалараро бўшлиқ бўйича).

1- қобик; 2 – тўсиқ;

Горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ушбу сегмент тўсиқлар труба ўраи учун оралик таянчлар вазифасини ҳам бажаради. Одатда горизонтал қурилмалар кўп йўлли қилиб ясалади ва уларда суюқликлар тезлиги юқори бўлади. Бундай қилишдан мақсад, температура ва зичликлар фарқи остида суюқликларнинг қатламларга ажралиб, ҳамда ҳаракатсиз зоналар ҳосил қилмаслигини таъминлашдир.

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

**Линза компенсаторли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Ушбу турдаги қурилмалар суюқликлар температура фарқи катта бўлганда ишлатилади. Линзали компенсаторлар температура деформациясини бартараф қилади. Бу турдаги қурилмалар труба ва трубалараро бўшлиқларида босимлар  $P \leq 6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  бўлганда ишлатилади (4.55а-расм).

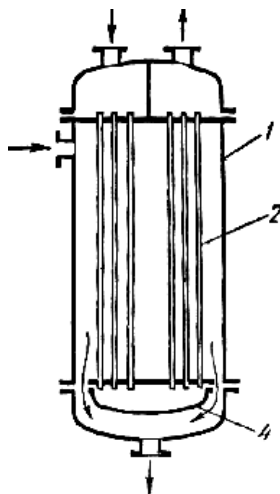


4.55-расм. Температура кучланишларини

компенсация қилувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг тузилиши.

А - линза компенсаторли:

1 - қобик; 2 - иситувчи труба; 3 - линзали компенсатор.



4.56-расм. Ҳаракатчан қалпоқчали

иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 - қобик; 2 - иситувчи

Қўшалок трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: содда, трубалараро бўшлиқда юқори босимларни қўллаш мумкин ва қарама - қарши йўналишли қобик - трубали қурилмага ўхшаб ишлайди.

Камчиликлари: оддий қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасига нисбатан ўлчами катта ва нархи қиммат.

Қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмалари суёқлик ва конденсацияланаётган буғ орасида иссиқлик алмашиниш учун қўлланилади. Одатда суёқ фаза трубалар ичига йўналтирилади, буғ эса - трубалараро бўшлиққа.

Қобик - трубали иссиқлик алмашиниш

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

**U-симон трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Бундай қурилмаларда битта тешикли труба панжараси бўлиб, U-симон трубанинг иккала учи унга маҳкамланади. Шунини алоҳида айтиш керакки, трубаларнинг ўзи компенсацияловчи мослама функциясини бажаради (4.55б-расм). Қурилма тузилиши содда ва трубаларнинг ташқи юзасини тозалаш осон. Ундан ташқари, икки ва ундан ортиқ йўлли бўлгани учун иссиқлик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Трубаларнинг ички юзасини тозалаш қийин ва тешикли панжарада кўп миқдорда трубалар жойлаштириш мураккаб.

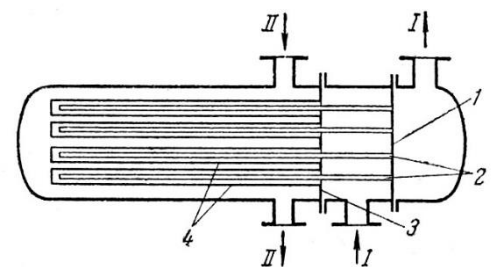
**Ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Труба ва қобикнинг катта силжишини таъминлаш зарур бўлган ҳолларда ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан фойдаланилади (4.56-расм).

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

**Қўшалок трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Қурилманинг бир томонида иккита тешикли труба панжараси ўрнатилган бўлади (4.57-расм).

Тешикли панжара 1 да кичик диаметрли иккала учи очик трубалар ўрами 2 маҳкамланса, панжара 3 да эса, катта диаметрли чап учи ёпиқ трубалар маҳкамланади. Ички труба ташқи трубанинг ўртасида жойлашиши шарт. Муҳитлардан бири I қурилманинг ички 2 ва ташқи 4 трубалари ҳосил қилган ҳалқасимон бўшлиқ орқали ҳаракатланади, труба 2 орқали трубалараро бўшлиқдан чиқариб юборилади. Иккинчи муҳит II эса, юқоридан пастга қараб қурилманинг трубалараро бўшлиғидан ҳаракат қилади ва труба 4 нинг ташқи юзасини ювиб чиқиб кетади.

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



4.57-расм. Қўшалок трубали қобик -

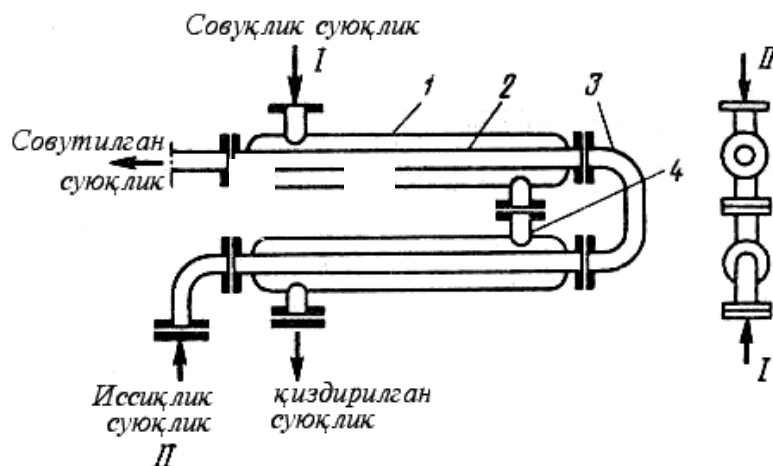
трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1, 3 - тешикли панжара;

қурилмаларининг афзалликлари: ихчам, металл сарфи кам, U-симон трубаи қурилмадан таш-қари ҳамма қурилмалардаги трубалар ичини тозалаш нисбатан осон.

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

"Труба ичида труба" типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси бир неча элементлардан таркиб топган бўлади (4.58-расм).



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

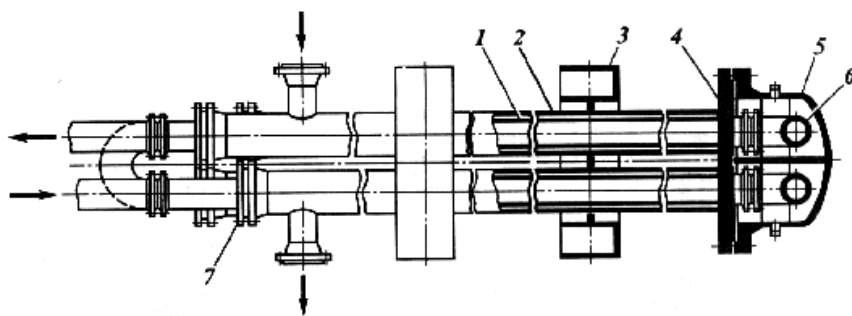
1 – ташқи труба; 2 - ички труба; 3 - калач; 4 – патрубкa.

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

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

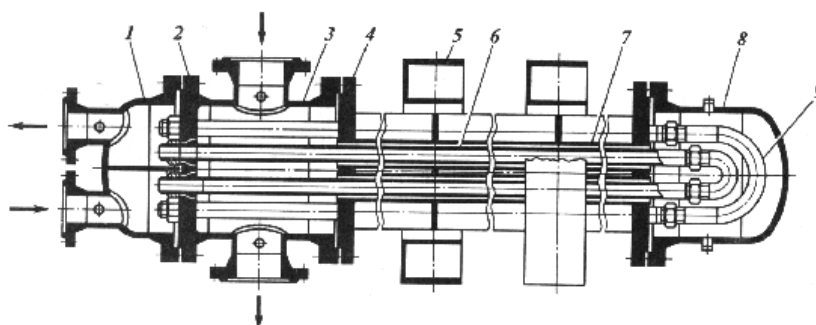
Бу турдаги қурилмаларда сууюқликлар сарфи катта ва «сууюқлик – сууюқлик», «сууюқлик – буғ» системаларида иссиқлик алмашиниш учун қўлланилади.

"Труба ичида труба" иссиқлик алмашиниш қурилманинг афзалликлари: тузилиши ва ясаиши содда; сууюқликлар тезликлари катта бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициентлари юқори.



4.59а-расм. «Труба ичида труба» типда ажралувчан,

бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.



4.59б-расм. «Труба ичида труба» типдаги ажралувчан, кўп оқимли

иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

**1-биринчи тақсимлаш камераси; 2-трубалар тешикли панжараси;**

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

Ажралувчан конструкцияли «труба ичида труба» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларида, температура ортиши билан ташқи трубаларга боғлиқ бўлмаган ҳолда, ички трубалар узайиши мумкин (4.59а,б-расм). Қурилманинг конструкцияси иссиқлик алмашиниш трубаларининг ички юзасини ифлослик ва қуйқалардан мунтазам равишда механик тозалаб туриш имконини беради. Ундан ташқари, бу қурилмаларда трубаларни алмаштириш жараёнини амалга ошириш учун уларни ечиб олиш осон ва ташқи юзасини тозалаш мумкин.

Кўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаларидаги (4.59б-расм) тақсимлаш камераси 1 оқимларни труба 6 ларга бўлиб беради. Труба-қобик 4 ва труба 2 ларнинг тешикли панжараси орасида тақсимлаш камераси 3 жойлашган. Ушбу камера трубалараро бўшлиқда ҳаракатланаётган муҳит учун мўлжалланган. Кўп оқимли қурилмаларнинг ички ва ташқи трубалари иккита йўлли бўлади.

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

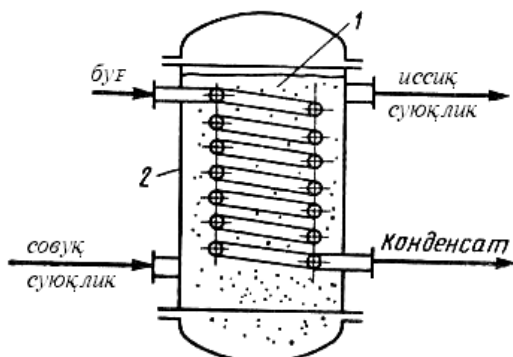
Бир ва кўп оқимли қурилмаларнинг трубаларида иссиқлик элткичлар таркибидаги агрессив ва механик ифлосликлар камроқ ўтириб қолади. Кўпчилик ҳолларда, «труба ичида труба» қурилмаларининг иссиқлик кўрсаткичлари қобик-трубали қурилмаларникига қараганда анча юқори бўлади.

Айрим ҳолларда, қурилманинг ички трубаларнинг ташқи юзаси қиррали қилиб ясалади. Натижада, иссиқлик алмашиниш юзаси 4...5 маротаба ортади. Одатда бу усулдан трубанинг бирорта муҳит ҳаракатланаётган томонида иссиқлик бериш коэффициентини ошириш қийин бўлганда (газ,



ковушқ суюқлик ҳаракатида ёки ламинар режимда) фойдаланилади. Бундай ҳолларда, киррали трубаларни қўллаш, узатилаётган иссиқлик миқдорини анчага ошириш имконини беради.

Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Змеевик шаклида эгилган труба цилиндрик қобикли идишга ўрнатилган бўлади (4.60-расм). Цилиндрик қобикли идиш 2 иситилиши зарур бўлган суюқлик билан тўлдирилади.



4.60-расм. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

суюқликнинг тезлиги ва иссиқлик бериш коэффициентини кичик; труба ички деворини тозалаш қийин;  $Ud \geq 200...275$  бўлса, змеевик пастиди конденсат йиғилади, иссиқлик алмашиниш ёмонлашади ва гидравлик қаршилик ортиб кетади.

Змеевиклар қўпинча 15...75 мм диаметри трубалардан ясалади. Цилиндрик идишнинг ҳажми катта бўлгани учун, суюқликнинг тезлиги кичик, яъни иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати паст бўлади. Иссиқлик элткич одатда змеевик ичига юборилади. Бу турдаги қурилмалар кам миқдордаги суюқликларни иситиш учун мўлжалланган.

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

Ушбу турдаги қурилманинг камчиликлари:

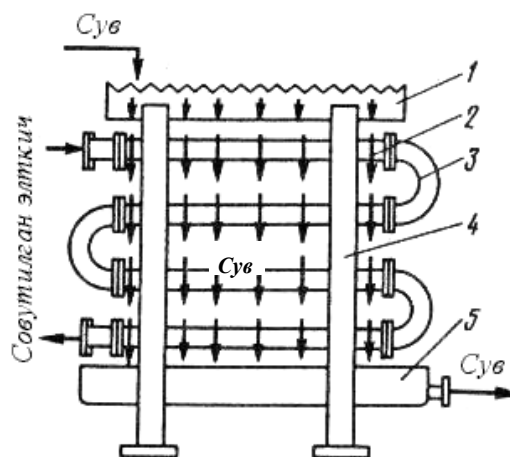
**Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси** газ, суюқликларни совитиш ва буғларни конденсациялаш учун қўлланилади (4.61-расм).

Бу қурилма бир-бири устига жойлаштирилган труба 2 ва уларни бирлаштирувчи қалачиқлардан иборат. Трубалар ичидан совутилаётган иссиқлик элткич ҳаракатланади. Совутовчи суюқликлар тишли таксимловчи тарнов 1 га қуюлади ва улардан трубалар 2 га оқиб тушади. Сувнинг бир қисми тарновнинг бошидан юзиб кетади.

Сув бир трубани ювиб икки исига, ундан сўнг учинчисига ва ҳоказо тартибда ҳаракатланиб, охири исиган ҳолда йиғувчи тарновга йиғиб тушади.

Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилма-ларининг афзалликлари: тузилиши содда; очиқ ҳавода ишлатиш мумкин; сув сарфи кам; трубаларни тозалаш осон.

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

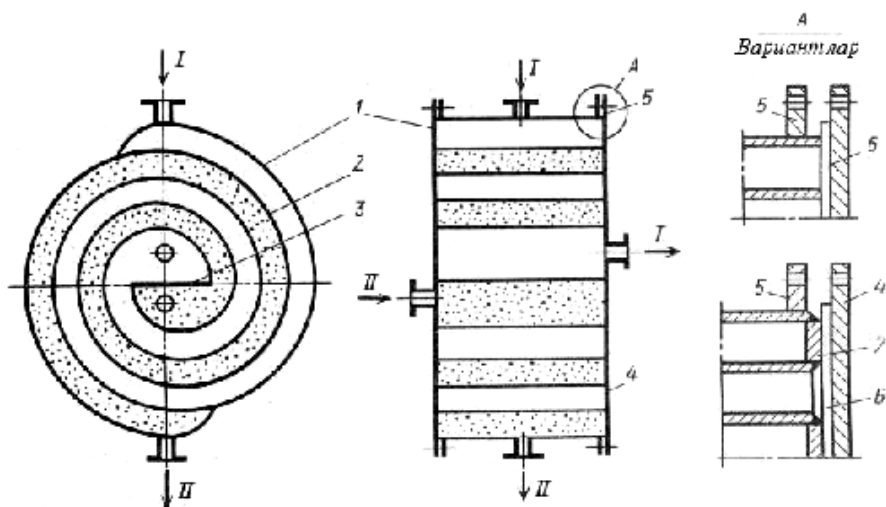


4.61-расм. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 – таксимловчи тарнов; 2 - труба; 3 -

4 - йиғувчи тарнов; 5 - совутовчи суюқликнинг чиқарилиши.

**Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Бу қурилмаларда иссиқлик алмашиниш юзаси иккита юпқа металл лист 1 ва 2 ларни спирал бўйлаб ўраш натижасида ҳосил бўлади (4.62-расм). Спиралларнинг ички учлари пластина-тўсиқ 3 ёрдамида бирлаштирилган.



4.62-расм. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1,2- металл листлар; 3- пластина-тўсиқ; 4- қопқоқлар;

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

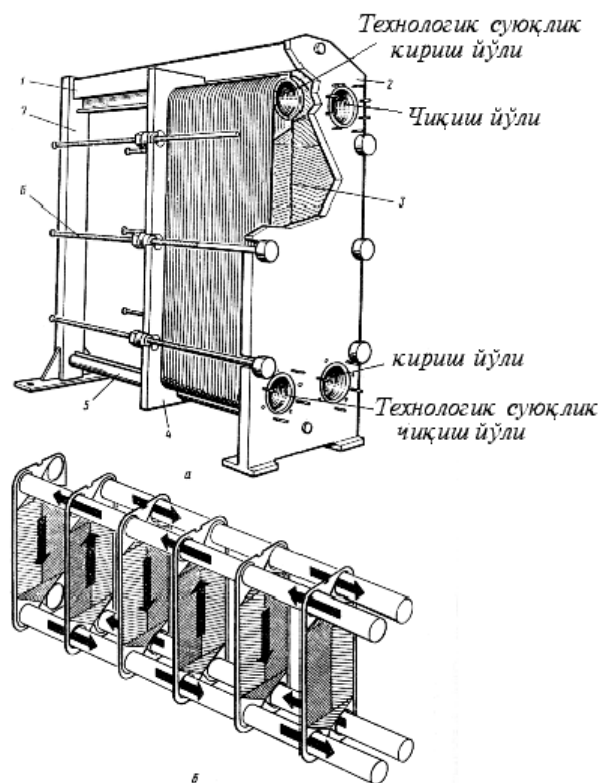
Иссиқлик элткичлар кириши ва чиқиши учун текис қопқоқларнинг марказида ва спиралнинг ташқи учларида штуцерлар ўрнатилади.

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

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

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

**Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Юпқа металл листлардан тайёрланган бир неча пластина тепа ва пастки тутиб турувчи бруслардан иборат ромда йиғилади (4.63-расм).



4.63-расм. Пластинали иситкич (а) ва унинг ишлаш принципи (б):

1-тепа тутиб турувчи брус; 2-қўзғалмас плита;

3-қўзғалмас; 4-харакатчан плита; 5-тепа тутиб турувчи брус; 6-шпилька

Қўзғалмас ва ҳаракатчан плиталар орасида штамповка қилинган пўлат, гофриланган пластина дастаси жойлашган бўлиб, уларда иссиқлик элткичлар ҳаракати учун каналлар бор.

Пластина дастаси қўзғалмас 2 ва ҳаракатчан плиталар 4 орасида йиғилади ва тортиб турувчи шпилька 6 ёрдамида сиқилади.

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

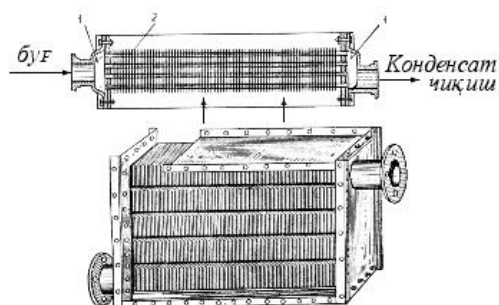
Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг ишлаш принципи 4.31б-расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, суюқликларнинг ҳаракати қарама - қарши йўналишда. Шуни қайд этиш керакки, ҳар бир иссиқлик элткич пластинанинг бир томони бўйлаб ҳаракат қилади.

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

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

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициенти катта; гидравлик қаршилиги нисбатан кичик; тузилиши ихчам; суюқликлар тезлиги юқори; иссиқлик алмашиниш юзаси катта.

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



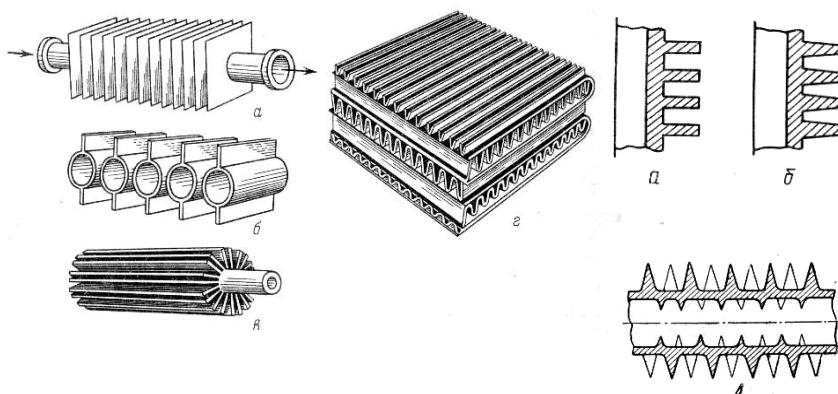
**Қиррали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Бу турдаги қурилмаларда иссиқлик бериш коэффициенти паст муҳит томонидаги, иссиқлик ўтказиш юзасини кўпайтириш имконияти бор (4.64-расм).

4.64-расм. Пластинали калорифер.

Саноатда ишлатиладиган иссиқлик алмашиниш жараёнларида деворнинг икки томонидаги иссиқлик бериш коэффициентлар бир-бирдан кескин фарқ қилади. Масалан, сув буғи ёрдамида ҳаво иситилганда, буғнинг деворга иссиқлик бериш коэффициенти тахминан 10000...15000 Вт/(м<sup>2</sup>·К) ни ташкил этади. Демак, ушбу ҳолатда ҳаво томонидан юза миқдорини ошириш керак, яъни **а**ласт томонидан.

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

Бундай трубаларнинг гидравлик қаршилиги кичик бўлиши учун қирралар юзаси иссиқлик элткич оқимининг йўналишига параллел бўлиши зарур. Ҳозирги кунда тўғри тўртбурчак ва трапеция шаклидаги қўндаланг кесимли қирралар энг кўп қўлланилади. (4.65-расм) Қиррали иссиқлик алмашиниш юзали элементлар ҳаво ва турли газларни иситадиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ўрнатилади.

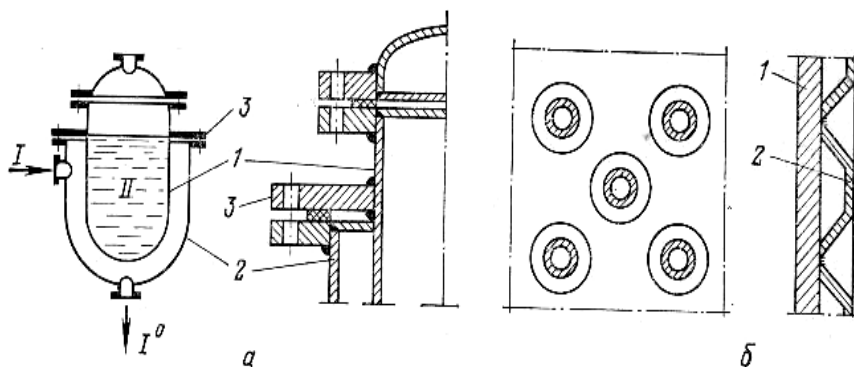


4.65-расм. Қиррали иссиқлик алмашиниш юзалари.

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

**Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашиниш жараёнлари (иситиш ёки совитиш) билан кимёвий жараён бир вақтда юз беради. Ғилофли қурилма тасвири 4.66-расмда келтирилган.

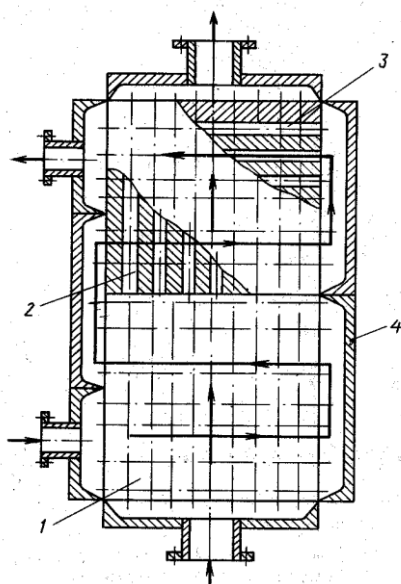
Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашиниш юзаси сифатида реактор девори хизмат қилади.



4.66-расм. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Фланец бирикма 3 ёрдамида қобик 1 га ғилоф 2 маҳкамланади. Қобик ва ғилоф орасидаги бўшлиқда иссиқлик элткич I циркуляция қилади. Қурилманинг ичида эса, элткич II жойлаштирилади. Бу турдаги қурилмаларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси  $\leq 10 \text{ м}^2$  ва ғилофдаги босим 1,0 МПа дан ошмайди.

Агар, босим 7,5 МПа дан ортса, ғилофда кўп миқдорда тешиклар қилинади ва ғилоф листининг четлари периметри бўйича букланади ва қурилма қобиғига пайвандланади (4.66б-расм).



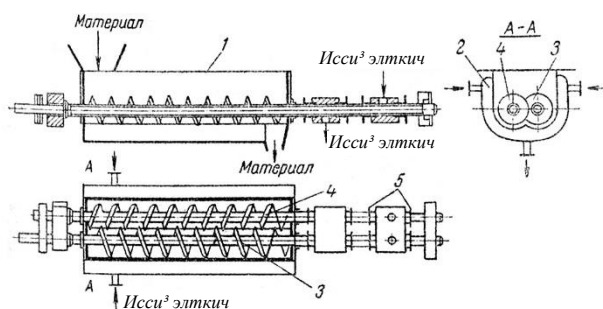
4.67-расм. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 - графитли блок; 2 - вертикал каналлар; 3 - горизонтал каналлар; 4 -

қиймати  $2,9 \cdot 10^5$  Па дан ошмаслиги керак.

Блок-графитли қурилмаларни муҳитлардан бири коррозия-фаол бўлган ҳолларда ишлатиш мумкин. Агарда иккала муҳит ҳам коррозия-фаол бўлса, унда ён томондаги плиталар махсус графит вкладишлар билан химоя қилинади.

**Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.** Юқори қовушқли суюқлик ва иссиқлик



4.68-расм. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

**Блок-графитли иссиқлик алмашиниш**

**қурилмаси.** Блок-графитли иситкичларда графитнинг юқори иссиқлик ўтказув-чанлик [ $100 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  гача] ва суюқлик таъсирида емирилмаслиги туфайли графитли иссиқлик алмашиниш қурилма-лари саноатнинг барча соҳала-рида ишлатиладиган иситкичларга нисбатан кенг тарқалган бўлиб, унинг афзалликларини ҳеч қандай иситкич билан солиштириб бўлмайди.

Бу турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалар асосий элементи параллелелепед шаклидаги графитли блокдир. Унда иссиқлик элткичлар учун бир-бири билан кесишмайдиган тешиклар ясалган (4.67-расм). Қурилма бир ёки бир неча тўғри тўртбурчакли блокдан йиғилади.

Ён томонидаги металл плиталар ёрдамида ҳар бир блокда иссиқлик элткичнинг икки йўлли горизонтал каналларда ҳаракати ташкил этилади. Ўлчами  $350 \times 515 \times 350 \text{ мм}^3$  бўлган блоклардан йиғилган иссиқлик алмашиниш қурилмасининг вертикал каналлари бўйича элткич бир ёки икки йўлли ҳаракат қилиши мумкин. Вертикал йўллارнинг сони қурилманинг пастки ва юқори қопқоқларининг конструкциясига боғлиқдир. Графитли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишчи босимининг

ўтказувчанлиги кичик бўлган сочилувчан материалларни иситиш даврида, жараёни интенсивлаш учун қурилма деворига тегиб турган муҳит юзасини доимий равишда янгилаб туриш керак. Бунинг учун, бир пайтнинг ўзида шнек ёрдамида материални механик аралаштириш ва узатиб туриш мақсадга мувофиқдир (4.68-расм).

Қурилма қобиғи-нинг бир учидан материал юкланади ва бир-бирига қараб айланаётган 3 ва 4 шнеклар ёрдамида аралаштирилади. Аралаштириш билан бирга материални қурилманинг бошқа учига узатади. Айрим ҳолларда, иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун шнекнинг ичи бўш қилиб тайёрланади ва улар орқали иссиқлик элткич (буғ ёки иссиқ ҳаво) юборилади.

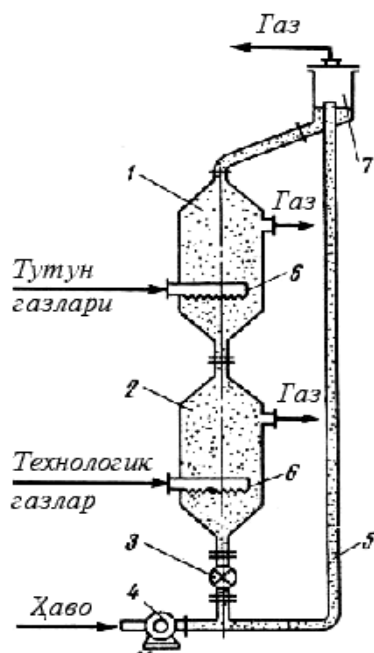
### Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари иккита секциядан ташкил топган бўлади. Биринчисида иссиқлик элткичдан оралик материалга иссиқлик узатилса, иккинчисида эса – оралик

материалдан технологик газга узатилади. 4.69-расмда циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли узлуксиз ишлайдиган регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.

Қурилма асосан иккита иситкичдан тузилган бўлиб, ҳар бир иситкичнинг пастки қисмида газ оқимини бир меъёрда узатиш учун тақсимлагич 6 ўрнатилган. Иситкичдан донадор материални узлуксиз равишда тўкиш учун шлюзли тамба 3 хизмат қилади.

Иккинчи иситкичдан чиқаётган совутилган донадор материал пневмотранспорт линиясига тўкилади. Ундан сўнг, ҳаво ёрдамида бункер - сепараторга узатилади ва у ерда заррачалар чўктирилади ва яна қайтадан биринчи иситкичга юборилади.



4.69-расм. Циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли қурилма.

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

## 18-МАЪРУЗА. БУҒЛАТИШ ЖАРАЁНИ.

### РЕЖА:

1. Буғлатиш жараёни, умумий тушунчалар.
2. Буғлатиш турлари.
3. Депрессия ва уларнинг турлари.
4. Моддий ва иссиқлик баланслар.

Қаттиқ, учувчан бўлмаган ёки учувчанлиги ёмон бўлган моддалар эритмаларини қайнатиш даврида эритувчисини ва ҳосил бўлган буғларни чиқариб юбориш жараёнига *буғлатиш* дейилади. Одатда, саноат миқёсида буғлатиш жараёни эритмаларни қайнатиш йўли амалга оширилади.

Эритмаларни буғлатишдан мақсад уларнинг концентрациясини орттириш бўлиб, яъни эритмаларни қуюқлаштиришдир. Агарда, қуюқлаштирилган эритмалардан яна эритувчи чиқарилса, қаттиқ моддалар кристаллана бошлайди ва кристаллар ажралиб чиқади.

Суюлтирилган эритмалар концентрациясини ошириш ёки улардан эриган моддаларни кристаллаш усулида ажратиб олиш учун буғлатиш жараёни қўлланилади.

Кимё, озиқ - овқат ва бошқа саноатларда буғлатиш жараёнидан кенг қўламда фойдаланилади. Масалан, туз, ишқор каби моддаларнинг сувли эритмаларини, минерал ва органик кислоталар, кўп атомли спиртлар, шакар ва консерва маҳсулотларини ишлаб чиқариш технологиясида томат, сут ва шарбатларни концентрлашда бу жараёнсиз

технологияни тасаввур қилиб бўлмайди. Шу билан бирга, ушбу жараёни тоза эритувчи ишлаб чиқариш учун ҳам қўлласса бўлади.

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, агар буғланиш жараёни қайнаш температурасидан паст, исталган температурада эритма юзасида содир бўлса, буғлатиш эса - қайнаш температурасидан юқори температурада, эритманинг бутун хажмида юз беради.

Ушбу жараёнлар буғлатиш қурилмаси деб номланадиган қурилмаларда амалга оширилади. Маълумки, узлуксиз ва узлукли буғлатиш жараёнларини ташкил этиш мумкин. Узлукли ишлайдиган қурилмалар, одатда кам миқдорда махсулот ишлаб чиқарадиган технологияларда қўлланилади.

Йирик саноат корхоналарида узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмаларидан фойдаланилади ва уларнинг иссиқлик алмашиниш юзалари 600...1000 м<sup>2</sup> бўлади. Бундай қурилмаларнинг тежамлилигини аниқловчи асосий омил бўлиб, ундаги буғ ва сув сарфи ҳисобланади.

Буғлатиш вакуум, атмосфера ва юқори босим остида олиб борилиши мумкин.

**Вакуум остида буғлатиш** пайтида иккиламчи буғни махсус конденсаторда конденсациялаш йўли билан қурилмада вакуум ҳосил қилинади ва насос ёрдамида конденсацияланмаган газлар сўриб олинади. Бу усулда жараён олиб борилса, эритманинг қайнаш температурасини пасайтиришга эришса бўлади. Натижада юқори температурага ўта таъсирчан махсулотлар сифатини сақлаб қолиш имконияти туғилади. Ундан ташқари, вакуумни жараёнда қўллаш, ҳаракатга келтирувчи куч миқдорини оширади ва буғлатиш қурилмасининг иссиқлик алмашиниш юзасини, ҳамда металл сарфини камайтириш имконини беради.

Вакуум остида буғлатишнинг яна бир афзаллиги шундаки, паст температура ва босимли иссиқлик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Бу усулда буғлатилганда, ҳосил бўлган иккиламчи буғни, кейинги корпусда бирламчи буғ сифатида қўллаш мумкин.

Албатта, бу усулнинг камчиликлари ҳам бор: жараёнда вакуумни қўллаш унинг нархини оширади; буғлатгичдан ташқари бир нечта қўшимча қурилма ва мосламалар ишлатиш керак.

**Атмосфера босимида буғлатиш** жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ атроф муҳитга чиқариб юборилади. Бундай усул энг содда деб ҳисобланса ҳам, лекин у иқтисодий жиҳатдан энг тежамсиздир.

**Юқори босим остида буғлатиш** жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ қайтадан буғлатиш жараёнида, ҳамда бошқа мақсадлар учун ҳам ишлатиш мумкин. Бу усулда жараён юқори босимда олиб борилгани учун, эритмаларнинг қайнаш температураси анча кўтарилади.

Бошқа мақсадлар учун ишлатиладиган иккиламчи буғ - *экстра буғ* деб номланади. Юқори босим остида буғлатиш жараёнида ажралиб чиққан иккиламчи буғни қайтадан қўллаш, вакуум остида буғлатишга нисбатан иссиқликдан тўла миқдорда фойдаланиш имконини беради. Шунинг учун, ушбу усул фақат иссиқликка бардош эритмаларни буғлатиш учун қўлланилади. Ундан ташқари, юқори босим остида буғлатиш жараёни учун юқори температурали иссиқлик элткичларни ишлатиш керак. Бу ҳол албатта унинг энг асосий камчилигидир.

Атмосфера босими, айрим ҳолларда вакуум остида жараён олиб борилганда, бир корпусли буғлаткичлардан фойдаланилади. Лекин, саноат миқёсида кўпинча бир неча қурилмадан йиғилган кўп корпусли буғлатиш қурилмаларида жараёни олиб бориш кенг тарқалган. Бундай қурилмаларда фақат биринчи корпусда бирламчи буғ ишлатилади. Иккинчи, учинчи ва кейинги корпусларда эса, олдинги корпусда ажралиб чиққан иккиламчи буғ қўлланилса, элткич тежалишига сабабли бўлади ва буғ сарфининг камайишига олиб келади.

Бир корпусли буғлатиш қурилмаларида ҳам, бирламчи буғ сарфини камайтириш мумкин. Бунинг учун, қурилмадан чиқаётган иккиламчи буғ иссиқлик насоси ёрдамида бирламчи буғ температурасига тўғри келадиган босимгача сиқилади ва қайтадан эритмани буғлатиш учун қурилмага йўналтирилади.

### **Буғлатишнинг назарий асослари**

Буғлатиш жараёнида эритмаларнинг концентрацияси ортади ва натижада унинг физик ва иссиқлик хоссалари ўзгаради.

Буғлатиш қурилмаларини ҳисоблаш, лойихалаш ва эксплуатация қилиш учун муҳим бўлган эритмаларнинг баъзи бир хоссаларини кўриб чиқамиз.

**Температура депрессияси** -  $\Delta'$ . Эритма  $T_0$  ва эритувчилар  $T$  қайнаш температуралари

Ўртасидаги фарқдир, яъни  $\Delta t = T_0 - T$  температура депрессияси деб номланади. Эритмалар назариясидан маълумки, бир хил  $T$  температурада тоза эритувчи устидаги буғларининг босими  $p$ , эритма устидаги буғларнинг босими  $p_0$  дан хар доим кўп бўлади. Ёки бир хил босимда тоза эритувчининг қайнаш температураси эритманинг қайнаш температурасидан паст бўлади.

Эритмаларнинг температура депрессияси эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқдир. Босим ва концентрация ортиши билан температура депрессияси ошади. Кўпинча ушбу кўрсаткич тажрибавий йўл билан аниқланади.

Маълумки, буғлаткичларда иссиқлик йўқотилиши оқибатида температураларнинг пасайиш ходисаси юз беради. Натижада температуралар фарқи камаяди ва жараён интенсивлиги сусаяди. Температуралар йўқотилиши  $\Delta$ , температура депрессияси  $\Delta'$ , гидростатик  $\Delta'$  ва гидравлик депрессия  $\Delta''$  лар йиғиндисига тенг, яъни:  $\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$ .

Агар, эритманинг атмосфера босимдаги температура депрессияси  $\Delta'_{амм}$  маълум бўлса, исталган бошқа босимлардаги депрессия Тищенко формуласидаги тахминан хисоблаб аниқланиш мумкин:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{амм} \quad (1)$$

бу ерда  $T$  - маълум босимдаги тоза эритувчининг қайнаш температураси, К;  $r$  - маълумки босимдаги тоза эритувчининг буғлатиш иссиқлиги, кЖ/кг;  $\Delta'_{амм}$  - атмосфера босимидаги температура депрессияси, °С.

Агар,  $\Delta'_{амм}$  катталиги бўйича тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, уни бир нечта усул билан тахминан хисоблаб топиш мумкин. Бирор босимда эритманинг битта қайнаш температураси маълум бўлса - Бабо, иккита температураси маълум бўлганда эса - Дюринг ёки Киреев қондасига биноан аниқлаш имкони бор.

Бабо қондасига биноан, бирор концентрацияли эритма устидаги буғ босимининг пасайиши  $(p_1 - p_2)/p_1$  ёки  $p_2/p_1$  температурага боғлиқ эмас ва ўзгармас қийматга тенгдир:

$$\frac{p_2}{p_1} = K = const \quad (2)$$

бу ерда  $p_1$  ва  $p_2$  - эритувчи ва эритма буғларининг босимлари.

Гидростатик депрессия -  $\Delta''$ . Буғлаткич қайнаш трубаларининг бир қисми суюқлик билан тўлиб турган бўлади ва унинг устида буғ - суюқликдан иборат эмульсия қатламида юқорига қараб кўтарилган сари буғнинг миқдори ошиб боради.

Агар, қайнаш трубасидаги суюқлик ва эмульсияни шартли равишда суюқлик деб номласак, унда гидростатик босимлар фарқи хисобига трубанинг пастки қисмидаги суюқликнинг қайнаш температураси тепа қисмини-кидан юқори бўлади.

Гидростатик эффект хисобига эритма қайнаш температурасининг ортиши гидростатик депрессия деб аталади.

Буғлатиш жараёни вакуум остида олиб борилганда, гидростатик депрессия салмоқли бўлади.

Тўйинган сув буғи  $t_c$  ва иккиламчи буғ температура  $T$  лари орасидаги фарқ гидростатик депрессияни беради:

$$\Delta'' = t_c - T'' \quad (3)$$

Ушбу тенглик эритма харакатини инобатга олмагани учун унинг хатолиги катта. Шунинг учун  $\Delta''$  нинг қийматлари тажрибавий усулда топилади.

Вертикал буғлаткичда интенсив харакатланаётган эритмалар учун  $\Delta''$  миқдори 1...3°С ораликда қабул қилиниши мумкин.

Гидравлик депрессия -  $\Delta'''$ . Ушбу депрессия иккиламчи буғнинг сепаратор ва кувурлар орқали харакати даврида ишқаланиш ва махаллий қаршиликларни енгиши туфайли вужудга келадиган температура йўқотилишлар.

Ушбу гидравлик қаршиликларни енгиш вақтида босимнинг камайиши, температура



пасайишига сабабчи бўлади.

Демак, гидравлик қаршилиқлар туфайли эритма қайнаш температурасининг кўпайиши гидравлик депрессия деб номланади. Одатда  $\Delta'''$ нинг қиймати 0,5...1,5 °С оралиғида бўлади.

Юқорида қайд этилган депрессияларни ҳисобга олсак, эритманинг қайнаш температураси қуйидагича ҳисобланади:

$$t_{\kappa} = T' + \Delta' + \Delta'' \quad (4)$$

бу ерда  $T'$  - иккиламчи буғ температураси, К

Эритмалар иссиқлик сиғими температура ва эриган моддалар концентрациясининг функциясидир.

Кўпчилик эритмалар иссиқлик сиғими аддитивлик қондасига бўйсинмайди. Шунинг учун эритманинг ушбу хоссасини эриган модда ва эритувчилар иссиқлик сиғимлари ёрдамида аниқлаб бўлмайди. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, эритма концентрацияси қанчалик катта бўлса, унинг иссиқлик сиғими шунчалик аддитивлик қондасига кам бўйсинади. Эритманинг ушбу хоссаси махсус адабиётларда келтирилган.

Эритиш иссиқлиги эритманинг концентрацияси, эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқ. Қўшимча қаттиқ моддалар эриши даврида кристаллик панжара бузилади. Албатта, бунинг учун энергия сарфланади ва оқибатда эритманинг совиши рўй беради. Агар, эритувчи ва эрийдиган моддалар ўзаро кимёвий реакцияга киришса, гидратлар ҳосил бўлиб, жараён натижасида иссиқлик ажраб чиқади. Шундай қилиб, эритиш иссиқлиги эриш ва кимёвий ўзаро таъсир иссиқликлари йиғиндисига тенг.

Осон гидрат ҳосил қиладиган моддалар мусбат эритиш иссиқлигига (сувда), эга; гидрат ҳосил қилмайдиган моддалар - манфий эритиш иссиқлигига эга.

### **Буғлатиш усуллари.**

Саноатда мавжуд технологияларда асосан қуйидаги буғлатиш усулларидан фойдаланилади:

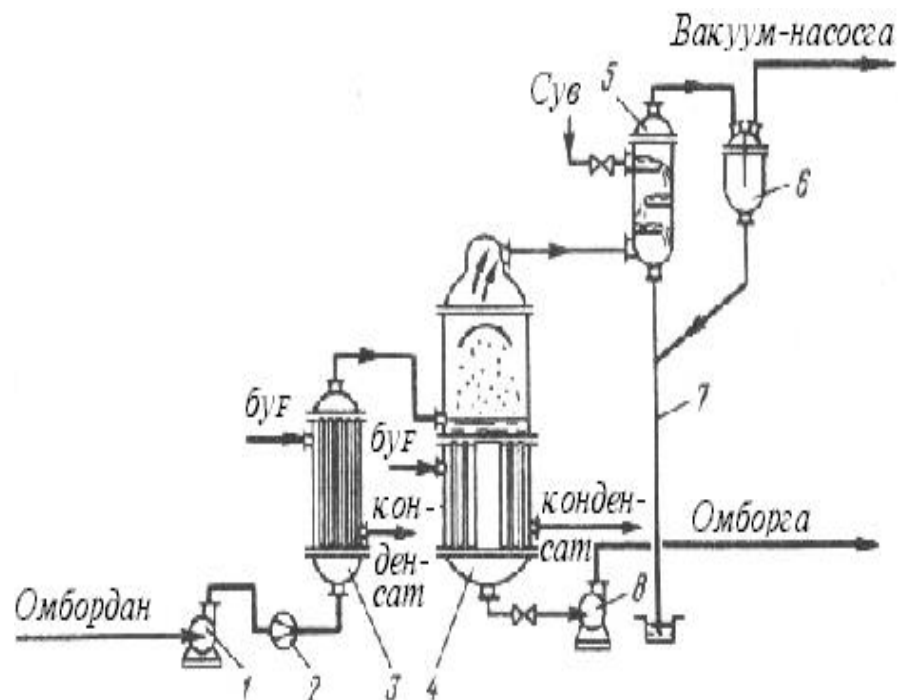
- оддий буғлатиш (узлукли ва узлуксиз);
- кўп корпусли қурилмаларда буғлатиш (фақат узлуксиз);
- иссиқлик насосларини қўллаб буғлатиш.

Эритмалар ва иситувчи буғ хоссаларига қараб ҳамма 3 та буғлатиш усуллари вакуум ва босим остида ўтказилиши мумкин. Иссиқлик элткич сифатида, деярли ҳар доим, тўйинган сув буғи ишлатилади. Камдан - кам ҳолларда эритмалар электр токи ёки оралик иссиқлик элткичлари ёрдамида иситилади.

Оддий буғлатиш. Иссиқлик тежалиши катта аҳамиятга эга бўлмаган ва унумдорлиги кичик бўлган қурилмаларда оддий буғлатишдан фойдаланилади. Ундан ташқари, температура депрессияси юқори эритмаларнигина узлукли ишлайдиган, бир корпусли буғлатиш қурилмасида амалга ошириш иқтисодий

жихатдан тўғри ва мақсадга мувофиқдир. Узлукли буғлатишни икки хил йўл билан олиб бориш мумкин: бошланғич эритмани даставвал юклаш ва оз-оз миқдорда юклаш.

Узлуксиз ишлайдиган оддий буғлатиш қурилмаси 1-расмда келтирилган.



**1-расм. Бир корпусли, узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмасининг схемаси.**

1, 8 - насослар; 2 - сарф ўлчагич; 3 - иситкич; 4 – буғлаткич; 5 - барометрик конденсатор; 6 - ушлагич; 7 - барометрик труба.

Бошланғич концентрацияли эритма насос 1 ёрдамида сарф ўлчагич 2 орқали иситкич 3 га узатилади. У ерда эритма қайнаш температурасигача иситилади ва сўнг буғлаткич 4 га буғлатиш учун юборилади. Қурилма 4 нинг пастки қисмида эритма сув буғи ёрдамида иситилади, натижада эритувчи буғлатади. Хосил бўлган иккиламчи буғ қурилма 4 нинг юқори қисми бўлмиш сепарацион бўлимида майда томчилардан ажратилади ва барометрик конденсатор 5 га йўналтирилади. Ундан иккиламчи буғ конденсацияланади.

Конденсацияланмаган инерт газлар ушлагич 6 орқали вакуум - насос 8 ёрдамида сўриб олинади. Совутувчи сув билан хосил бўлган конденсат барометрик труба 7 орқали йиғгичга тушурилади. Қуюқлаштирилган эритма насос 8 ёрдамида тайёр махсулот омборига узатилади.

Вакуум остида эритмаларни буғлатиш жараёнини ташкил этишнинг бир қатор афзалликлари бор: эритма қайнаш температураси пасаяди; паст босимли буғларни иссиқлик элткич сифатида қўллаш мумкин.

### Оддий буғлатишнинг моддий баланси

**Оддий буғлатиш жараёнининг моддий баланси ушбу тенгламалр ёрдамида ифодаланади:**

$$G_{\bar{o}} = G_{ox} + W \quad (5)$$

бу ерда  $G_{\bar{o}}$  – бошланғич эритма сарфи, кг/соат;  $G_{ox}$  - қуюқлаштирилган эритма сарфи, кг/соат;  $W$  – буғлатилган сув миқдори, кг/соат.

Эритмадаги қуюқ моддага нисбатан моддий баланс ушбу кўринишига эга:

$$\frac{G_{\bar{o}} \cdot x_{\bar{o}}}{100} = \frac{G_{ox} \cdot x_{ox}}{100} \quad (6)$$

бу ерда  $x_{\delta}$  ва  $x_{ox}$  - эритманинг бошланғич ва охириги концентрациялари, % (масс).

Агар, (5) ва (6) тенгламалардан буғлатилган сув миқдорини топиш мумкин:

$$W = G_{\delta} \left( 1 - \frac{x_{\delta}}{x_{ox}} \right) \quad (7)$$

Эритманинг охириги концентрацияси эса:

$$x_{ox} = G_{\delta} \frac{x_{\delta}}{G_{\delta} - W} \quad (8)$$

Қуюқлаштирилган эритма бўйича буғлаткичнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

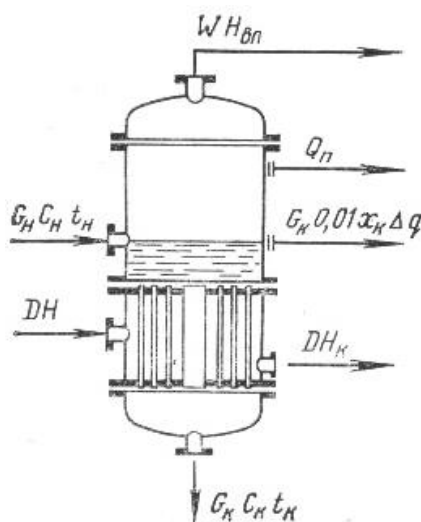
$$G_{ox} = \frac{G_{\delta} \cdot x_{\delta}}{x_{ox}} \quad (9)$$

### Оддий буғлатишнинг иссиқлик баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси 2-расмда келтирилган иссиқлик оқимлари асосида битта тенглик ёрдамида ёзилиши мумкин:

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{u\delta} + D \cdot I_{\kappa} + Q_{iy\kappa} \quad (10)$$

бу ерда  $D$  - иситувчи буғ сарфи, кг/соат;  $I$  - иситувчи буғ энтальпияси, кЖ/кг;  $t_{\delta}$  ва  $t_{ox}$  - эритманинг бошланғич ва охириги температуралари, °С;  $I_{\kappa}$  - конденсат энтальпияси, кЖ/кг;  $\Delta q$  - эритмани  $x_{\delta}$  ва  $x_{ox}$  гача қуюқлаштириш иссиқлиги, кЖ/кг;  $Q_{iy\kappa}$  - иссиқликнинг атроф мухитга йўқотилиши,



1-расм. Оддий буғлатиш жараёнидаги иссиқлик оқимлар схемаси

кЖ/соат.

- $G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta}$  - бошланғич эритма билан иссиқлик кириши;
- $DI$  - иситувчи буғ билан иссиқлик кириши;
- $G_{ox} c_{ox} t_{ox}$  - қуюқлашган эритма билан иссиқлик чиқиши;
- $WI_{u\delta}$  - иккиламчи буғ билан иссиқликнинг чиқиши;
- $DI_{\kappa}$  - иситувчи буғ конденсати билан иссиқликнинг чиқиши;
- $G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q$  - қуюқлаштириш иссиқлиги;
- $Q_{iy\kappa}$  - атроф мухитга иссиқлик йўқотилиши.

## Агар, (9) тенгламани (10) га қўйсақ, ушбу кўринишга эришамиз

$$G_{\delta}c_{\delta}t_{\delta} + Wc_{\delta}t_{\delta} + DI = G_{ox}c_{ox}t_{ox} + G_{ox}0,01x_{ox} \cdot \Delta q + W \cdot I_{уб} + D \cdot I_{к} + Q_{иук} \quad (11)$$

бундан

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox}t_{ox} - c_{\delta}t_{\delta} + 0,01x_{ox}\Delta q}{I - I_{ox}} + W \frac{I_{уб} - c_{\delta}t_{\delta}}{I - I_{ox}} + \frac{Q_{иук}}{I - I_{ox}} \quad (12)$$

(12) тенгламадан кўриниб турибдики, буғлатиш учун зарур бўлган иситувчи буғ сарфи, учта кўшилувчи ёрдамида аниқланади:

- биринчиси, буғлатилаётган эритма энтальпиясини ўзгартириш учун зарур буғ сарфи;
- иккинчиси, иккиламчи буғ хосил қилиш учун зарур буғ сарфи;
- учинчиси, атроф мухитга йуқотилинаётган иссиқликни қоплаш учун зарур буғ сарфи.

Биринчи ва учинчи кўшилувчилар қиймати, иккинчисига қараганда, жуда кичикдир. Шунинг учун, тахминий ҳисоблашларда  $H_{уб} - c_{\delta}t_{\delta} \approx I - I_{к}$  эканлигини инобатга олиб, эритмадан 1 кг сувни буғлатиш учун 1,1...1,2 кг иситувчи буғ керак деб қабул қилинади.

### Текшириш учун саволлар:

1. Буғлатиш деб нимага айтилади?
2. Температура депрессияси нима?
3. Буғлатиш усуллари қандай?
4. Буғлатишнинг моддий ва иссиқлик баланслари.

## 19–МАЪРУЗА.

### КЎП КОРПУСЛИ БУЎЛАТИШ ҚУРИЛМАЛАСИ.

#### РЕЖА:

1. Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари.
2. Умумий температуралар фарқи.
3. Қурилмаларнинг авзаллик ва камчиликлари.

#### Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари

Буғлатиш қурилмаларини классификациялаш усуллари кўп. Лекин, буғлатиш қурилмаларини ишлаш интенсивлигини характерловчи эритма циркуляциясининг тури ва қарралиги классификациялашнинг асосий белгилари деб ҳисоблаш мумкин. Кимё ва озиқ-овқат саноатларида уч хил буғлатиш қурилмалари кенг тарқалган:

1. Эркин (табiiй) циркуляцияли буғлатиш қурилмалари;
2. Мажбурий циркуляцияли буғлатиш қурилмалари;
3. Юпқа қатламли (плёнкали) буғлатиш қурилмалари.

Замонавий буғлатиш қурилмаларининг иситиш юзалари 10...1800 м<sup>2</sup>. Буғлаткичлар конструкцияларини танлашда эритмаларнинг физик ва иссиқлик хоссалари, кристаллинишга мойиллиги, юқори температураларга чидамлилиги, ҳар бир корпусдаги фойдали температуралар фарқи, иссиқлик алмашиниш қурилмасининг юзаси, технологик хусусиятлари ҳисобга олиниши зарур.

Буғлатиш қурилмалари углеродли, легирланган ва икки қатламли пўлатлардан тайёрланади.

Куйида, саноатда энг кенг тарқалган, типик буғлаткичлар конструкциялари келтирилади.

**Ички иситувчи камерали ва марказий циркуляцион трубади буғлаткич.** Вертикал қобик 1 нинг пастки қисмида иситиш камераси 2 жойлашган. Ўз навбатида иситиш камераси иккита тешикли панжара ва унга развальцовка усулида маҳкамланган қайнаш трубалари 3 дан

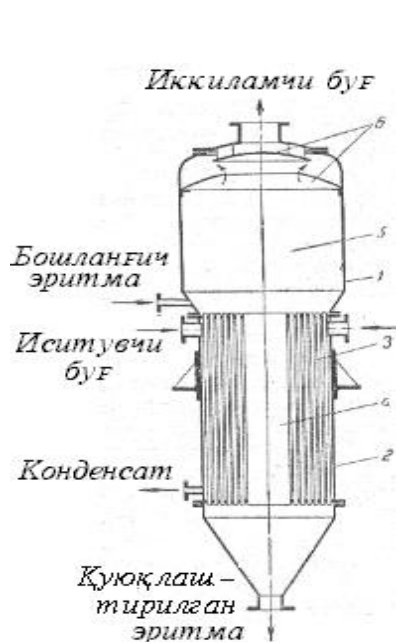
таркиб топган. Иситиш камерасининг ўртасига қайнаш трубаларига караганда диаметри каттарок циркуляцион труба 4 ўрнатилган бўлади.

Иситиш камерасининг трубалараро бўшлиғига иссиқлик элткич, яъни сув буғи юборилади.

Эритма эса қурилманинг тешикли труба панжараси устига узатилади ва циркуляцион труба орқали пастга оқиб тушади. Сўнгра, иситиш натижасида зичлиги камайиб, қайнаш трубалари бўйлаб тепага кўтарилади ва труба ичидан маълум бир масофада қайнади. Хосил бўлган иккиламчи буғ сепарацион бўшлиқ 5 га кўтарилади ва томчи ушлагич 6 да инерцион куч таъсирида майда эритма томчиларидан ажратилади. Ундан кейин, иккиламчи буғ қурилмадан чиқиб кетади.

Қуюқлаштирилган эритма конуссимон тубдаги штуцер орқали оралиқ ёки тайёр махсулот сифатида чиқарилади.

Юқорида қайд этилгандек қайнаш ва марказий (циркуляцион) трубада эритманинг циркуляцияси унинг зичликлари фарқи остида рўй беради. Эритма зичлиги фарқининг хосил



**1-расм. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион труба буғлатиш қурилмаси.**

1 - қобиқ; 2 - иситувчи камера;

3 - қайнаш трубалари; 4 - циркуляцион труба;

бўлишига сабаб, иситиш камераси юзасининг марказий трубаникидан анча катталигидир.

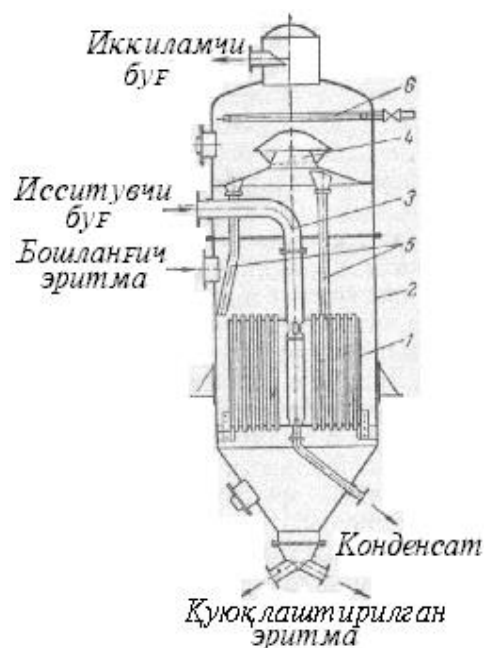
Маълумки, иситувчи камера трубаларида эритмадан буғ ажралиб чиқиши, марказий трубага караганда анча интенсив бўлади. Демак, қайнаш трубуларида эритманинг зичлиги, марказий трубаникидан пастроқ бўлади. Натижада, зичликлар фарқи таъсири остида эритма эркин циркуляция қилади ва иссиқлик ўтказиш жараёни жадаллашади. Ундан ташқари, эритма циркуляцияси труба юзасига сополсимон, ғовак қатлам (накипь) ўтириб қолишига қаршилиқ кўрсатади.

Бу турдаги қурилмалар вакуум остида ишлаганда, қайнаш температураси пасаяди. Демак, паст босимли иссиқлик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Ушбу усулда юқори температураларга бардош беролмайдиган эритмаларни буғлатиш тавсия этилади.

Буғлатиш жараёнида вақт ўтиши билан эритманинг физик ва иссиқлик-диффузион хоссалари ўзгаради. Бу хол иссиқлик бериш жараёнига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Қурилманинг камчиликлари: трубалар тешикли панжараларга қаттиқ, қўзғалмас қилиб маҳкамланганлиги учун қобиқ ва трубаларнинг температура таъсирида узайишига йўл қўймайди; марказий труба иситиш камерасининг ичида ўрнатилгани учун температура фарқи кам бўлади, натижада зичликлар фарқи ҳам оз бўлади, яъни циркуляция қарралиги камаяди.

**Осма иситувчи камерали буғлатгич.** Ушбу турдаги қурилмаларда иситувчи камера 1 ўз обечайкасига эга бўлиб, қобиқ 2 нинг пастки қисмига эркин, қўзғалувчан қилиб ўрнатилган.



**2-расм. Осма иситувчи камерали буғлатиш қурилмаси.**

1 - иситувчи камера; 2 - қобиқ; 3 - буғ трубаси; 4 - томчи ушлагич; 5 - тўкиш трубаси; 6 - ювиш учун тешикли труба.

Иситувчи буғ труба 3 орқали узатилади ва камера 1 нинг трубалараро бўшлиғига юборилади. Иссиқлигини берган буғ конденсат холида ҳамда иситувчи камеранинг пастки қисмидан чиқарилади. Исиган эритма эса, қайнаш трубаларидан юқорига кўтарилади ва эркин циркуляция таъсирида буғлатиш жараёни содир бўлади (2-расм).

Иккиламчи буғ томчи ушлагич 4 дан ўтиб қурилманинг тепасидан чиқиб кетади. Иккиламчи буғдан ажратиб олинган суюқлик труба 5 орқали пастга оқизиб туширилади. Қурилманинг қайнаш трубаларининг ички ва ташқи юзаларида хосил бўлувчи ковакли қатлам (накипь) вақти – вақти билан сув билан ювилиб турилади.

Бу қурилмада марказий циркуляцион труба иситувчи камера ташқарисида ўрнатилган бўлиб, катта кўндаланг кесимга эга. Шунинг учун ҳам эритма циркуляциясыга ижобий таъсир этади.

Иситувчи камера эркин, ҳаракатчан ҳолда ўрнатилгани учун трубаларнинг тешикли панжаралардаги зичлиги бузилмайди. Ундан ташқари, осма ҳолатдаги камерани демонтаж қилиш осон.

Осма иситувчи камерали буғлаткич афзалликлари: эритмалар буғлатиши интенсив; иситиш камераси осма ҳолда ўрнатилгани учун, температуралар фарқи катта бўлганда ҳам трубалар зичлиги ўзгармайди; иситувчи камеранинг яроқсиз трубаларини алмаштириш осон; эритма циркуляциясининг карралиги катта; каттик, ковакли қатлам кам хосил бўлади.

Буғлаткич камчиликлари: иситувчи элткич ва конденсатнинг трубалар орқали кириши ва чиқиши қийин; металл сарфи катта; қовушоқлиги юқори эритмаларни буғлатиш самардорлиги паст; эритма трубаларга ёпишиб қолади.

Эркин циркуляцияли буғлаткичлар тузилиши содда ва кристалланмайдиган, ўртача қовушоқлик суюқликларни буғлатиш учун қўлланилади (3-расм).

Буғлатиш қурилмаси сепаратор, иситувчи камера ва циркуляцион трубадан ташкил топган. Сепаратор эллиптик қоққоқли цилиндрлик қобикдан иборат бўлиб, иситувчи камерага болтлар ёрдамида бирлаштирилган. Унда, иккиламчи буғни томчилардан ажратиш учун турли конструкцияли қайтаргичлар ўрнатилади (3а-расм), Иситувчи камера эса, вертикал қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси типиде ясалган бўлиб, трубалараро бўшлиғига буғ юборилади ва трубалар ичида эритма қайнатилади.

Сепаратор ва иситувчи камералар пастки қисмлари циркуляцион труба билан бирлаштирилган. Циркуляцион ва қайнатиш трубаларидан таркиб топган туташган системада табиий циркуляция хосил бўлади.

Агар, трубаларда эритма қайнаш даражасигича иситилса, ундаги бир қисм суюқлик буғлатиши натижасида трубаларда буғ - суюқлик аралашмаси хосил бўлади. Албатта, бу аралашма зичлиги суюқлик зичлигидан кичикдир. Шундай қилиб, циркуляцион трубадаги суюқлик массаси, қайнаш трубадаги суюқликдан катта бўлиши аниқ. Натижада, қайнаш трубаси – буғ бўшлиғи - циркуляцион труба - трубулар ва хоказо йўли бўйича эритма циркуляцион ҳаракатланади.

Циркуляция пайтида қайнаётган суюқлик томонидаги иссиқлик бериш коэффициенти ортади ва труба юзасида каттик, ковакли ифлослик қатлами хосил бўлиши камаяди.

Табиий циркуляция бўлиши учун иккита шарт бажарилиши зарур:

1) Буғ - суюқлик аралашма қатламини мувозанатда ушлаб туриш ва зарур тезлик хосил қилиш учун циркуляцион трубадаги суюқлик сатхининг баладлиги етарли бўлиши керак;

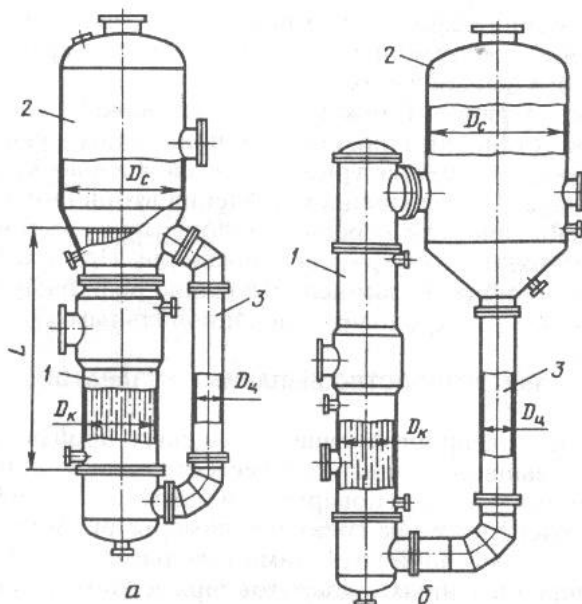
2) Буғ - суюқлик аралашмаси иложи борича кам зичликли бўлиши учун қайнаш трубаларида буғ ажралиб чиқиш интенсивлиги етарли миқдорда бўлиши даркор.

Эритма ва буғ орасидаги температуралар фарқи кўп ва қайнаш зонасида напорнинг йўқотилиши кам бўлгани учун, циркуляция тезлиги 1,8...2 м/с ни ташкил этади.

Агар, циркуляция тезлиги юқори бўлса, буғлаткичнинг иш унумдорлиги ва иссиқлик алмашиниш жараёнининг интенсивлиги катта бўлади.

Маълумки, марказий циркуляцион трубали буғлаткичларда температуралар фарқи кичик ва циркуляция интенсивлиги паст бўлади. Қайнаш трубаларида буғ хосил бўлиши эритманинг физик хоссалари, труба девори ва суюқлик ўртасидаги температуралар фарқи билан белгиланади. Эритманинг қовушоқлиги қанчалик кам бўлса, шунчалик буғ ажралиб чиқиши ва циркуляция тезлиги кўп бўлади. Интенсив циркуляцияга эришиш учун иситувчи буғ ва эритма орасидаги фарқ  $10^{\circ}\text{C}$  дан кам бўлмаслиги керак.

3-расмда келтирилган буғлаткичларнинг иссиқлик алмашилиш юзаси  $10\text{...}1200\text{ м}^2$ , диаметрига қараб қайнаш трубаларнинг узунлиги  $3\text{...}9\text{ м}$  бўлади. Қайнаш трубаларнинг диаметри



**3-расм. Эритмаси эркин циркуляцияга эришадиган буғлаткичлар.**

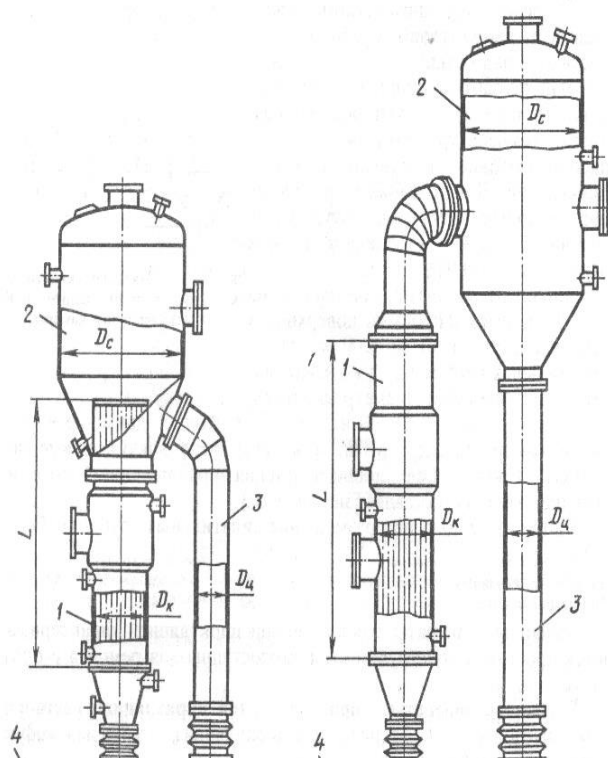
а - иситувчи камераси ажратилган буғлаткич; б - иситувчи камераси ташқарида ўрнатилган буғлаткич: 1- иситувчи камера; 2-сепаратор; 3-циркуляцион труба.  $D_c$ ,  $D_k$ ,  $D_ц$  - сепаратор, иситувчи камера ва сепарацион труба диаметрлари;  $L$  - камера узунлиги.

25, 38 ва 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортиқча босим  $0,3\text{...}1,6\text{ МПа}$ , сепаратордаги вакуум эса -  $93,0\text{ кПа}$ . Циркуляцион труба қўндаланг кесим юзасининг иситувчи камера юзасига нисбати  $0,3$  дан кам бўлмаслиги зарур.

**Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар** эритма циркуляциясининг интенсивлиги ва иссиқлик ўтказиш коэффициентини ошириш имконини беради. Бундай қурилмаларда қовушоқлиги катта бўлган эритмаларни ҳам буғлатиш мумкин (4-расм). Эритма циркуляцияси пропеллерли ёки марказдан қочма типдаги насослар ёрдамида амалга оширилади.

Бошланғич эритма иситувчи камера 1 нинг пастки қисмига юборилса, қуюқлаштирилган эритма эса - сепараторнинг пастки қисмидан чиқарилади

Эритма қайнаш трубалари учидан озгина пастроқ сатхда ушлаб турилади. Иситувчи камера трубаларадаги эритма тезлиги 1,2...3,5 м/с бўлади. Эритма циркуляция қиладиган система суюқлик билан тўлиб тургани учун насос иши фақат гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланади.



4-расм. Эритма мажбурий циркуляция қиладиган буғлаткичлар.

а- иситувчи камера ажратилган буғлаткич; б- иситувчи камераси

Қайнаш трубаларининг пастки қисмидаги босим, тепа қисминиқидан, труба ичидаги суюқлик устини ва қаршиликлар йиғиндисига тенг миқдорда ортик бўлади. Шунинг учун, трубанинг кўп қисмида эритма қайнамасдан, фақат иситилади. Труба учининг маълум бир қисмидагина эритма қайнайди. Насос узатаётган суюқлик миқдори буғлатаётган сувдан бир неча баробар ортикдир. Шунинг учун ҳам, суюқлик массасининг қайнаш трубасидан чиқаётган буғ - суюқлик аралашмадаги буғ массасига нисбати жуда катта.

Бу турдаги буғлаткичлар иситиш юзаси 25...1200 м<sup>2</sup>, қайнаш трубаларининг узунлиги 4...9 м, диаметри 25, 38, 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортикча босим 0,3...1,0 МПа, сепаратордаги вакуум эса - 93 кПа. Циркуляцион труба кўндаланг кесими юзасининг иситувчи камера юзасига нисбати 0,9 дан кам бўлмаслиги керак.

Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициенти жуда катта (эркин циркуляциялиги қараганда 3...4 марта кўп), шунинг учун иситиш юзаси кам бўлса ҳам бўлади; кичик температуралар фарқида (3...5°С) ҳам самарали ишлайди; кристалланишга мойил эритмалар буғлатилганда, иссиқлик алмашилиш юзаларида ифлосликлар ёпишиб қолмайди.

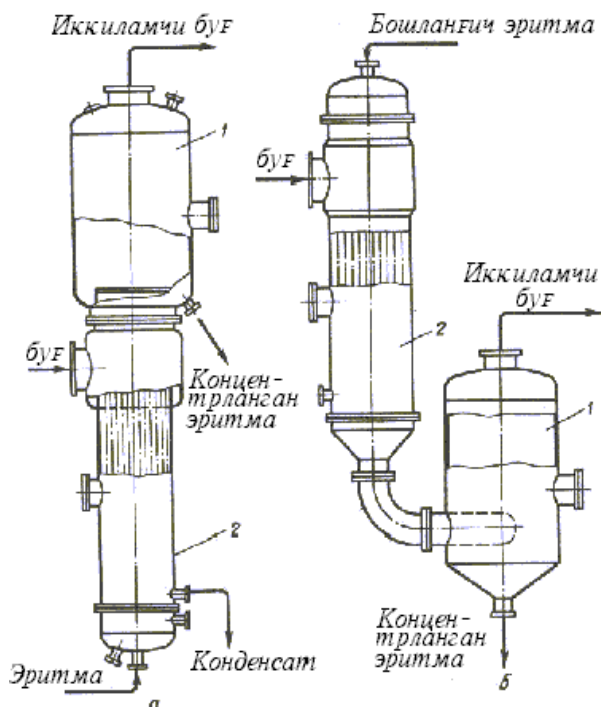
Бундай қурималарнинг камчилиги шундаки, насосни ишлатиш туфайли энергия сарфи кўпаяди.

Одатда, буғлаткичлар қиммат легирланган металлдан ясалганда, ҳамда қовушоқлиги юқори ва кристалланишга мойил эритмаларини буғлатиш учун қўллаш юқори самара беради.



**Юпқа қатламли (плёнкали) буғлаткичлар** юқори температурага чидамсиз эритмаларни қуюқлаштириш учун қўлланилади. Қурилма трубалари орқали эритманинг бир марта ўтиши натижасида буғлатиш жараёни содир бўлади.

Эритманинг ҳаракат йўналишига қараб, кўтарилувчи ва пастка оқиб тушувчи юпқа қатламли буғлаткичларга бўлинади.



**5-расм. Юпқа қатламли буғлаткичлар.** а – кўтарилувчи қатламли буғлаткич. б - пастка оқиб тушувчи қатламли буғлаткич

Юпқа қатламли буғлаткичлар иситувчи камера ва сепаратордан таркиб топган бўлади (5-расм).

Иситувчи камера трубалари 7...9 м узунликда бўлиб, сув буғи ёрдамида иситилади.

5а-расмда кўтарилувчи қатламли буғлаткич кўрсатилган. Бошланғич эритма узлуксиз равишда иситувчи камеранинг пастки қисмига юборилади ва трубаларнинг 20..25% узунлигини тўлдириб туради. Трубаларнинг қолган қисми буғ - суюқлик аралашмаси билан банд бўлади.

Ушбу аралашма труба деворида юпқа қатламли суюқликка ва унинг ўқида буғ агрегат ҳолатига ажралган бўлади. Буғ оқими ҳаракати пайтида суюқлик қатламига ишқаланиш оқибатида юпқа қатлам турбулизацияга учрайди ва унинг юзаси жадал равишда янгиланиб туради. Шу омиллар ҳисобига юқори иссиқлик ўтказиш коэффиценти ва катта буғлатиш юзасига эришилади.

5б-расмда пастга оқиб тушувчи қатламли буғлаткич тузилиши келтирилган. Бундай қурилмада бошланғич эритма иситувчи камеранинг юқори қисмига узатилади.

Қуюқлаштирилган эритма, сепараторнинг пастки қисмидан чиқарилади.

Юпқа қатламли буғлаткичларнинг иссиқлик алмашилини юзаси 63...2500 м<sup>2</sup> бўлиб, 38 ва 57 мм ли трубалардан ясалади.

Иситувчи камерадаги ортиқча босим 0,3...1,0 МПа, сепаратордаги вакуум эса - 93 кПа.

Камчиликлари; иситувчи буғ босими тебраниб турган ҳолларда ишлаши бир текисда эмас. Агар, иш режими бузилса, қурилмани циркуляцияли ишлаш режимига ўтказиш мумкин.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Осма иситувчи камерали буғлаткич қандай тузилган?
2. Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар камчиликлари нимада?
3. Юпқа қатламли буғлаткичлар қандай мақсадда ишлатилади?

## 20- МАЪРУЗА МАССА АЛМАШИНИШ АСОСЛАРИ.

### РЕЖА:

1. Масса алмашиниш жараёнлари, умумий тушунчалар.
2. Мувозанат чизиғи ва масса ўтказишнинг асосий тенгламаси.
3. Масса ўтказишнинг асосий қонунлари. Малекуляр ва турбулент диффузия.
4. Жараёни харакатга келтирувчи куч.

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

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

Масса алмашиниш жараёнини харакатга келтирувчи куч – концентрациялар фарки.

Саноат технологияларида ишлатиладиган абсорбция, экстракция («суюқлик - суюқлик»), «қаттиқ технология жисм – суюқлик системаларида), адсорбция, қуриштиш, кристалланишларда масса алмашиниш жараёнлари содир бўлади.

**Абсорбция** – бу газ аралашмасидан бирор модданинг суюқ фазага селектив равишда ютилиш жараёнидир. Яъни, бу жараёнда модда буғ ёки газ фазадан суюқ фазага ўтишини кузатишимиз мумкин.

Моддани ўзига ютувчи фаза абсорбент деб номланади. Абсорбция 2 хил бўлади: физик абсорбция – бу газнинг суюқликда оддий ютилиши; хемосорбция - бу газнинг суюқликда ютилиши даврида кимёвий бирикма хосил бўлиши.

Абсорбцияга тескари жараён, яъни ютилган компонентларни суюқликдан ажратиш олиш **десорбция** деб аталади.

**Суюқликларни хайдаш ва ректификация** – бу суюқ ва буғ фазалар орасида компонентлар ўзаро модда алмашиниш йўли билан суюқ аралашмаларни компонентларга ажратиш жараёнидир. Ушбу жараён иссиқлик таъсирида олиб борилиб, компонентларнинг қайнаш температураси хар хил бўлишига асосланади. Бу жараён 2 хил бўлади: оддий хайдаш (дистиллаш) ва мураккаб хайдаш (ректификация). Шу алоҳида таъкидлаш керакли, бунда модда суюқ фазадан буғга ва буғдан суюқ фазага ўтади

**Экстракция** – бу эритма ёки қаттиқ жисмдан эритувчи ёрдамида бир ёки бир неча компонент ажратиш олиш жараёнидир («суюқлик-суюқлик» системасида фаол компонент бир суюқ фазадан иккинчисига ўтади. «Қаттиқ жисм – суюқлик» системасида модда қаттиқ жисмдан суюқ фазага ўтади. Бундай системада компонентнинг суюқ фазага ўтиши **эритиш жараёни** деб номланади.

**Адсорбция** – бу газ, буғ ёки суюқ аралашмалардан бир ёки бир неча компонентларни қаттиқ, ғовакли жисм билан ютилиш жараёнидир. Жуда катта фаол юзага эга қаттиқ жисмлар **адсорбентлар** деб аталади. Ушбу жараён саноатнинг турли сохаларида ишлатилади ва газ, буғ ёки суюқ аралашмалардан у ёки бу компонентни ажратиш олиш учун хизмат қилади.

Адсорбция жараёнида суюқ ёки газ фазадаги компонент қаттиқ жисмга ўтади.

**Қуриштиш** – бу қаттиқ материаллар таркибидаги намликни буғ шаклида ажратиш олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда фаол компонент - намлик қаттиқ фазадан газ ёки буғ фазасига ўтади.

**Кристалланиш** – бу суюқ эритмалар таркибидаги қаттиқ фазани кристалл шаклида ажратиш олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда суюқ фазадан модданинг қаттиқ фазага ўтиши рўй беради.

Юқорида келтирилган жараёнлардан кўриниб турибдики, уларнинг хаммаси учун бир фазадан иккинчисига масса ўтиши ёки масса ўтказиш хос.

Модданинг бир фазадан иккинчига, ажратиш турувчи юза орқали ўтиши **масса ўтказиш жараёни** деб номланади.

Бир фаза ичида, фазадан ажратиш турувчи юза ёки ажратиш турувчи юзадан фазага

модданинг ўтишига **масса бериш жараёни** дейилади.

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

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

Масса алмашиниш жараёнида мувозанат ҳолатларини аниқлашда **фазалар қондасидан** фойдаланилади:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (1)$$

бу ерда  $\Phi$  – фазалар сони;  $C$  – эркинлик даражаси сони;  $K$  – системадаги компонентлар сони.

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

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

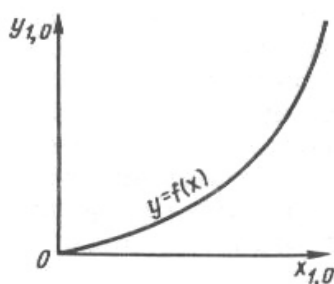
Даставвал, тарқалувчи модда фақат  $G$  фазада ва  $Y$  концентрацияли бўлсин. Бошланғич даврда  $L$  фазада тарқалувчи модда йўқ бўлса, унда фазадаги концентрацияси  $x = 0$ .

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

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

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (2)$$

Ушбу тенгламалар графикда мувозанат чизиғи билан ифодаланади ва масса алмашиниш жараёнининг турига қараб тўғри ёки эгри чизиқли кўринишда бўлади. 1-расмда газ фазасидаги мувозанат концентрациясининг суяқ фазадаги концентрация билан боғлиқлиги берилган.



**1-расм.**  $p=\text{const}$  ва  $t=\text{const}$  бўлгандаги мувозанат диаграмма.

Мувозанат пайтидаги фазалар концентрацияларининг нисбати **тарқалиш коэффициентлари**  $m$  деб номланади.

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

Одатда, кўпчилик эритмалар учун мувозанат чизиғи тўғри чизиқ шаклида бўлади. Тарқалиш коэффициентининг қиймати кўпинча ўзгармас бўлиб, мувозанат чизиғининг қиялик бурчаги тангенсига тенгдир.

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

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

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

Масса алмашиниш жараёнларининг тезлик коэффициенти ва ҳаракатга келтирувчи кучини

хисолаш масса ўтказиш кинетикасининг асосий масаласидир.

**Масса ўтказишнинг асосий тенгламаси** кинетиканинг умумий тенгламасидан келтириб чиқарилиши мумкин.

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

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

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = k\Delta \quad (3)$$

бу ерда,  $M$  – бир фазадан иккинчисига ўтган модда миқдори, кг;  $F$  – масса ўтказиш юзаси, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – жараён давоминлиги, с;  $k$  – масса ўтказиш коэффициентини. Қўриниб турибдики,  $dM/Fd\tau$  ажратиб турувчи юза бирлигига тўғри келадиган масса ўтказиш тезлигидир.

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

$$M = k \cdot \Delta \cdot F\tau$$

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{ёки} \quad M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau \quad (4)$$

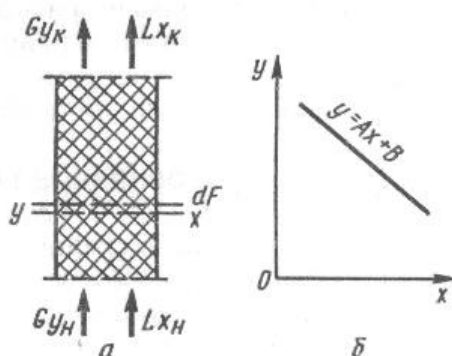
(4) масса ўтказиш жараёнининг асосий тенгламаси деб номланади. Ушбу тенгламага биноан, бир фаза ядросидан иккинчи фаза ядросига узатилган масса миқдори фазалар ядросидаги концентрациялар фарқи, ажратиб турувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир.

**Масса ўтказиш коэффициенти**, вақт бирлиги ичида ҳаракатга келтирувчи куч бирга тенг бўлганда, уларни ажратиб турувчи юза бирлигидан ўтган масса миқдорини характерлайди.

(4) тенгламани ташкил этувчи параметрлар бирликларига қараб, масса ўтказиш коэффициенти қуйидаги ўлчов бирлигига эга бўлади: м/с; кг/(х.к.к. б · м<sup>2</sup>·с); кмоль/(х.к.к.б. · м<sup>2</sup>·с).

#### Масса алмашиниш жараёнининг моддий баланси

Бир хил йўналишли фазалар ўртасида масса алмашиниш рўй бераётган элементар масса



2-расм. Ҷараённинг моддий балансини тўзишда ва ишчи чизиқ тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

а-қурилмадаги оқимлар схемаси;

алмашиниш қурилмасининг схемасини кўриб чиқамиз. Фазаларни ажратиб турувчи юзага нисбатан массавий тезликларини  $G$  ва  $L$  (кг/соат), тарқалувчи модда концентрацияларини эса –  $y$  ва  $x$  (кг/кг) деб белгилаб оламиз (5.2-расм).

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

$L$  фазада эса, мос равишда концентрация  $x_b$  дан  $x_{ox}$  гача ортади. Қурилманинг чексиз кичик  $dF$  юзаси учун:

$$dM = G(-dy) = Ldx \quad (5)$$

Қурилмада тарқалувчи модда концентрациялари ўзгариши чегарасида (5.5) тенгликни интеграллаб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$M = -G(\bar{y}_{ox} - \bar{y}_{\delta}) = G(\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}) = L(\bar{x}_{ox} - \bar{x}_{\delta}) \quad (6)$$

Бундан, фазаларнинг массавий сарфини аниқлаймиз:

$$G = L \frac{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_{\delta}}{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}}; \quad L = G \frac{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}}{\bar{x}_{\delta} - \bar{x}_{ox}} \quad (7)$$

(5) тенгламани бошланғич ва охириги концентрациялар оралиғида интеграллаб қуйидаги ифодани оламиз:

$$G(\bar{y}_{\delta} - \bar{y}) = L(\bar{x} - \bar{x}_{\delta})$$

Бундан, жорий концентрациялар орасидаги боғлиқлик топилади:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{ox}}{G} \quad (8)$$

ёки

$$\bar{y} = Ax + B \quad (9)$$

бу ерда  $A = L/G$ ;  $B = (G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{ox})/G$ .

(8) ва (9) лар ишчи чизиқ тенгламасини характерлайди. Улардан, масса алмашиниш қурилмаларини ҳисоблашда фойдаланилади.

Шундай қилиб, мувозанат ва ишчи чизиқ тенгламаларидан жараённинг йўналишини ҳам аниқлаш мумкин.

Хақиқий (ишчи) концентрациялар орасидаги боғлиқликни ифодаловчи тўғри чизиқ тенгламаси (9) **жараённинг ишчи чизиғи** деб номланади.

### Масса ўтказишнинг асосий қонунлари

Масса ўтказиш жараёнлари бир неча масса алмашиниш йўли билан амалга оширилиши мумкин: газ (ёки буғ) ва суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқими ва қаттиқ фаза орасида; газ (ёки буғ) оқими ва қаттиқ фаза орасида.

Масса ўтказишнинг асосий қонунлари бўлиб молекуляр диффузия (Фикнинг 1- қонуни), масса бериш (Ньютон – Шукарев қонуни) ва масса ўтказувчанлик қонунлари ҳисобланади.

**Молекуляр диффузия қонуни (Фикнинг 1- қонуни).** Молекула, атом, ион ва коллоид заррачаларнинг хаотик ҳаракати натижасида моддаларнинг тарқалиши **молекуляр диффузия** деб номланади. Маълумки, моддалар ҳар доим концентрацияси юқори зонадан концентрацияси паст зонага қараб тарқалади. Ушбу қонунга биноан, диффузия йўли билан тарқалган модда миқдори концентрациялар градиенти, диффузион оқим йўналишидаги перпендикуляр ажратувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial t} F d\tau \quad \text{ёки} \quad M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (10)$$

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

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

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

(10) тенгламадаги диффузия коэффициентининг ўлчов бирлигини аниқлаймиз:

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

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

Одатда, диффузия коэффициентининг қийматлари адабиётлардан ёки қуйидаги формулалардан аниқланади:  
газлар учун:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (11)$$

суюқликлар учун:

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

бу ерда  $T$  – температура, К;  $P$  - босим, Па;  $V_A$  ва  $V_B$  - жараёнда иштирок этувчи моддалар моль хажми, см<sup>3</sup>/моль;  $M_A$  ва  $M_B$  - моддаларнинг молекуляр массаси, кг/кмоль;  $\mu$  - динамик ковушоқлик, мПа·с;  $A$  ва  $B$  – модданинг табиатига боғлиқ тажрибавий константа;

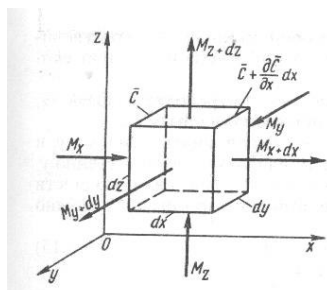
Диффузия коэффициентини системанинг агрегат ҳолатига боғлиқ. Газлар учун  $D$ нинг қийматлари  $(0,1 \dots 1,0) \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с. Суюқликларнинг диффузия коэффициентини тўрт даражага паст бўлади. Маълумки, температура ортиши билан  $D$  ортади, босим ошиши билан эса – камаяди.

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

Хулоса қилиб айтганда, молекуляр диффузия жуда секин ўтадиган жараёндир.

**Турбулент диффузия.** Турбулент тебраниш таъсирида оқимнинг харакатида бир фазадан иккинчисига модданинг тарқалиши **турбулентдиффузия** деб номланади.

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



3-расм. Молекуляр диффузиянинг

#### дифференциал тенгламасини

Турбулент диффузия коэффициентини вақт бирлиги ичида концентрация градиенти бирга тенг бўлганда ажратувчи юза бирлигидан турбулент диффузия йўли билан тарқалган модданинг мидорини билдиради. Унинг қиймати жараённинг гидродинамик режимига

$$\text{ёки } M = -\varepsilon_D \frac{\partial c}{\partial n} F \cdot \tau \quad (13)$$

бу ерда  $\varepsilon_D$  - турбулент диффузия коэффициентини (13) тенгламадан  $\varepsilon_D$  - аниқлаймиз

$$[\varepsilon_D] = \left[ \frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[ \frac{\kappa\zeta \cdot M \cdot M^2}{c \cdot M^2 \cdot \kappa\zeta} \right] = \left[ \frac{M^2}{c} \right]$$

боғлиқ. Бу ерда гидродинамик режим деганда оқимнинг тезлиги ва турбулентлик масштаби назарда тутилади.

**Молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламаси (Фикнинг 2-қонуни).** Бирор фазанинг оқида ажратиб олинган элементар параллелепипед учун тарқалувчи модданинг моддий баланси кўриб чиқилади ва ундан конвектив диффузия ёки масса бериш жараёнининг тенгламасини келтириб чиқариш мумкин (3-расм).



4-расм. Масса бериш тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

Элементар кичик параллелепипед орқали молекуляр диффузия йўли билан модда тарқалаётган бўлсин.

Агар,  $dydz$ ,  $dx dy$  ва  $dx dz$  томонлари орқали  $M_x$ ,  $M_y$  ва  $M_z$  миқдорда моддалар ўтаётган бўлса, қарама-қарши томонлардан эса  $M_{x+dx}$ ,  $M_{z+dz}$  ва  $M_{y+dy}$  миқдорда моддалар чиқади. Яъни, параллелепипеднинг элементар хажми  $dM = (M_x - M_{x+dx}) + (M_y - M_{y+dy}) + M_{x+dx}$  миқдорда тарқалган модда ютиб олади. Бунда, модданинг концентрацияси  $(\partial C / \partial \tau) \partial \tau$  миқдорга ортади. Фикнинг 1 - қонунига биноан:

$$M_x = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dy dz d\tau$$

$$M_{x+dx} = -D \frac{\partial \left( \bar{C} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dy dz d\tau = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dy dz d\tau - D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dy dz d\tau$$

демак:

$$M_x - M_{x+dx} = D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dy dz d\tau$$

Худди шундай қилиб параллелепипеднинг қолган томонлари учун ҳам ўтган моддалар фарқини аниқлаб оламиз.

Параллелепипед билан ютилган умумий модда миқдори:

$$dM = D \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) dx dy dz d\tau \quad (14)$$

Ушбу модда миқдорини параллелепипед хажмини тарқалаётган модда концентрациясининг  $\partial \tau$  вақт ичида ўзгаришига кўпайтириб ҳам топса бўлади:

$$dM = dx dy dz \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} d\tau \quad (15)$$

(14) ва (15) ларни тенглаштириб, ушбу кўринишдаги молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (16)$$

(16) тенглама Фикнинг 2-қонуни деб юритилади.  $\partial C / \partial \tau$  - фазода олинган исталган нуктадаги концентрациянинг вақт бўйича ўзгариш тезлигини характерлайди.

**Масса алмашиниш жараёнларини харакатга келтирувчи куч**

Иссиқлик алмашиниш жараёнларидаги каби, масса алмашинишда ҳам фазалар

йўналиши параллел, қарама - қарши, ўзаро кесишган ва мураккаб бўлиши мумкин.

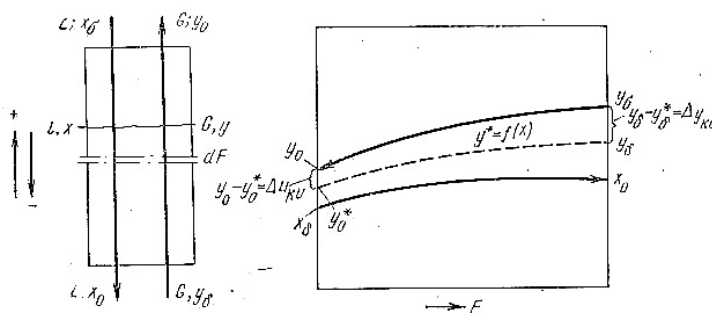
Маълумки, фазалар ҳаракатининг ўзаро йўналиши ва уларнинг таъсир қилиш усули масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қийматини белгилайди. Фазалар, ажратувчи юза бўйича ҳаракатланганда, уларнинг концентрацияси ўзгаради. Бу ҳол эса ўз навбатида ҳаракатга келтирувчи кучнинг ўзгаришига олиб кетади. Шунинг учун, масса ўтказишнинг асосий тенгламасида ўртача ҳаракатга келтирувчи куч катталиги ишлатилади.

**Масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи.** Ушбу кучнинг ифодаланиши мувозанат чизиғи тўғри ёки эгри чизик шаклида эканлигига боғлиқ.

Қарама - қарши йўналишли колоннада масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (5-расм).

Жараён қуйидаги шартларга амал қилган ҳолатда юз бермоқда:

- 1) Мувозанат эгри чизиғи  $y^* = f(x)$ ;
- 2) фазалар сарфлари ўзгармас ( $G = const, L = const$ ), яъни ишчи чизик тўғри чизик функциясиدير.
- 3) масса ўтказиш коэффициенти қурилманинг баландлиги бўйича ўзгармайди, яъни  $K_x = const, K_y = const$ .



5-расм. Масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи

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

$$dM = -Gdy$$

Тенглама ўнг томонидаги манфий ишора  $\Phi_y$  фазадаги концентрациянинг камайишини ифодалайди.

Худди шу миқдордаги  $dM$  масса  $\Phi_x$  фазага ўтиб, унинг концентрациясини  $dx$  қийматга оширади. Унда,  $dF$  элементар юза учун масса ўтказиш тенгламасини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (17)$$

Ўзгарувчи  $y$  ва  $F$  қийматларни ажратиб (17) тенгламани интегралласак (концентрация бўйича  $y_0$ дан  $y_{ax}$ гача, тўқнашиш юзаси бўйича  $O$  дан  $F$  гача), қуйида тенгламани оламиз:

$$\int_{y_0}^{y_{ax}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

бундан

$$\int_{y_0}^{y_{ax}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (18)$$

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



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

Охиргиифодадаги  $G$ нинг қийматини (18) тенгламага қўйсақ, ушбукўринишгаэришамиз:

$$\int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{d_y}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_{\bar{o}} - y_{ox})$$

бундан:

$$M = K_y F \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (19)$$

(19) тенгламани (4) билан таққослаб, (19) тенгламанинг охирги кўпайтмаси масса алмашиниш жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини ифода этишини биламиз:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (19a)$$

Худди шундай  $\Phi_x$  фазадаги  $\Delta x_{yp}$  ни қуйидагич ифодалаш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_{ox} - x_{\bar{o}}}{\int_{x_{\bar{o}}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}} \quad (19b)$$

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

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

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ki}}} \quad (20)$$

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

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ki}}} \quad (21)$$

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

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ki}}{2} \quad (22)$$

Худди шундай,  $\Phi_x$  фазаси учун:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ki}}{2} \quad (23)$$

**Ўтказиш бирлигининг сони.** (19а) ва (19б) тенгламалари махражидаги интеграл ўтказиш бирлигининг сони деб номланади ва у  $n_{oy}$ ,  $n_{ox}$  билан белгиланади:

$$n_{oy} = \int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (24)$$

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

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

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (25)$$

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

Шундай қилиб, ўтказиш бирлиги сони жараённинг ўртача харакатга келтирувчи кучига тесқари пропорционалдир.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Масса алмашилиш жараён турларига нималар қиради ва унинг харакатлантирувчи кучи нима?
2. Малекуляр диффузия деб нимага айтилади?
3. Турбулент диффузия деб нимага айтилади?

## 22- МАЪРУЗА МАССА ЎТКАЗИШ ВА БЕРИШ.

#### РЕЖА:

1. Масса беришнинг асосий қонуни.
2. Конвектив диффузиянинг критериял тенгламалари. (Nu, Re, Pe, Fo)
3. Масса ўтказиш ва бериш коэффицентлари ўртасидаги боғлиқлик.

**Масса беришнинг асосий қонуни.** Ушбу қонун қаттиқ жисмлар эришини ўрганиш пайтида рус олими Шуқарев томонидан аниқланган. Бу қонунга биноан, фазаларни ажратиб туривчи юзадан бирор фаза ядросига ёки тесқари йуналишда масса бериш йўли билан ўтган модда микдори фазалар концентрацияси фарқига, фазага ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир.

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

улуши ортади.

Бунда, тарқалувчи модданинг концентрация градиенти хосил бўлади ва фазаларни ажратувчи чегарага яқинлашиб борган сари, унинг қиймати ошиб боради. Шундай қилиб, чегаравий диффузион қатлам атрофи–бу концентрация градиенти хосил бўлиши ва ўсиши соҳасидир. Ундан ташқари, бу ер – умумий масса ўтказишга молекуляр диффузия тезлигининг таъсири кўпаядиган соҳадир.

$G$  фазадан  $L$  фазага тарқалаётган модда миқдори  $M$  бўлсин. Агар, фазалар ядросидаги моддалар концентрациясини  $y_f$  ва  $x_f$  деб, фазаларни ажратиб турувчи юзадаги концентрацияларни эса –  $y_c$  ва  $x_c$  деб белгиласак, унда масса бериш жараёнида ўтган модда миқдорларини қуйидаги тенгламалардан аниқлаш мумкин:

$$dM = \beta_y(y_f - y_c) \cdot F d\tau; \quad dM = \beta_x(x_c - x_f) \cdot F d\tau \quad (1)$$

бу ерда  $\beta_y, \beta_x$  – конвектив ва молекуляр оқимлар билан модда узатилишини характерловчи масса бериш коэффициентлари;  $y_c = y_M$  ва  $x_c = x_M$  деб қабул қилинади.

Масса бериш коэффициентининг ўлчов бирлиги қуйидагича:

$$[\beta] = \left[ \frac{M}{(y_f - y_c) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[ \frac{кг \cdot м^3}{кг \cdot м^2 \cdot соат} \right] = \left( \frac{м}{соат} \right)$$

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

Масса бериш коэффициенти фазаларнинг зичлиги, қовушоклиги ва бошқа хоссаларига, суюқлик харакат режимига, қурилманинг тузилиши ва ўлчамларига боғлиқдир. Шунинг учун ҳам унинг қийматини тажриба ёки ҳисоблаш йўли билан аниқлаш қийин. Лекин, ҳар бир аниқ шароит ва суюқликлар учун  $\beta$  нинг қийматини тажриба йўли билан топиш мумкин.

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

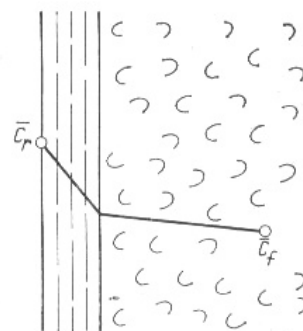
#### Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси

Диффузион чегаравий қатлам назариясига биноан, суюқлик оқими фазаларни ажратувчи чегарасида тарқалаётган модда молекуляр диффузия ва бевосита суюқлик оқими билан узатилади (1-расм). Кўрилатган системада оқимни 2 қисмдан иборат деб ҳисобласа бўлади, яъни ядро ва чегаравий диффузион қатламдан. Турбулентлик анча юқори бўлганда ҳам, ядрода модданинг тарқалиши асосан суюқлик харакати туфайли рўй беради. Турғун режимда ушбу кўндаланг кесимда тарқалувчи модда концентрацияси ўзгармасдир. Чегаравий диффузион қатламга яқинлашган сари, турбулентлик даражаси пасаяди. Шунинг учун, фазаларни ажратувчи чегарада модданинг тарқалиши асосан молекуляр диффузия ҳисобига ўтади. Ундан ташқари, бу зонага яқинлашиш билан концентрациялар градиенти ҳам ортади.

Шундай қилиб, чегаравий диффузион қатлам – бу концентрация градиенти хосил бўладиган ва ортадиган, ҳамда молекуляр диффузия қийматининг минимумдан максимумгача кўпаядиган зонасидир.

Конвектив диффузия жараёнида фазанинг элементар ҳажмида тарқалувчи модданинг концентрацияси ҳам молекуляр диффузия, ҳам механик харакат таъсири остида ўзгаради. Бундай ҳолларда, тарқалаётган модданинг концентрацияси  $x, y, z$  координаталар ва вақт  $\tau$  нинг функцияси бўлиб қолмай, балки элемент силжиш тезлиги  $w_x, w_y$  ва  $w_z$  ларга ҳам боғлиқ бўлади.

Конвектив диффузия пайтида эса, элемент фазанинг бир нуқтасидан иккинчисига кўчади. Бунда,



1-расм. Конвектив диффузия қонунини келтириб чиқаришга оид.

элементда тарқалаётган модда концентрациясининг ўзгариши субстанционал хосила орқали ифодаланади:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z \quad (2)$$

Ушбу тенгламадаги қўшилувчилар йиғиндиси  $\frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z$  - концентрациянинг конвектив ўзгаришини,  $\frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau}$  эса – локал ўзгаришини характерлайди.

$$\frac{\partial\bar{C}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{C}}{\partial z} w_z = D \left( \frac{\partial^2\bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

Фазаларни ажратувчи чегара атрофида фазадан фазага тарқалаётган модда микдори конвектив диффузия қонуни (1) ёрдамида аниқланади. Юқорида айтилгандек, фазаларни ажратувчи юза олдида, модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиши эса, молекуляр диффузия хисобига амалга ошади.

$$\beta\Delta\bar{C} = -D \frac{\partial\bar{C}}{\partial x} \quad (4)$$

бу ерда  $\Delta\bar{C} = \bar{C}_+ - \bar{C}_-$  - жараёни харакатга келтирувчи куч.

**Конвектив диффузиянинг критериял тенгламалари.** Бундай формулалар (3) ва (4) тенгламалардан келтириб чиқарилади. Диффузион критерийларни олиш учун ўхшашлик назариясидан фойдаланамиз. (4) тенгламадан ўлчамсиз  $\beta\Delta\bar{C}l/D$  комплексни оламиз ва баъзи қисқартиришлардан сўнг Нуссельт диффузион критерийсини хосил қиламиз:

$$Nu_D = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (5)$$

бу ерда  $\beta$  - масса бериш коэффициенти;  $l$  – аниқловчи ўлчам;  $D$  – молекуляр диффузия коэффициенти.

(3) тенгламанинг иккала қисмини  $D\partial^2\bar{C}/\partial x^2$  га бўлиб, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\frac{\partial\bar{C}}{\partial\tau} \cdot \partial x^2}{\partial\tau \cdot \partial^2\bar{C}} \quad \text{ва} \quad \frac{\frac{\partial\bar{C}}{\partial x} \cdot w_x \cdot \partial x^2}{\partial x \cdot D \cdot \partial^2\bar{C}}$$

Булардан эса Фурье диффузион критерийси:

$$Fo_D = \frac{D\tau}{l^2} \quad (6)$$

ва Пекле диффузион критерийси:

$$Pe_D = \frac{wl}{D} \quad (7)$$

келтириб чиқарилади. Бу ерда  $\tau$  - жараён давомийлиги;  $w$  – оқим тезлиги.

Фурье критерийси вақт ўтиши билан тарқалаётган масса оқими тезлиги ўзгаришини ифодалайди ва нотурғун масса бериш жараёнларни характерлайди.

Пекле критерийси ўхшаш системаларнинг ўхшаш нукталарида конвектив ва молекуляр диффузиялар орқали ўтаётган массаларнинг нисбатини ифодалайди.

Пекле критерийсини ўзгартириб, ушбу кўринишда ёзамиз:

$$Pe = \frac{wl}{D} = \frac{wl}{\nu} \cdot \frac{\nu}{D} = Re \cdot Pr_D$$

бу ерда

$$Pr_D = \frac{\nu}{D} \quad (8)$$

Прандтл критерийси физик катталиклар майдонларининг ўхшашлигини характерлайди ва моддалар физик хоссалари нисбатининг ўзгармаслигини ифодалайди.

Масса бериш жараёнини характерловчи ўхшашлик критерийлари аниқлангандан сўнг, конвектив диффузиянинг умумий критериял тенгламаси тузилиши мумкин:

$$f(Re, Gr, Nu_D, Pr_D, Fo_D) = 0 \quad (9)$$

Нуссельтнинг диффузион критерийси асосий аниқланувчи критерий бўлгани учун (9) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Nu_D = f(Re, Gr, Pr_D, Fo_D) \quad (10)$$

(10)даги Грасгоф критерийси эркин конвекция пайтида конвективдиффузияни характерлайди. Агар, жараён турғун бўлса, умумий критериял тенгламадан, Фурье критерийси туширилиб қолдирилади:

$$Nu_D = f(Re, Gr, Pr_D) \quad (11)$$

Суюқлик оқимининг мажбурий харакати пайтида эркин конвекцияни хисобга олмаса бўлади. Бу холда (11) тенгламадан Грасгоф критерийси тушириб қолади:

$$Nu_D = f(Re, Pr_D) \quad (12)$$

Критериял тенгламалардан аниқланган Нуссельт критерийси қийматларидан масса бериш коэффицентини хисоблаб топиш мумкин:

$$\beta = \frac{Nu \cdot D}{l} \quad (13)$$

Масса бериш коэффицентларининг қийматлари ёрдамида масса ўтказиш коэффицентини  $K$  ни топиш мумкин.

Гидродинамик ўхшашлик асосида масса бериш коэффицентини  $\beta$  ни оқим ўртача тезлиги  $w$  га нисбатини аниқлаш мумкин. Бу ўлчамсиз катталик Стантон диффузион критерийси деб номланади ва ушбу кўринишга эга:

$$St_D = \frac{\beta}{w} = \frac{Nu_D}{Pe_D} = \frac{\beta \cdot l / D}{w \cdot l / D} \quad (14)$$

Стантон критерийси турбулент оқимларда масса бериш жараёнида концентрация ва тезлик майдонлари ўхшашлигини характерлайди.

**Масса ўтказиш ва бериш коэффицентлари ўртасидаги боғлиқлик**

Ишчи ва мувозанат концентрациялари орасида чизиқли боғлиқлик шароитида, бирор  $G$  фазадан  $L$  фазага масса ўтказиш жараёнини кўриб чиқамиз. Фазаларни ажратувчи чегарада мувозанат холатига эришилади деб қабул қиламиз.

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

$$dM = \beta \cdot y(y - y_c) \cdot dF$$

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

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

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

$$dM = \beta_x(x_c - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m}(y_{mч} - y_m) \cdot dF$$

бундан:

$$y_{mч} - y_m = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \quad y - y_c = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Юқорида келтирилган охириги икки тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларининг йиғиндиси, ҳамда  $y_c = y_{mч}$ га тенглигини ҳисобга олсак ушбу кўринишдаги тенгламани олаемиз:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF \left( \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \right)} \quad (15)$$

Масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \quad (16)$$

(15) ва (16) тенгламаларни ўнг томонларини тенглаштириб, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \quad \text{ёки} \quad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \quad (17)$$

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

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \quad \text{ёки} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (18)$$

Бу тенгламаларнинг чап томонлари массанинг бир фазадан иккинчисига ўтиши учун умумий диффузион қаршиликни, ўнг томонлари эса – фазалардаги масса бериш жараёнлари диффузион қаршиликларнинг йиғиндисини ифодалайди. Шунинг учун ҳам, (17) ва (18) тенгламалар фазавий қаршиликларнинг **аддитивлик тенгламалари** деб юритилади.

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

#### Текшириш учун саволлар:

1. Масса бериш коэффициенти нимани характерлайди?

2. Қандай критериял тенгламаларни биласиз?
3. Масса ўтказиш ва бериш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик қандай?

## 22-МАЪРУЗА

### ҚУРИТИШ. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР. ИДЕАЛ ВА РЕАЛ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНЛАРИ.

#### РЕЖА:

1. Қуритиш жараёни ва қўлланилиши.
2. Рамзиннинг I-х диаграммаси.
3. Жараённинг моддий баланси.

#### Умумий тушунчалар

Қаттиқ ва пастасимон материалларни сувсизлантириш йўли билан уларга зарур хоссалар бериш, транспорт воситаларида узатиш ва узок муддат давомида сақлаш имкониятини беради.

Сувсизлантиришни 3 хил усулда амалга ошириш мумкин:

1. Механик (сиқиш, чўктириш, филтрлаш, центрифугалаш ва ҳ.);
2. Физик-кимёвий (сувни ўзига тортиб олувчи моддалар ёрдамида (кальций хлорид, сульфат кислота ва ҳ.);
3. Иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш.

Лекин, юқорида қайд этилган усуллардан энг самаралиси, иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритишдир. Чунки, қуритиш жараёнида тўлиқ сувсизлантиришга эришса бўлади.

Қаттиқ ва пастасимон материаллар таркибидаги намликни буғлатиш ва ҳосил бўлаётган буғларни четга олиш чиқишга **қуритиш жараёни** дейилади.

Нам материалларни иссиқлик ёрдамида қуритиш - саноатда энг кенг тарқалган усул. Ушбу усул кимёвий, озиқ-овқат ва бир қатор бошқа технологияларда ишлатилади. Материал таркибидаги намлик даставвал арзон, механик (масалан, филтрлаш) усулда, яқуний, тўла сувсизлантириш эса - қуритиш усулида олиб борилади. Сувсизлантиришнинг бундай комбинациялашган усули иқтисодий жиҳатдан самаралидир.

Саноатда нам материалларни қуритиш сунъий (махсус қуритиш қурилмаларида) ва табиий (очиқ ҳавода қуритиш - жуда давомий жараён) усуллар қўлланилади.

Физик моҳиятига кўра, қуритиш жараёни мураккаб диффузион жараёндир. Унинг тезлиги, қуритилаётган материал ичидан намликнинг атроф муҳитга тарқалиши, диффузия тезлиги билан белгиланади. Маълумки, қуритиш жараёни бу иссиқлик ва модда (намлик)нинг материал ичида ҳаракати ва материал юзасидан атроф муҳитга узатилишидир. Шундай қилиб, қуритиш бу иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг бир-бири билан узвий боғланган мажмуасидир.

Қаттиқ, нам материалга иссиқлик таъсир этиш усулига қараб қуритиш қуйидаги турларга бўлинади:

1) **конвектив** қуритиш - бунда нам материал билан қуритувчи элткичбевосита ўзаро таъсирда бўлади. Одатда, қуритувчи элткич сифатидақиздирилган ҳаво ёки тутун газлари ишлатилади;

2) **контактли** қуритиш - иссиқлик ташувчи элткич ва нам материалорасида ажратувчи девор бўлади. Материалга иссиқлик шу девор орқалиизатилади;

3) **радиацион** қуритиш - нам материалга иссиқлик инфрақизил нурларорқали узатилади;

4) **диэлектрик** қуритиш - нам материал юқори частотали ток майдонида узатилади;

5) **сублимацион** қуритиш - нам материал музлаган ҳолатда, юқори вакуум остида қуритилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, исталган қуритиш усулида

қуритилаётган нам материал кўпчилик ҳолларда иссиқ ҳаво билан ўзаро таъсирда бўлади. Конвектив қуритиш саноат технологияларида жуда кўп ишлатилади. Ушбу жараёни амалга ошириш учун нам материалга иссиқ ҳаво таъсирининг аҳамияти катта. Шунинг учун, нам ҳавонинг асосий хоссаларини билиш қуритиш жараёнини ўрганиш ва ҳисоблаш учун зарур.

### Рамзининг нам ҳаво I-х диаграммаси

Қуруқ ҳавонинг сув буғи билан аралашмаси **нам ҳаво** деб номланади. Нам ҳаво абсолют ва нисбий намлик, нам сақлаш, энтальпия, қуруқ ва ҳўл термометр температуралари, парциал босим каби параметрлар билан характерланади.

**Абсолют намлик** деб  $1 \text{ м}^3$  нам ҳаво ҳажмидаги сув буғи (кг) миқдорига айтилади.

Агар парциал босим  $p_6$ да сув буғи бутун ҳажми, масалан  $1 \text{ м}^3$  ни, эгалласа, унда, абсолют намлик сув буғи зичлиги  $\rho_6$ га тенг.

**Нисбий намлик** деб ҳаво абсолют намлигининг, тўйиниш пайтидаги абсолют намлик нисбатига айтилади:

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_m} \quad (1)$$

бу ерда  $\rho_m$  - тўйинган сув буғининг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_6$  - сув буғининг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Газ таркибидаги буғлар парциал босими, унинг миқдорига пропорционал бўлгани учун, нисбий намлик бир хил температура ва босимда ҳаводаги сув буғи парциал босими  $p_6$  нинг тўйинган сув буғлари босими  $p_T$  га нисбати сифатида ифодаланиши мумкин:

$$\varphi = \frac{p_6}{p_T} \quad \text{ёки} \quad p_6 = \varphi \cdot p_T \quad (2)$$

**Намсақлаш** деб 1 кг абсолют қуруқ ҳавога тўғри келадиган сув буғлари (1 кг) миқдорига айтилади.

Нам ҳавонинг солиштирма нам сақлаши  $x$  ( $\text{кг}/\text{кг}$ ) ёки ( $\text{г}/\text{кг}$ ) билан белгиланади.

Ҳавонинг нам сақлаши ушбу нисбат орқали аниқланади:

$$x = \frac{m_6}{m_{акх}} = \frac{\rho_6}{\rho_{акх}} \quad (3)$$

бу ерда  $m_6$  ва  $m_{акх}$  - сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаво массалари, кг.

Менделеев - Клапейрон идеал газлар ҳолатининг тенгламасига биноан нам сақлаш ва нисбий намликлар орасидаги боғлиқликни аниқлаймиз. Сув буғи ва қуруқ ҳаво зичликларини ушбу тенгламалардан топиш мумкин:

$$\rho_6 = \frac{p_6 \cdot M_6}{RT} \quad \text{ва} \quad \rho_{акх} = \frac{p_{акх} \cdot M_{акх}}{RT} \quad (4)$$

бу ерда  $M_6$  ва  $M_{акх}$  - 1 моль сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаволар массалари,  $\text{кг}/\text{кмоль}$ ;  $p_{акх}$  - бирор температурадаги қуруқ ҳавонинг парциал босими, Па;  $R = 8314$  - газнинг универсал доимийси,  $\text{Ж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$ .

(4) ни (3) га қўйиб, ушбу кўринишли тенгламани олаимиз:

$$x = \frac{M_6}{M_{акх}} \left( \frac{p_6}{p_{акх}} \right) \quad (5)$$



Дальтон қонунига биноан  $P = p_n + p_{акс}$ . Унда:

$$p_{акх} = P - p_{акс} \quad (6)$$

(2) тенгламадан биламизки,  $p_{\delta} = \varphi p_m$ .

Агар,  $p_{акс}$  ва  $p_{\delta}$  қийматларини (5) га қўйсақ:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (7)$$

бу ерда  $M_{акс}=29$  кг/моль;  $M_{\delta}=18$  кг/моль.

**Энтальпия** термодинамик системанинг ҳолат функцияси бўлиб,  $I$  ҳарфи билан белгиланади.

Нам ҳаво энтальпияси қуруқ ҳаво билан шу нам ҳавода бўлган сув буғининг энтальпиялари йиғиндисига тенг:

$$I = c_{акх} \cdot t + x I_{\delta} \quad (8)$$

бу ерда  $c_{акс}$  - абсолют қуруқ ҳавонинг ўртача температураси;  $c_{акс} = 1000$  Ж/(кг·К);  $I_{\delta}$  - сув буғининг солиштира энтальпияси, Ж/кг.

қуриштиш жараёнида ҳаво билан аралашмада бўлган сув буғи ўта қиздирилган ҳолатда бўлади. Унинг солиштира буғ ҳосил қилиши  $r_0 = 2493 \cdot 10^3$  Ж/кг бўлса, ўта қиздирилган сув буғининг солиштира иссиқлик сифими эса,  $c_{\delta} \approx 1,97 \cdot 10^3$  Ж/(кг·К).

Ўта қиздирилган сув буғининг солиштира энтальпияси:

$$I_{\delta} = r_0 + c_{\delta} I = 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (9)$$

Агар, (9) ни (8) га қўйсақ, ушбу кўринишдаги тенгламага эришамиз:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (10)$$

**Зичлик.** Нам ҳавонинг зичлиги  $\rho_{нх}$  абсолют қуруқ ҳаво  $\rho_{акс}$  ва сув буғи  $\rho_{\delta}$  зичликлари йиғиндисига тенг. Агар,  $\rho_{\delta} = x \cdot \rho_{акс}$  эканлигини инобатга олсак, ушбу тенгламани оламиз:

$$\rho_{нх} = \rho_{акх} + \rho_{\delta} = \rho_{акх} (1 + x) \quad (11)$$

Менделеев - Клапейроннинг ҳолат тенгламасига биноан абсолют қуруқ ҳаво зичлиги куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\rho_{акх} = \frac{M_{акх} \cdot p_{акх}}{RT} = \frac{29 p_{акх}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (12)$$

(7) тенгламадан  $x$  ва (12) дан  $\rho_{акх}$  қийматларини олиб (11) га қўйсақ, ушбу кўринишли ифодани оламиз:

$$\rho_{нх} = \frac{P - 0,378 \cdot p_{\delta}}{287T} \quad (13)$$

Иситиш, совитиш ва қуриштиш жараёнларида ҳавонинг асосий хоссалари ўзгариши тасвирланган ва техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда Л.К. Рамзиннинг энтальпия диаграммаси ёрдамида аниқланиши мумкин.

$I - x$  диаграмма ўзгармас босим  $p = 745$  мм.сим.уст. (-99 кПа) учун қурилган (1-расм). Диаграмма энтальпия  $I$  (ордината ўқи) - нам сақлаш  $x$  (абсцисса ўқи)

координатларида курилган.

Координата ўқлари  $135^\circ$  бурчак остида жойлаштирилган. Диаграммадан фойдаланиш кулай бўлиши учун нам сақлаш қийматлари ордината ўқиға перпендикуляр, яъни қўшимча горизонтал ўқға проекцияланган.

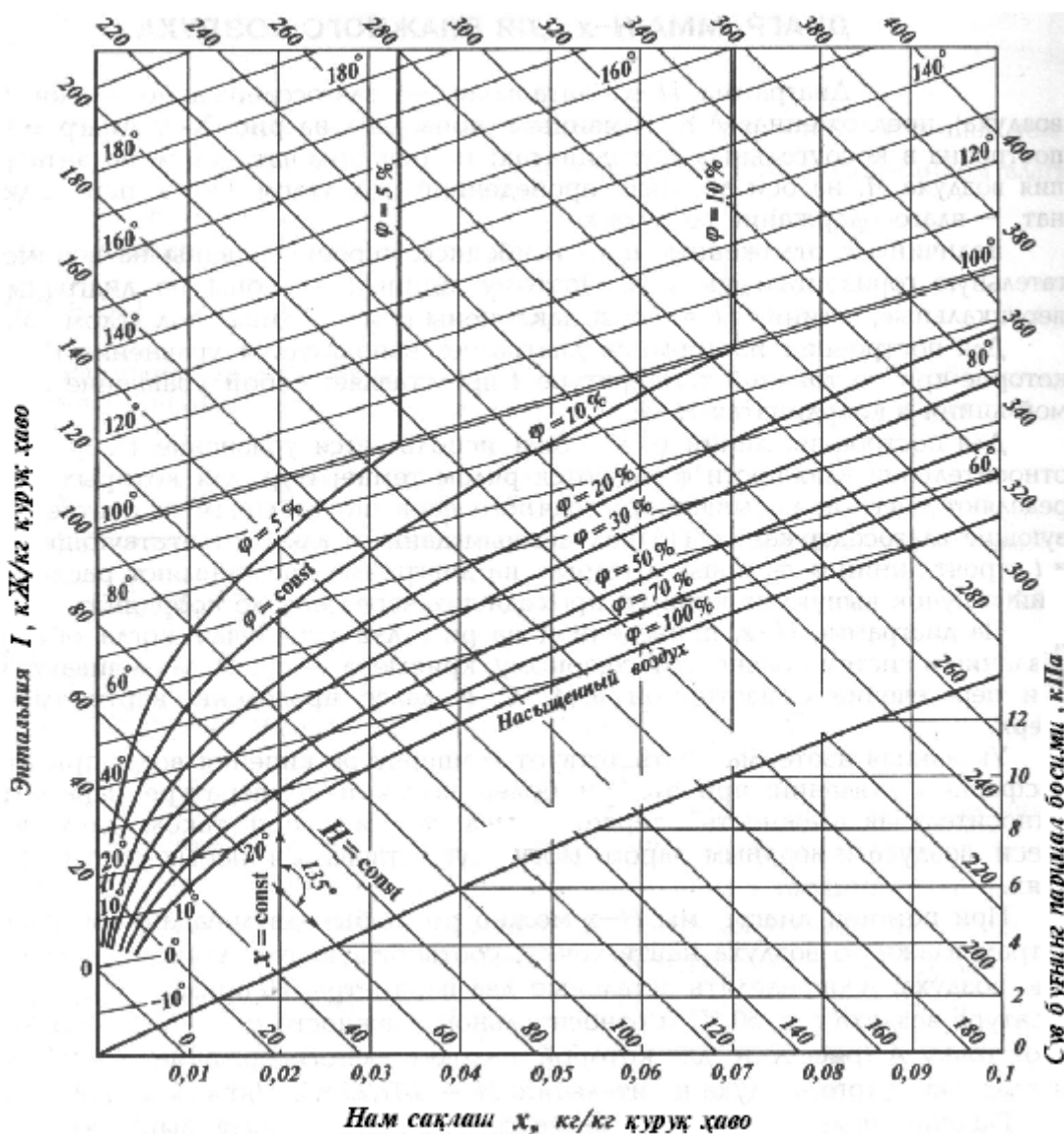
Диаграммага куйидаги чизиқлар ўтказилган: ордината ўқиға параллел ( $x = const$ ), ўзгармас нам сақлаш вертикал чизиқлар; қўшимча абсцисса ўқиға  $135^\circ$  бурчакда ўтказилган ўзгармас энтальпия ( $I = const$ ) қия чизиқлари; ўзгармас температура (изотерма) чизиқлари; ўзгармас нисбий намлик ( $\varphi = const$ ) чизиқлари; нам ҳаводаги сув буғининг парциал босим  $p_6$  чизиқлари.

Ўзгармас температура чизиқлари (5.200) тенглама ёрдамида курилади. Бунинг учун  $x_1$  ва  $x_2$  параметрларнинг исталган қийматлари қабул қилиниб, уларга тегишли  $I_1$  ва  $I_2$  қийматлари ҳисобланади.

Ундан кейин, диаграммада координатлари  $I_1, x$  ва  $I_2, x_2$  бўлган нуқталар аниқланади. Топилган нуқталар тўғри чизиқ билан бирлаштирилади ва у изотерма деб номланади.

Ўзгармас нисбий намлик чизиқлари (7) тенглама ёрдамида курилади.  $\varphi = const$  чизиқлари координатлари  $t = -273^\circ\text{C}$  ва  $x = 0$  бўлган нуқтадан тарқалувчи эгри чизиқлар дастасини ҳосил қилади.

$\varphi = const$  чизиқлари бир-бирига ёнишиб кетмаслиги учун диаграмма маълум бурчакли система координатларида курилган.



1-расм. Рамзиннинг I-x диаграммаси

I - x диаграммадан кўриниб турибдики,  $99,4^\circ\text{C}$  температурада  $\varphi = const$  чизиқлари синади

ва юқорига вертикал кўтарилиб кетади, яъни диаграмма икки қисмга бўлинади. Ушбу температурада тўйинган сув буғининг босими 745 мм.сим.уст. тенг бўлади. (5.197) тенгламадан кўришиб турибдики, температура  $t \geq 99,4^{\circ}\text{C}$  етганда нисбий намлик  $\varphi$  температурага боғлиқ бўлмай ва ўзгармас катталиқ бўлиб қолади.

Хавонинг сув буғи билан тўйиниш, чизиғи, яъни  $\varphi = 100\%$ , диаграммани тўйинмаган нам ҳаво ва чизиқ остида жойлашган, сув буғи билан ўта тўйинган ҳаво зоналарига ажратади.

Сув буғининг парциал босим чизиқлари (2) тенгламани инобатга олган ҳолда (7) тенгламадан аниқланади:

$$p_{\sigma} = \frac{P_x}{0,622 + x} \quad (14)$$

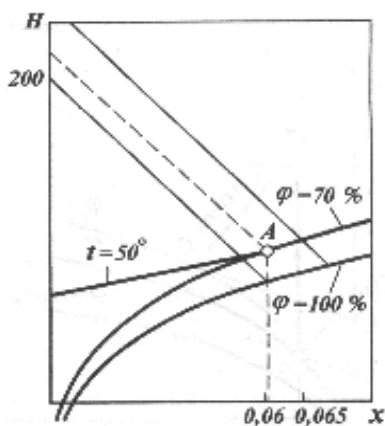
Сув буғининг **парциал босими I - x** диаграмманинг пастки қисмида жойлашган. Диаграмма ёрдамида нам ҳавонинг исталган икки параметри маълум бўлса, қолган параметрларини топиш мумкин.

I-x диаграмма ёрдамида, нам ҳавонинг исталган икки параметри орқали қолган параметрларини топиш мумкин. Масалан: ҳаво температураси  $t=55^{\circ}\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi=70\%$  бўлган параметрлар учун нуқта **A** ни аниқлаймиз (5.93а-расм). Бу нуқта учун нам сақлаш параметри  $x=0,0608$  кг намлик/кг куруқ ҳаво ва энтальпияси  $I=207,25$  кЖ/кг куруқ ҳаво.

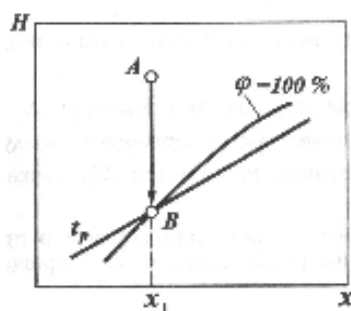
**Шудринг нуқтаси.** ҳавонинг ўзгармас нам сақлаш параметрида совиши, унинг сув буғлари билан бутунлай тўйиниши натижасида, ҳаво еки газ таркибидаги сув буғларининг конденсацияланиши рўй беради. Ушбу температура шудринг нуқтаси деб номланади.

2б-расмда **A** нуқтага мос бошланғич параметрли ҳаво учун шудринг нуқта **B** ни график усулда аниқлаш тасвирланган. Шудринг нуқтаси  $\varphi=100\%$  ва нам сақлаш  $x_1$  ларнинг кесишиш нуқтаси **B** орқали ўтган изотерма  $t_p$  сифатида аниқланади.

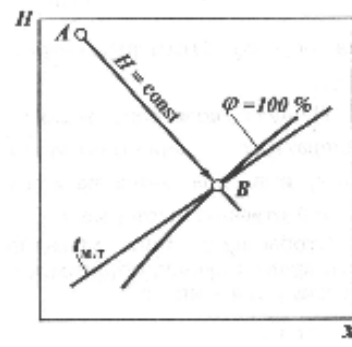
**Хўл термометр температураси.** ҳавонинг нам материал билан изотермик ўзаро таъсири натижасида ҳаво совийди. Бунда, ҳаво материалга ўз иссиқлигини беради ва нам материалдан ҳавога ўтаётган сув буғларининг энтальпияси ҳисобига ўз энтальпиясини орттиради. Бундай шароитда температура пасаяди, энтальпия эса ўзгармас бўлади. Ушбу изоэнтальпия жараёни ҳавонинг сув буғлари билан тўлиқ тўйингунга қадар боради, яъни  $\varphi=100\%$  га эришадиган температурагача. I-x диаграммада **A** нуқтадан  $\varphi=100\%$  чизиғида **B** нуқта билан кесишгунча  $I=\text{const}$  чизиғи ўтказилади (2в-расм). Нуқта **B** орқали ўтадиган, изоэнтальпия шароитида ҳавонинг совиш чегарасига тўғри келадиган изотерма  $t_{MT}$  – хул



2а-расм. I-х-диаграмма ёрдамида маълум икки параметр орқали нам



2б-расм. I-х-диаграммада шудринг нуқтасини аниқлаш.



2в-расм. I-х-диаграммада хўл термометр

термометрнинг температураси деб номланади.

**Қуриштиш потенциали.** ҳаво температураси  $t_6$  ва ҳўл термометр температураси  $t_{MT}$ ларнинг фарқи қуриштиш потенциали  $\epsilon$  деб аталади. Ушбу кўрсаткич ҳавонинг материалдан намликни ютиш қобилиятини характерлайди. қуриштиш потенциали қанчалик катта бўлса, материалдан намликнинг буғланиш тезлиги шунчалик юқори бўлади. Агар,  $t_6 = t_{MT}$  бўлса, қуриштиш потенциали  $\epsilon = 0$ .

### Қуриштишнинг моддий ва иссиқлик баланслари

Конвектив қуриштиш қурилмаси қуриштиш, транспорт мосламаси, вентилятор ва калорифердан таркиб топган деб фараз қилайлик (3-расм).

Қуриштишга узатилаётган нам материалнинг массавий сарфини  $G_6$  (кг/соат), қуриштилган материал массавий сарфини  $G_{ox}$  (кг/соат), материалнинг бошланғич ва охириги намликларини  $W_1$  ва  $W_2$  (%), буғланган намлик миқдорини  $W$  (кг/соат) деб белгилаб оламиз.

Унда, жараённинг моддий балансини ушбу тенглама кўринишида ифодалаш мумкин:

$$G_6 = G_{ox} + W \quad \text{ёки} \quad W = G_6 - G_{ox} \quad (15)$$

қуруқ моддалар бўйича моддий балансини қуйидаги ёзиш мумкин:

$$G_6 = (100 - W_1) = G_{ox} (100 - W_2) \quad (16)$$

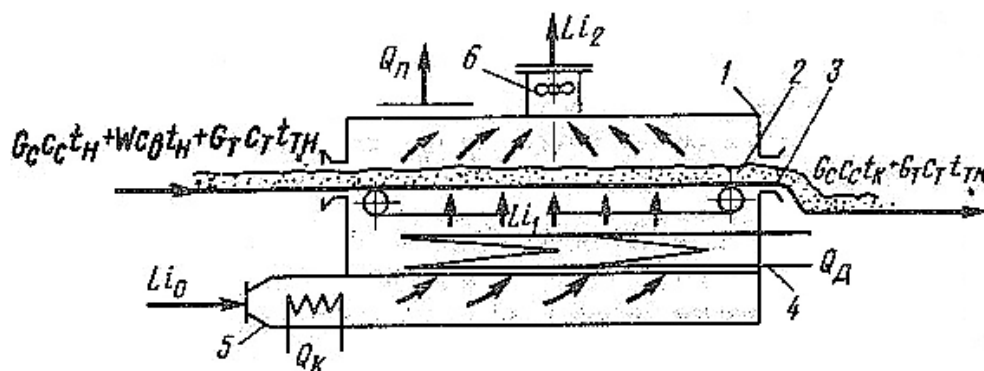
ёки

$$G_{ox} = G_6 \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (17)$$

Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G_6 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \quad (18)$$

қуриштишга узатилаётган газ ёки абсолют қуруқ ҳаво миқдорини  $L$  (кг/соат), бошланғич нам сақлашини  $x_1$  ва охиригисини  $x_2$  деб белгилаб оламиз.



3-расм. Конвектив қуриштиш схемаси.

1 - қуриштиш; 2 - нам материал; 3 - лентали

Унда, намлик бўйича моддий баланс:

$$W + Lx_1 = Lx_2 \quad (19)$$

бундан куруқ ҳаво сарфи:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (20)$$

ҳавонинг солиштирма сарфи (1 кг намликни буғлатиш учун кетаётган сарф) эса,

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (21)$$

**Текшириш учун саволлар:**

1. Қуритиш деб нимага айтилади?
2. Қуритиш турларини санаб ўтинг?
3. Нам ҳавонинг асосий параметрлари.

## 22<sup>А</sup>- МАЪРУЗА.

### ИДЕАЛ ВА РЕАЛ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ I-х ДИАГРАММАДА ТАСВИРЛАШ. ИССИҚЛИК ВА ҲАВО САРФЛАРИ.

**РЕЖА:**

1. Конвектив қуритишнинг иссиқлик баланси.
2. I-х диаграммада назарий ва ҳақиқий қуритгичлар.
3. I-х диаграммада қуритиш учун ҳаво ва иссиқликнинг сарфини аниқлаш.

**Конвектив қуритишнинг иссиқлик баланси.** Қуритиш вақтида иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнлари биргаликда ўтади. Моддий ва иссиқлик оқимлар орасида маълум боғлиқлик мавжуд. Контактли қуритиш жараёнида иссиқлик материални қандайдир бошланғич қуритиш температурасигача иситиш ва қуритиш учун сарфланади.

Қуритишга кираётган материал миқдори  $G_c + W$  (кг/соат) бўлиб, у массаси  $G_m$  бўлган конвейерда жойлашган. қуриткичга  $L$  (кг/соат) миқдорда абсолют куруқ ҳаво узатилмоқда. Калориферда иситилаётган ҳавога  $Q_k$  (кЖ/соат) миқдорда иссиқлик узатилса, қуритилмада эса унга қўшимча  $Q_d$  (кЖ/соат) иссиқлик берилади.

Қуритиш жараёнида қатнашаётган материал, иссиқлик элткич ва мосламалар параметрларини қуйидагича белгилаб оламиз:

$G_c$  - қуритилаётган материал массаси, кг/соат;

$c_c$  - қуритилган материал солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг·К);

$c_T$  - транспорт мосламасининг солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг·К);

$t_n$  - материалнинг қуритишгача бўлган температураси, °С;

$c_b$  - сувнинг солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг·К);

$t_k$  - материалнинг қуритилгандан кейинча температураси, °С;

$t_{mn}, t_{mk}$  - транспорт мосламасининг қуриткичга киришдан аввалги ва ундан чиққандан кейинги температуралари, °С;

$I_0$  - қуриткичга кираётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

$I_1$  - калориферда иситилаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

$I_2$  - қуриткичдан чиқаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

$Q_n$  - атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши, кЖ/кг.

Жараённинг иссиқлик баланс тенгламасини қуйидаги қўринишда ёзиш мумкин:

$$LI_0 + Q_k + Q_n + G_c c_c t_n + W c_b t_n + G_T c_T t_{mn} = LI_2 + G_c c_c t_k + G_T c_T t_{mk} + Q_n \quad (1)$$

Ушбу тенгламадан қуритиш учун керакли иссиқлик сарфини аниқлаш мумкин:

$$Q = Q_{\kappa} + Q_{\Delta} = L \cdot (I_2 - I_0) + G_c c_c (t_{\kappa} - t_n) + G_T c_T (t_{mk} - t_{mn}) - W c_{\delta} t_n + Q_n \quad (2)$$

Агар, ҳамма иссиқлик сарфларини буғлатилаётган 1 кг намликка нисбатан олиб, тегишли белгилашларни амалга оширсак, (2) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$q = q_{\kappa} + q_{\Delta} = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_{\delta} t_n \quad (3)$$

Ушбу тенгламадан калорифердаги солиштирма иссиқлик сарфини топамиз:

$$q_{\kappa} = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - q_{\Delta} - c_{\delta} t_n \quad \text{ёки} \quad q_{\kappa} = l \cdot (I_2 - I_0) \quad (4)$$

Олинган  $q_{\kappa}$  қийматини (4) тенгламага қўйиб, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$l \cdot (I_1 - I_0) + q_{\Delta} = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_{\delta} t_n$$

ёки

$$l \cdot (I_1 - I_0) = q_{\Delta} + c_{\delta} t_n - q_m - q_T - q_n \quad (5)$$

Агар,  $q_{\Delta} = 0$  бўлса

$$l \cdot (I_2 - I_0) = c_{\delta} t_n - q_m - q_T - q_n$$

(5) тенгламанинг ўнг томонини

$$(q_{\Delta} + c_{\delta} t_n) - (q_m + q_T + q_n) = \Delta \quad (5a)$$

деб белгиласак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta$$

ёки

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \quad (6)$$

унда

$$\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta \quad (7)$$

оралик, бирор ондаги қийматлар учун эса:

$$\frac{I - I_1}{x - x_1} = \Delta \quad (8)$$

(8) тўғри чизик тенгламаси бўлиб, қуритиш жараёнининг ишчи тенгламаси деб номланади.

Шундай қилиб, энтальпия ва нам сақлашлар орасидаги боғлиқлик тўғри чизик функцияси билан характерланади.

Қуритиш жараёнларини таҳлил қилиш учун **назарий қуриткич** тушунчасини киритамиз. қуритишга узатилаётган материал температураси нольга тенг, ҳамда материал ва транспорт воситалар иситилиши бўлмаган қуритма, назарий қуриткич деб аталади. Унда, (5.234а) тенгламага биноан,  $\Delta = 0$  бўлади. Бунда  $l \neq 0$  ва (5.235) тенгламадан назарий қуритиш учун  $I_1 = I_2$  эканлигини аниқлаймиз. Шундай қилиб,  $I - x$  диаграммада жараён  $I = const$  чизиғи билан тасвирланади. Назарий қуриткичда материал намлигининг буғланиши фақат ҳавонинг совиши ҳисобига бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаво бераётган иссиқлик миқдори материалдан буғланган намлик билан бирга қайтарилади.

**Хақиқий қуриткичлар**да ҳавонинг энтальпияси кўпчилик ҳолларда ўзгарувчан бўлади.

Агар иссиқликнинг кириши унинг сарфидан катта ( $q_d + c_v t_n > q_m + q_T + q_n$ ) бўлса, яъни  $\Delta > 0$ , унда (5.235)га биноан  $I_2 > I_1$  бўлади. Бундай ҳолларда қуриткич иқтисодий жиҳатдан тежамсиз режимда ишлайди, чунки ҳамма иссиқлик фойдали сарфланмайди.

Агар,  $\Delta < 0$  дан бўлса, унда  $I_2 < I_1$  бўлади. Бундай ҳолларда қуриткич тежамкор ва самарали ишлайди.

Хақиқий қуриткичларда  $\Delta = 0$  бўлган тенглик ҳоллари ҳам бўлиши мумкин. Бундай ҳолатда қуриткичга қираётган иссиқлик унинг сарфига тенгдир, яъни,  $q_d + c_v t_n = q_m + q_T + q_n$

Контактли қуриткичда намликни буғлатиши учун зарур иссиқлик фазаларни ажратиб турувчи девор орқали узатилади. Ушбу қуритиш жараёнида иссиқлик элткич сифатида тўйинган сув буғи ишлатилади.

Узатилаётган иссиқлик материални қуритиш температурасигача иситиш ва ундан намликни йўқотиш учун сарфланади, яъни  $Q_{ym} = Q_n + Q_c$

Материални иситиш учун иссиқлик сарфи

$$Q_n = D_n (I'' - I') = G_c c_c (t_{cv} + t_K) + W c_v (t_{cn} - t_n) + Q_n \quad (9)$$

қуритиш учун зарур иссиқлик сарфи

$$Q_c = D_c (I'' - I') = G_c c_c (t_{ck} + t_{cn}) + W (I_v - c_v t_{cn}) + Q_n \quad (10)$$

Буғнинг умумий сарфи

$$D_{ym} = \frac{Q_{ym}}{I'' - I'} \quad (11)$$

Конвектив қуритиш жараёнини  $I - x$  диаграммада тасвирлаш учун ҳавонинг 2 та бошланғич параметри  $t_1$  ва  $x_1$  берилган бўлиши керак. Жараён тамом бўлгандан сўнг, ҳавонинг охириги 3 та параметрларидан, яъни нисбий намлик, температура ёки нам сақлашдан, биттаси қабул қилинади.

Кейин, ҳавонинг бошланғич параметрларини ифодаловчи ва берилган ( $\varphi = const, t_2 = const$  ёки  $x = const$ ) нуқталар бўйича  $I - x$  диаграммада қуритиш жараёнининг ишчи чизиғи ўтказилади. Топилган нуқта бўйича иссиқлик элткич - ҳавонинг ҳамма охириги параметрлари, ҳамда унинг сарфи ва иссиқлик миқдори аниқланади.

***I-x диаграммада қуритиш учун ҳаво ва иссиқликнинг сарфини аниқлаш***

Қуритиш жараёни  $I-x$  диаграммада қуйидагича тасвирланади (1-расм). Калориферга қираётган ҳавонинг температураси  $t_0$  ва унинг нисбий намлиги  $\varphi_0$  бўлган параметрли ҳаво диаграммада  $A$  нуқта билан ифодаланади. Ушбу параметрли ҳавонинг нам сақлаши  $x_0$ .

Калориферда ҳавонинг  $t_0$  дан  $t_1$  температурагача иситиш ўзгармас нам сақлаш  $x_0 = x_1$  да ўтади ва жараён диаграммада вертикал кесма  $AB$  билан ифодаланади. Нуқта  $B$  га изотерма  $t_1$  тўғри келади.

Қуритиш жараёнида ҳаво ҳолатининг ўзгаришини қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаймиз:

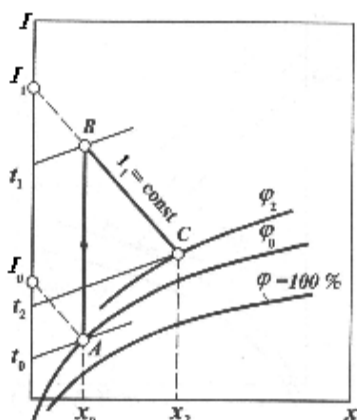
$$l \cdot (I_1 - I_2) = \Delta \quad (12)$$

бу ерда  $\Delta$ -иссиқликнинг солиштирма сарфи.

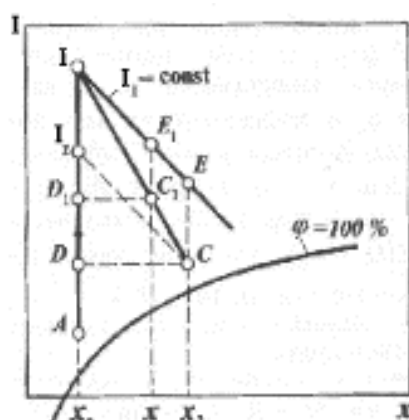
Агар қуриткичга қўшимча иссиқлик узатилмаса  $Q_{qum} = 0$ , унда

$$q_M + q_T + q_{\text{ўйқ}} > q_W$$

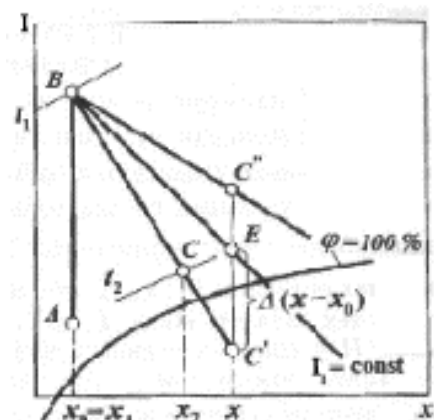
яъни  $\Delta > 0$ . куриткичдан чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг энтальпияси унга кираётгандан кичик ( $I_2 < I_1$ ).



1-расм. I-x диаграммада



2-расм. Қуритиш жараёнининг



3-расм. I-x диаграммада

### ишчи чизиғини I-x

Агар куриткичга қўшимча иссиқлик  $Q_{\text{қўш}}$  узатилса, унда

$$q_M + q_T + q_{\text{ўйқ}} < q_{\text{қўш}} + q_W$$

яъни  $\Delta < 0$ . куриткичдан чиқиб кетаётган ҳавонинг энтальпияси ортиб боради ( $I_2 > I_1$ ). Лекин, шундай қуритиш шароитларини ташкил этиш мумкинки, унда

$$q_M + q_T + q_{\text{ўйқ}} = q_{\text{қўш}} + q_W$$

яъни  $\Delta = 0$  ва  $I_1 = I_2 = \text{const}$ .

Куриткичда ҳавоэнтальпияси ўзгармасдан кечадиган жараён назарий қуритиш деб номланади. I-x диаграммадан назарий қуритиш жараёни  $I = \text{const}$  бўйлаб ҳавонинг юқоринам сақлаш қийматлари ўнгга томоний ўналган чизиғи биланифодаланади. Ушбу чизиқ  $S$  нуктадаги изотерма  $t_2$  ёки нисбий намлик  $\phi_2$  тўхтайди (2-расм). Нукта  $C$  нинг абсциссаси ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво нам сақлаши  $x_2$  ни кўрсатади.

Агар,  $x_2$  ва  $x_0$  маълум бўлса, ҳавонинг солиштирма сарфи  $I$ , унинг сарфи  $L = I - W$  ва калориферда ўзатилаётган иссиқлик миқдори  $Q = L(I - I_0)$  аниқланиши мумкин. ҳисоблашларда ишлатиладиган ҳамма катталиклар ( $x_0, x_2, I_0, I$ ) I-x диаграммадан топилади.

Агар,  $\Delta \neq 0$  бўлган ҳолларда  $C$  нукта  $I = \text{const}$  чизиғидан юқорида ёки пастда бўлади.

Аввал  $\Delta > 0$  бўлган шароит учун I-x диаграммада қуритиш чизиғининг шаклини кўраемиз. Бошланғич маълумотлар бўйича назарий қуритишнинг чизиғи  $BC$  ни топамиз. Куриткичга қўшимча иссиқлик узатилганда ( $\Delta > 0$ ), ҳақиқий қуриткичнинг чизиғи  $B$  нуктадан бошланиб,  $I_1 = \text{const}$  чизиғининг юқорисидан ўтади (5.103-расм). ҳақиқий қуриткич чизиғини топиш учун  $BC$  кесмада ихтиёрий  $C_1$  нуктани танлаймиз ва вертикал, горизонтал чизиқлар ўтказиб  $D, D_1$  ва  $E, E_1$  нукталарни топамиз.  $BC_1E_1$  ва  $BCE$ , ҳамда  $BD_1C_1$  ва  $BDC$  учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1}$$

Нукта  $E$  да ҳавоэнтальпияси  $I_1$  бўлиб,  $C$  да эса -  $I_2$  бўлгани учун, уларга тегишли кесмалар  $CE = I_1 - I_2$  ва  $DC = x_2 - x_1$  га тенг бўлади.

Демак,



$$\frac{CE}{CD} = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Аммо,  $\Delta = (I_1 - I_2)/(x_2 - x_1)$  эканлигини инобатга олсак, яъни

$$\frac{CE}{CD} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Агар,  $C_1$  нуктанинг координатларининг  $x$  ва  $I$  деб белгилаб олсак, унда тегишли кесмалар куйидаги кўринишни олади:

$$C_1E_1 = I_1 - I \quad \text{ва} \quad C_1D_1 = x - x_0$$

Юқорида келтирилганларни ҳисобга олсак, ушбу нисбатни оламиз:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_0} = \frac{I_1 - I}{x - x_0}$$

ёки

$$I_1 - I = \Delta(x_2 - x_0)$$

Демак,  $BC$  қуритиш чизиғи  $\Delta$  катталикини ҳавонинг бошланғич параметрлари  $I_1$  ва  $x_0$ , ҳамда координатлар  $I$  ва  $x$  лар билан боғлайди.

Шундай қилиб, юқорида келтирилганларга асосланиб исталган ҳолат учун қуритиш чизиғининг йўналишини топиш мумкин.

Агар,  $\Delta < 0$  бўлса, яъни қуритгичда иссиқликнинг йўқотилиши мавжуд бўлса, ҳақиқий қуритгичнинг чизиғини тузиш аввалги мисолдан (яъни  $\Delta > 0$  бўлгандагидан) фарқ қилмайди (3-расм). қуритиш чизиғи  $BC''$  кесма билан ифодаланади.

**Текшириш учун саволлар:**

1. Назарий қуритиш деб нимага айтилади?
2.  $I$ - $x$  диаграммада қуритиш учун ҳаво ва иссиқликнинг сарфини аниқлаш қандай бўлади?
3.  $I$ - $x$  диаграммада назарий ва ҳақиқий қуритгич қандай тасвирланади?

## 23-МАЪРУЗА ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИ КИНЕТИКАСИ.

**РЕЖА:**

1. Қуритиш жараёнининг кинетикаси.
2. Қуритиш тезлиги ва эгри чизиғи.
3. Қуритгич конструкциялари.

**Қуритиш жараёни кинетикаси**

Юқорида қайд этилгандек, қуритиш жараёни мураккаб иссиқлик ва масса алмашиниш жараёндир. Материалдаги намлик унинг ичидан фазаларни ажратиб турувчи юзага масса ўтказувчанлик, ажратиб турувчи юзадан газ оқими ядросига эса - конвектив

диффузия ҳисобига ўтказилади.

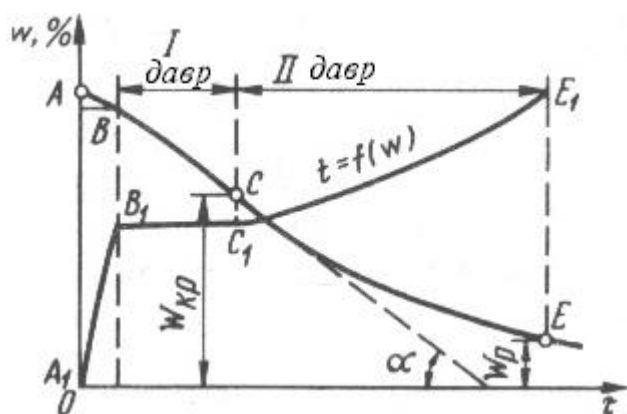
Материал таркибидаги намликнинг диффузияси нафақат нам сақлаш градиенти, балки температура градиенти ҳам таъсири остида рўй беради.

Материалдаги диффузияни аналитик усулда ифодалаш жуда қийин масала. Маълумки, қуритиш жараёни тезлиги материал билан намликнинг боғланиш шакли ва унда намликнинг диффузия механизмига боғлиқ. қуритиш жараёни кинетикаси материалнинг нам сақлаши ёки ўртача намлигининг маълум вақтдан кейин ўзгариши билан характерланади.

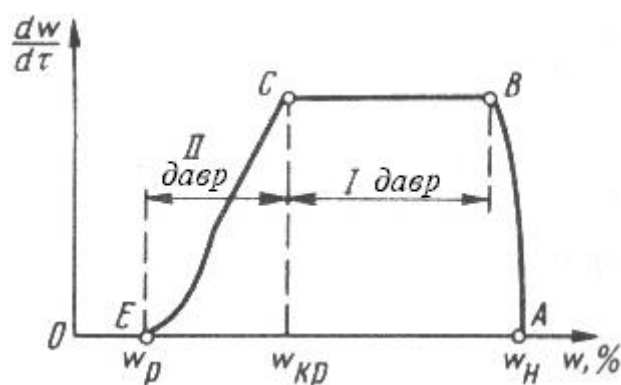
Одатда, қуритиш тезлигини тажрибавий усулда топиш учун қуритиш эгри чизиғи қурилади, сўнг у дифференциаллашиб қуритиш тезлигининг эгри чизиғи ҳосил қилинади.

1-расмда материал намлиги  $W$  ва қуриш вақти  $\tau$  орасидаги боғлиқлик тасвирланган.

Ундан ташқари, расмда материал температурасининг намликка боғлиқлиги ҳам



1-расм. Қуритиш эгри чизиғи.



2-расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.

келтирилган.

Типик қуритиш эгри чизиғи қуритиш жараёнининг турли даврларини ифодаловчи бир неча қисмдан иборат.

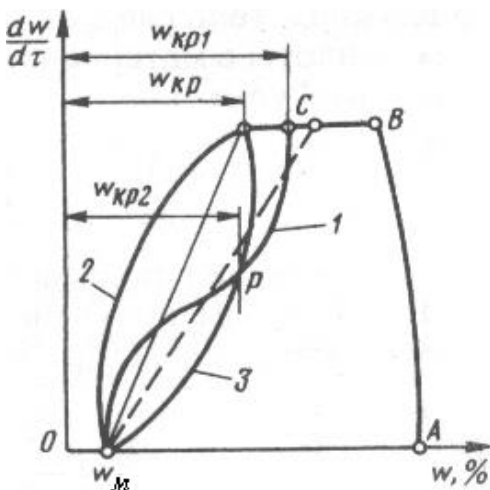
Жараён бошланишида нам материал қизийди ва ундан намлик буғланиб чиқа бошлайди. Материалнинг қуритиш температурасигача қизиши  $AB$  кесма билан ифодаланади. Ундан сўнг, ўзгармас қуритиш тезлиги даври ( $BC$  кесма), яъни I давр, бошланади. Бу давр қиялик бурчаги  $\alpha$ нинг ўзгармас тангенсли тўғри чизиғи ( $BC$  кесма) билан ифодаланади ва  $C$  нуктада якунланади. Ушбу даврда материалнинг температураси термометрнинг ҳўл температураси (температура эгри чизиғидаги  $B_1C_1$  кесма) қийматига тенг бўлади. Ўзгармас қуритиш тезлиги даврида узатилаётган иссиқлик, материалдаги эркин намликни буғланишига сарфланади. Ушбу, ўзгармас қуритиш тезликли давр тўғри чизик билан ифодаланади ва у биринчи критик тезлик  $W_{кр}$ га етганда тамом бўлади.

$W_{кр}$  дан бошлаб эса камаювчи тезлик даври бошланади, яъни материал намлиги аста - секин камаяди ва у  $CE$  кесма билан ифодаланади. Бу даврда материалдаги температураси  $C_1E_1$  эгри чизик бўйлаб кўтарилади. қуритиш жараёни охирида материал намлиги асимптотик равишда мувозанат намлиги  $W_M$  га яқинлашиб боради. Материал  $W_M$  намликка эришиши билан ундан намлик чиқиши тўхтайдди. Ушбу дақиқада материал температураси уни ўраб турган иссиқлик элткич температурасига ( $E_1$  нукта) тенг бўлади. Лекин, мувозанат намлигига эришиш учун анча вақт зарурдир.

Қуритиш тезлиги вақт бирлигида намлик ўзгаришини ифодалайди, яъни  $dW/d\tau$  (%/соат) ёки  $dx/d\tau$  ( $c^{-1}$ ).

Қуритиш тезлиги бўйича маълумотлар асосида қуритиш тезлигининг эгри чизиклари қурилади (2-расм).

$BC$  горизонтал кесма қуритиш жараёнининг биринчи,  $CE$  эса - иккинчи даврдаги тезлигини кўрсатади. Жараённинг биринчи даврида эркин боғланган



3-расм. Капилляр

говаклиматериалларнинг қуритиш тезлиги эгри чизикларининг тасвири.

намлик йўқотилади ва унинг тезлиги ташқи диффузия зонасидаги масса алмашилиш қаршилиги, яъни конвектив масса бериш коэффициентлари билан аниқланади. Биринчи критик тезликка оид  $C$  нуқтада материал ташқи юзасидаги намлик гигроскопик намликка тенг бўлиб қолади.  $W_{кр}$  дан бошлаб материалдан боғланган намлик ҳайдалиб бошланади ва жараён тезлиги анча сусаяди. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, қуритиш тезлиги эгри чизикларининг кўриниши 2-расмда келтирилгандан анча фарқ қилиши мумкин. Намликнинг материал билан боғланиш шаклларига қараб, иккинчи даврнинг ўзи бир неча даврдан иборат бўлиши мумкин (3-расм).

Расмдаги эгри чизик 1 типик капилляр - ғовакли жисмлар учун хосдир. Чизикнинг тепа қисми капилляр, пастки қисми эса -  $W_{кр}$  га тенг адсорбцион намликни йўқотиш тезлигини ифодалайди. Эгри чизик 2 газлама ва юпқа листли материаллар, 3 эса - керамик материалларни қуритиш жараёнини характерлайди.

Қуритиш тезлиги жараённинг муҳим технологик параметри бўлиши - қуритиш интенсивлигини аниқлаш имконини беради.

### Қуриткичлар конструкциялари

Кимё, озиқ - овқат ва бошқа саноатларда қўлланиладиган қуриткичлар конструкциялари турли - тумандир. Улар бир - биридан ҳар хил белгиларига қараб фарқланади. қаттиқ, нам материалга иссиқлик узатиш турига қараб конвектив, контактли ва махсус қуриткичларга бўлинади. Иссиқлик элткич сифатида ҳаво, газ ва буғ қўлланилиши мумкин. қуритиш камерасидаги босим катталигига қараб, вакуум ва атмосфера босимида ишлайдиган қуриткичларга бўлинади. Жараённи ташкил этиш усулига қараб, даврий ва узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар бўлиши мумкин. Ундан ташқари, материал ва иссиқлик элткич ҳаракатига қараб параллел, қарама-қарши ва ўзаро кесишган йўналишли қуриткичлар тайёрланади. Юқорида қайд этилганлардан кўриниб турибдики, қуриткичларни умумлаштирувчи классификация қилиш жуда қийин.

Шунинг учун, қуйида иссиқликни узатиш ва қуритилаётган материал қатламининг ҳолатига қараб гуруҳларга ажратилган қуриткичлар конструкцияларини кўриб чиқамиз.

Халқ хўжалигининг турли соҳаларида камерали, туннелли, лентали, шахтали, сиртмокли, мавҳум қайнаш қатламли, барабанли, тебранма, жўвали, пурковчи, пневматик, икки поғонали ва бошқа қуриткичлар қўлланилади.

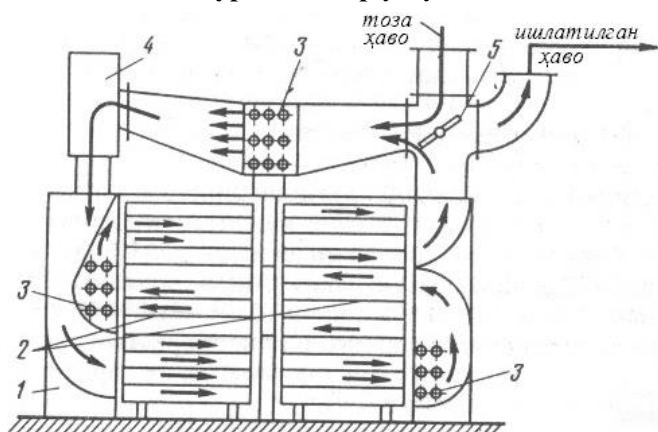
**Камерали қуриткичлар** конвектив қурилмалар ичида энг содда тузилган ва қобик 1 ичида вагонетка 2 лар жойлашган бўлади.

Вагонеткалар токчаларида нам материал жойлаштирилади. ҳаво калориферда қиздирилиб, вентилятор ёрдамида ҳайдалади ва материал устидан ёки ичидан ўтиб намликни буғлатади. Ишлатиб бўлинган ҳавонинг бир қисми янги ҳаво билан аралаштирилади. Бу турдаги қуриткичлар, одатда атмосфера босимида ишлайди. Улар кичик корхоналарда майин режим ва паст температурада нам материалларни қуритиш учун мўлжалланган. Афзалликлари: тузилиши содда ва таъмирлаш осон. Камчиликлари: камерали қуриткичларнинг иш унумдорлиги кичик ва маҳсулот қуриши бир текисда эмас.

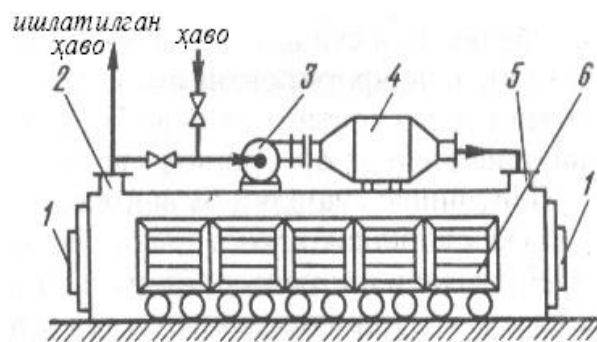
**Туннелли қуриткичлар.** Жараённи ташкил этиш бўйича бу қурилмалар узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар қаторига киради. Бу қуриткичлар тўғри тўртбурчак кўндаланг кесимли узун камерадан иборатдир (5-расм). Нам материал юкланган аравачалар темир рельслар устида ҳаракатланади. қурилманинг кириш ва чиқиш эшиклари зич ёпилади. Аравачаларнинг қуритиш камерасида бўлиш вақти қуритиш жараёни давомийлигига тенг. Материал юкланган аравачаларнинг камерадан бир марта ўтишида нам материал қуритилади. Иссиқлик элткич калориферда қиздирилиб, вентилятор ёрдамида қурилмага узатилади.

Бу турдаги қуриткичларда иссиқлик элткич қисман рециркуляция қилинади. Нам материал ва иссиқлик элткич параллел ёки қарама – қарши йўналишли бўлиши мумкин. Кўпинча калорифер ва вентилятор қуриткичнинг ёнига ёки томига ўрнатилади. Ишлатиб бўлинган ҳаво қувур орқали атмосферага чиқариб юборилади. Бу турдаги қурилмаларда, материални аралаштириб бўлмайди ва қуриш бир текисда эмас; туннелли қуриткичлар ўлчами катта, донасимон материалларни, сабзавот, мева, макарон ва бошқа маҳсулотларни қуриштириш учун мўлжалланган. қуриткич камчиликлари: қуриштириш тезлиги кичик, жараён узок муддатда давом этади ва бир текисда эмас.

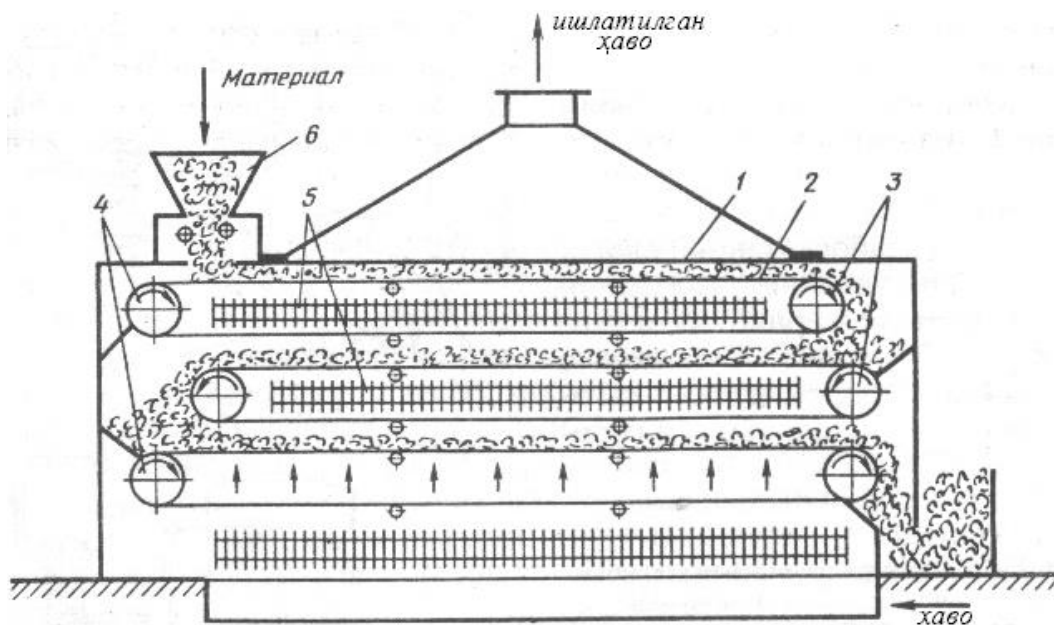
**Лентали қуриткичлар** узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар қаторига киради (6-расм).



**4-расм. Камерали қуриткич.** 1 - қобик; 2 - вагонетка; 3 - калорифер; 4 - вентилятор; 5 - шибер.



**5-расм. Туннелли қуриткич.** 1-эшикчалар; 2-газоход; 3- вентилятор; 4-калорифер; 5- қобик; 6-материалли аравача.



**6-расм. Лентали қуриткич.** 1 - қобик; 2 - лентали конвейер; 3 - етакловчи барабанлар; 4 - етакланувчи барабанлар; 5 - калорифер; 6 - юкловчи мосламали бункер.

Нам материал қурилманинг тепа қисмидаги бункер орқали юкланади ва конвейернинг юқори лентасига тушади. Одатда, иккита барабан орасига тортилган лента тешикли бўлади ва нам материал унинг устида ҳаракатланади. Лентанинг иккинчи учига етганда, материал пастки конвейерга тўкилади. Энг пастки конвейердан, қуриштирилган материал чиқариш бункерига тўкилади.

Қуриштирилган материалнинг бир лентадан иккинчиси тўкилиб ўтиши унинг аралашшига сабабчи бўлади. Натижада, қуриштириш тезлиги ортади. Кўпинча бундай қуриткичлар кўп лентали қилиб ясаллади.

Материал ва иссиқлик элткич ўзаро кесишган йўналишда ҳаракатланади.

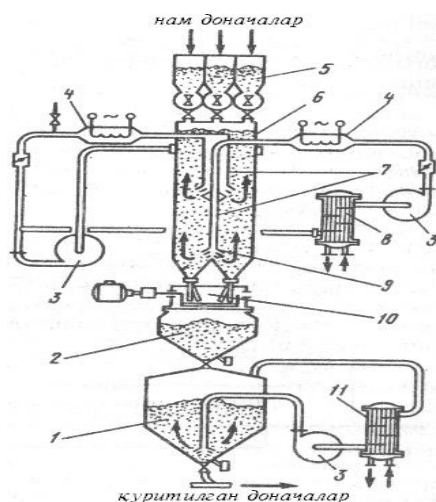
Шу билан бирга, параллел ва қарама - қарши йўналишли қуриткичлар ҳам ишлаб чиқарилади. Бундай қуриткичларда иссиқлик элткич қисман рециркуляция қилиниши мумкин.

Хавони рециркуляция ва оралиқ киздирилиши туфайли лентали қуриткичларда майин қуритиш режимларига эришиш мумкин.

Лентали қуриткичларнинг айрим конструкцияларида, бир текисда қуритишга эришиш учун, материал қатламини аралаштириш ва қатламни текислаш учун лента устига махсус ағдирувчи мослама ўрнатилади.

қуриткичнинг асосий камчиликлари: кўпол, кўп жой эгаллайди, таъмирлаш ва эксплуатация қилиш мураккаб, иш унумдорлиги кичик ва иссиқлик сарфи катта.

**Шахтали қуриткичлар** донадор, сочилувчан материалларни қуритиш учун ишлатилади (7-



**7-расм. Шахтали қуриткич.** 1 - бункер - совуткич; 2 - оралиқ бункер; 3 - газодувка; 4 - калорифер; 5 - бункер; 6 - шахта; 7 - иссиқлик элткични узатиш трубалари; 8 - конденсатор-совуткич; 9 - жалюзлар; 10 - қадоқлагич; 11 - совуткич.

расм). Иссиқлик элткични узатиш учун қуриткичнинг ўқи бўйлаб трубалар ўрнатилган.

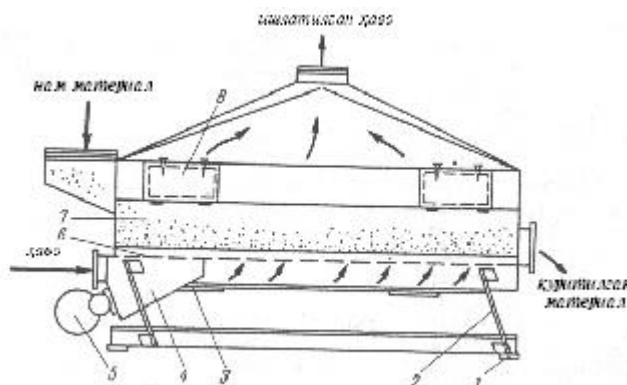
Трубаларнинг иккинчи учида иссиқлик элткични бир хилда тақсимлаш учун жалюзлар ўрнатилган. Иссиқлик элткични узатиш ва циркуляция қилиш системаси қуритиш ҳажмини иккита зонага бўлади. Биринчи зонада иккинчисидан чиқаётган иссиқликдан фойдаланилади. Биринчи зонада асосан сиртий намлик, иккинчисидан эса - ички намлик йўқотилади.

Иккинчи зонага юборилаётган иссиқлик элткич даставвал шу зонадаги конденсаторда қисман қуритилади. қуриткичнинг тепа қисмида иккила оқим бир-бирига аралашиб кетади ва калориферда киздирилгандан сўнг, газодувка ёрдамида қуриткичнинг биринчи зонасига узатилади. қуритилган материални тўкиш узлуксиз ишлайдиган токчали қадоқлагич ёрдамида амалга оширилади.

**Тебранма қуриткичлар** майин дисперс, полидисперс, кумоқ – кумоқ ва шулар каби бошқа, яъни мавҳум қайнашга мойил бўлмаган, материалларни қуритиш учун мўлжалланган. Дисперс материал қатламига паст частотали тебранишлар таъсири қатламдаги иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларни интенсифлайди. Ундан ташқари, тебранишлар ўзаро кесишган йўналишли, юқори самарадор ва идеал сиқиб чиқарувчи қуриткичлар яратиш имконини очиб беради. Бу турдаги қуриткичларда температура ва концентрация майдонлари бир текисда бўлади.

Тебранма мавҳум қайнаш қатламини вертикал, горизонтал ва новли қурилмаларда ташкил этиш мумкин.

Кимё ва озиқ - овқат саноатларида новли қуриткичлар энг кенг тарқалган. Лекин, шуни алоҳида қайд этиш керакки, бу қурилмалар кичик қиялик бурчак остида ўрнатилган бўлади (8-расм).



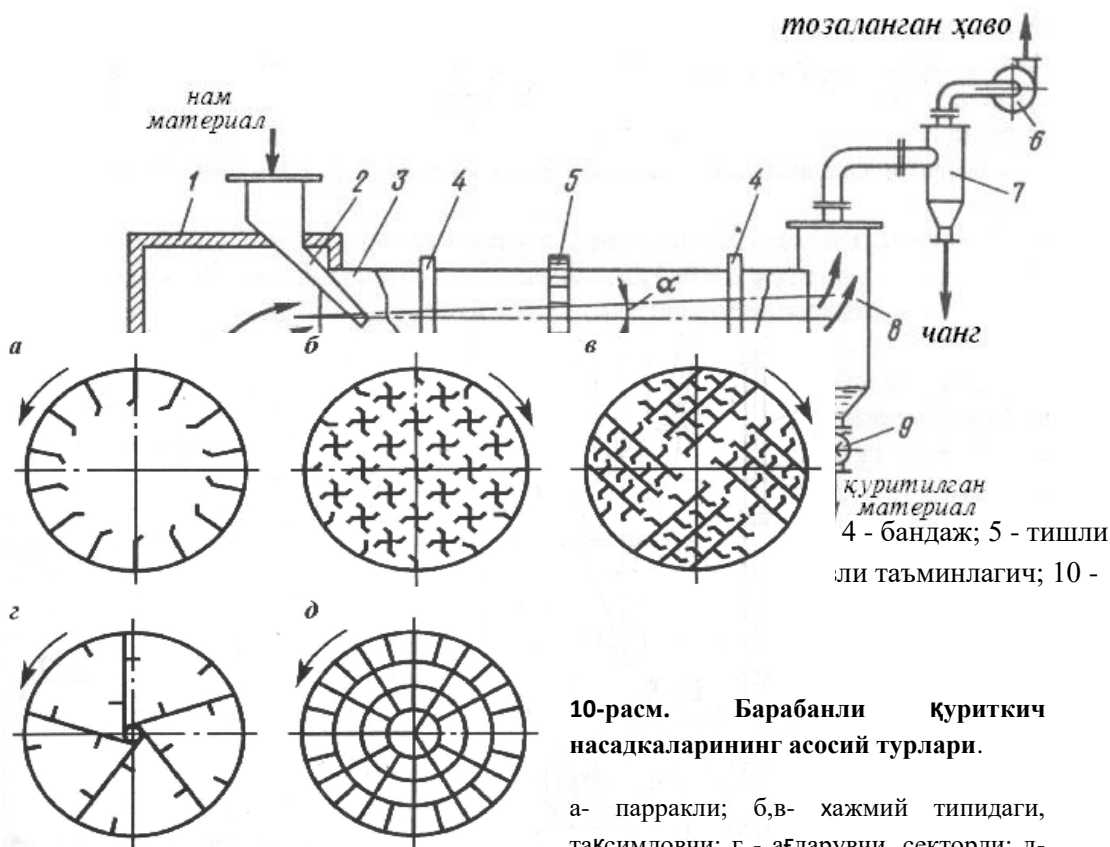
8-расм. Тебранма мавҳум қайнаш қатламли қуриткич.

- 1 - амортизатор; 2 - пружина; 3 - тўкиш люки; 4 - тебраткич; 5 - юриткич; 6 - газ тақсимловчи тешикли панжара; 7 - тарнов; 8 - кузатиш ойнаси.

Қуриткич узатмаси маятникли юриткич - тебраткичдан иборат. қатлам орқали ўтаётган газ оқими ва паст частотали тебранмаларнинг бир вақтда таъсири натижасида тебранма мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади. Бундай қатламда масса ва иссиқлик алмашилиши жуда юқори бўлади.

**Барабанли қуриткичлар** узлуксиз ишлайдиган қурилмалар қаторига киради ва атмосфера босимида дондор, сочилувчан материалларни (минерал туз, фосфорит, қанд лавлаги турпи, буғдой, шакар ва х.) қуритиш учун қўлланилади. Иссиқлик элткич сифатида ҳаво ёки тутун газлари хизмат қилади.

Барабанли қуриткичлар ичи бўш цилиндрик иборат бўлиб, уфқга нисбатан кичик қиялик бурчагида ўрнатилган бўлади (9-расм).



10-расм. Барабанли қуриткич насадкаларининг асосий турлари.

- а- парракли; б,в- хажмий типидagi, тақсимловчи; г - ағдарувчи, секторли; д-

Барабан бандаж ва роликларга таяниб туради. Унинг айланиши электр юриткич ва редуктор,

хамда тишли ғилдирак ёрдамида амалга оширилади. Барабаннынг айланиш частотаси 5...8 мин<sup>-1</sup> дан ошмайди. қуриткичга нам материал таъминлагич ёрдамида узатилади. Барабан айланиши даврида материал тепага кўтарилиб пастга тўкилади ва бу жараён узлуксиз давом этади. Шу билан бирга, қурилма ўрнатилгани ва ичига махсус насадкалар жойланганлиги сабабли, қуритилаётган материал тўкиш бункери томонига қараб ҳаракатланади. Одатда насадкалар цилиндрик барабаннынг бутун узунлиги бўйлаб жойлаштирилади. Барабан ичида материал иссиқлик элткич билан ўзаро таъсирда бўлиб қуритилади.

Материал ва қуритувчи элткич билан ўзаро таъсир самарасини ошириш учун турли хилдаги насадкалар мавжуд. Насадкалар нам материални бир текисда тарқатади ва уни иссиқлик элткич билан ювилиб туришини яхшилади. Насадка тури материал хоссаларига қараб танланади (10-расм).

Йирик бўлакли ва ёпишиб қолишга мойил материалларни қуритиш учун кўтарувчи куракчали насадкаларни қўллаш мақсадга мувофиқ. Майда, сочилувчан материалларни қуритиш учун эса, тақсимловчи насадкалар қўлланилади. Майин дисперс, кукунсимон, чангийдиган материаллар эса ағдарувчи насадкали қурилмада қуритилади.

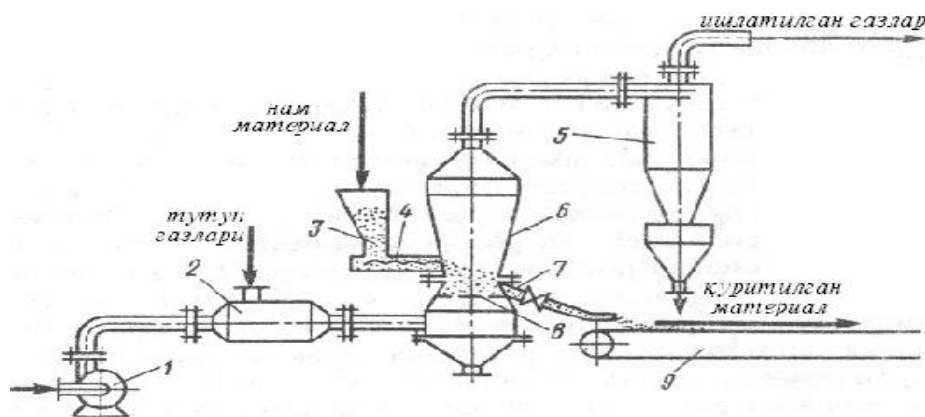
Иссиқлик элткич ва материал параллел ва қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши мумкин. Параллел йўналишли қуриткичларда материал ўта қизиб кетиш олдини олиш мумкин, чунки иссиқлик элткич юқори намликка эга материал билан ўзаро таъсирда бўлади. қуритилаётган материал таркибидаги кукунсимон фракция учиб кетмаслиги учун вентилятор ҳайдаётган иссиқлик элткич тезлиги 2...3 м/с дан ошмаслиги керак. Ишлатилган газ атмосферага чиқариб юборишдан аввал циклонда тозаланади.

Барабанли қуриткичлар диаметри 1 дан 3,5 м гача бўлади. Диаметри 2,8, 3,0 ва 3,5 м ли барабанларнинг узунликлари 14, 20 ва 27 м қилиб ясалади.

Ундан ташқари барабанли вакуум-қуриткичлар ҳам саноатнинг турли соҳаларида ишлатилади. Кўпинча бу қурилмалар даврий ишлайдиган бўлади. Ушбу қуриткичлар иссиқликка сезгир материаллардан сув ва органик эритмаларни йўқотиш, ҳамда захарли материалларни қуритиш учун қўлланилади.

Барабанли вакуум - қуриткичлар гербицид, захарли дорилар, баъзи бир полимерларни ишлаб чиқариш, ҳамда медицина, озиқ - овқат, кимё ва фармацевтика саноатларида ишлатилади.

**Мавҳум қайнаш қатламли** қуриткичлар узлуксиз ишлайдиган қурилмалар қаторига киради ва майда, сочилувчан, дондор нам материалларни қуритиш учун кенг қўламда ишлатилади. Бундай қурилмаларда сиртий ва боғланган материалларни сувсизлантириш мумкин. Мавҳум



11-расм. Бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич.

қайнаш қатламли қуриткичлар вертикал ва горизонтал, бир ёки бир неча секцияли қилиб ясалади. Узлуксиз ишлайдиган, бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич 11-расмда келтирилган. Нам материал узлуксиз равишда қуриткичга узатилади. Калориферда қиздирилган иссиқлик элткич вентилятор ёрдамида газ тақсимловчи тешикли панжара остига ҳайдалади. қуритиш жараёни ушбу панжара яқинидаги зонада юз беради. қуритилган материал тўкиш патрубкиси орқали чиқарилади. Ишлатиб бўлинган газ циклонда

тозаланиб, қуриткичдан атмосферага чиқазиб юборилади.

Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич камчиликлари: материални қуритиш бир текисда эмас. Бу камчиликни бартараф қилиш учун кўп секцияли ёки ўзгарувчан кўндаланг кесимли қуриткичлардан фойдаланилади.

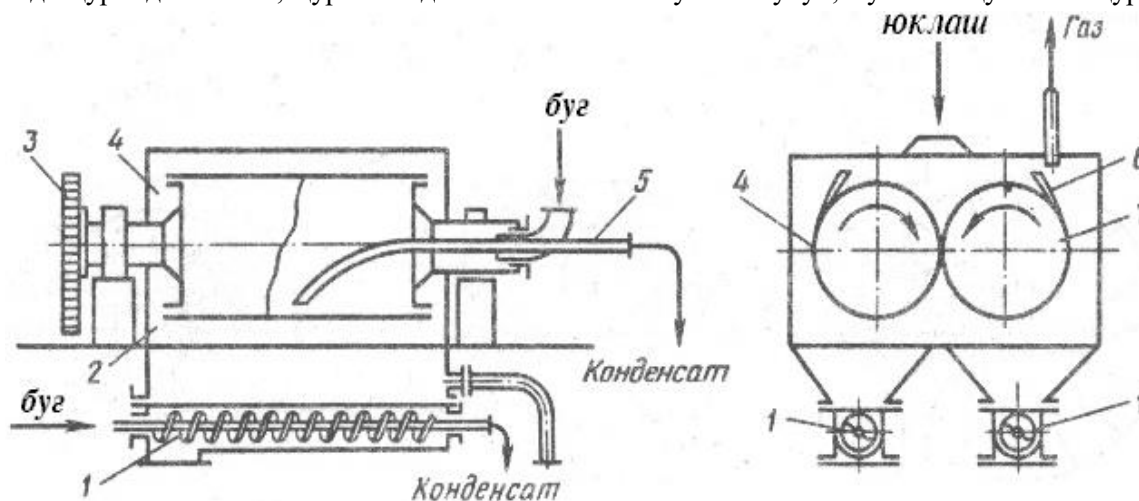
Ушбу турдаги қурилмаларда материал қуриши бир текисда бўлади. Конуссимон қуриткичларда тартибли циркуляция вужудга келади, яъни заррачалар қурилманинг марказий қисмида тепага кўтарилади ва чекка қисмида эса - пастга қараб тушади. Натижада материал бир текисда қизийди ва камеранинг ишчи баландлиги камаяди.

Хозирги кунда мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар кимёвий технологияда минерал ва органик тузлар, ёпишиб қолишга мойил, масалан сульфат аммоний, поливинилхлорид, полиэтилен ва бошқа полимерларни, ҳамдапастасимон материаллар (пигмент, анилинли бўёвчи моддалар), эритмалар, суспензияларни қуритиш учун ишлатилади.

**Жували қуриткичлар** суyoқ ва пастасимон материалларни атмосфера босими ёки вакуум остида қуритиш учун мўлжалланган (12-расм). Жува бир - бирига қараб  $2 \dots 10 \text{ мин}^{-1}$  частота билан айланади. Ичи бўш жувага цапфа орқали иситувчи буғ юборилади ва иссиқлигини бериб конденсатга айланади. Жувалар иссиқ сув ёки юқори температурали органик суyoқликлар ёрдамида қиздирилиши мумкин.

Материал қурилманинг тепасидан, жувалар орасига юкланади ва уни юпқа қатлам билан қоплайди. Юпқа қатлам қалинлиги жувалар орасидаги тиркиш катталиги билан белгиланади. Одатда, ушбу тиркиш эни  $0,5 \dots 1,0 \text{ мм}$  бўлади. Материалнинг кириши юпқа қатламда, жуванинг тўлиқ айланишида содир бўлади.

Жувадаги материал қатламининг қалинлиги қанчалик кичик бўлса, у шунчалик тез ва бир текисда қурийд. Лекин, қуритиш давомийлиги кам бўлгани учун, кўпинча кўшимча қуритиш



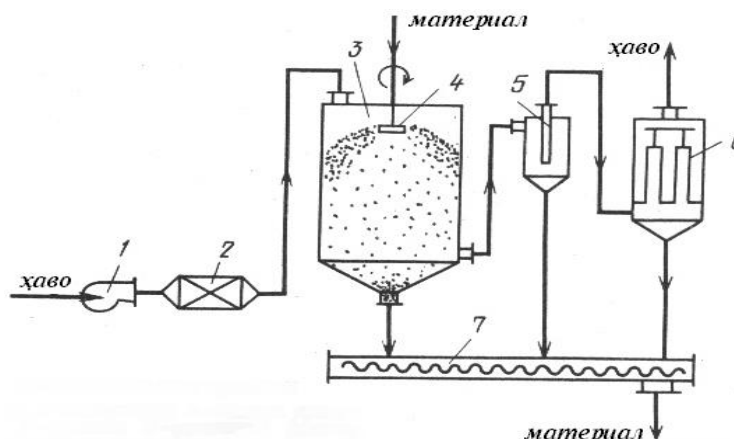
12-расм. Жували қуриткич.

1 - шнекли нов-қуриткич; 2 - қобик; 3-узатма; 4 - етакловчи жува; 5 - сифон трубки; 6 – талаб этилади. қуритилган материал пичок ёрдамида жувадан кесиб олинади.

**Пурковчи қуриткичлар** эритма, суспензия ва пастасимон материалларни қуритиш учун қўлланилади. Пуркаб қуритиш усулида сут кукуни, сут-сабзавот концентратлари, хамиртуриш, тухум кукуни ва бошқа маҳсулотлар олинади.



Бундай қуриткичларда материал махсус мосламаларда пуркалади ва иссиқлик элткич оқимида қуритилади (13-расм). Материалнинг қуритиш зонасида бўлиш вақти жуда қисқа, лекин юқори даражада майдаланганлиги ва намликнинг буғланиш тезлиги катталиги, унингтез қуришига олибкелади. Шунинг учун, пурковчи қуриткичларда



**13-расм. Пурковчи қуриткич.** 1 - вентилятор; 2 - калорифер; 3 - қуритиш камераси; 4 - диск; 5 - циклон; 6 - англи филтър; 7 - қуритилган материални тўқувчи шнек.

юқори температурали иссиқлик элткичларни қўллаш мумкин.

Қуритиш натижасида олинган маҳсулот бир хил дисперс таркибли, сочилувчан ва майда дисперс бўлади.

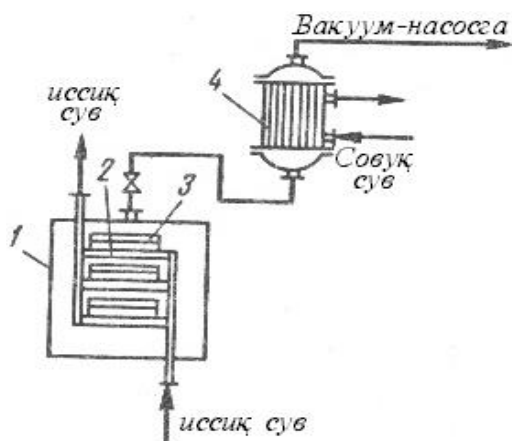
Пурковчи қуриткичлар камчиликлари: габарит ўлчамлари ва энергия сарфи катта.

Материални пуркаш механик ёки пневматик пуркагичлар ёрдамида, ҳамда айланиш частотаси  $4000...20000 \text{ мин}^{-1}$  бўлган марказдан қочма дискда амалга оширилади. Қуриткичда материалнинг бўлиш вақти 50 с дан ортмайди. Шу қисқа вақт ичида иссиқлик ва масса алмашиниш жараёни юз беради. Пурковчи қуриткичларда фазалар параллел ва қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши мумкин. Бундай қуриткичлар афзалликлари: юқори температурали иссиқлик элткичларни ҳам қўллаш мумкин.

Камчиликлари: иссиқлик элткич сарфи катта бўлгани учун энергия ва металл сарфи ҳам нисбатан юқори; солиштирма намлик олиш кўрсаткичи жуда паст, яъни  $20 \text{ кг/м}^3$ ; материал қуриткич деворларига ёпишиб қолади; иссиқлик элткич тезлиги нисбатан кичик, чунки катта тезликларда майда заррачалар учиб кетади.

**Сублимацияли қуриткичлар.** Турли материаллардаги муз агрегат ҳолатидаги намлигини вакуум остида буғга (суёқ агрегат ҳолатидан сакраб) айлантириб сувсизлантириш жараёни сублимацияли қуритиш деб номланади. Сублимацияли қуритиш юқори вакуум, қолдиқ босим  $133,3...13,3 \text{ Па}$  ( $1,0...0,1 \text{ мм сим.уст.}$ ) бўлган оралик ва паст температураларда ўтказилади.

Сублимация қуритиш жараёнида материал юзасидан намликнинг буғ агрегат ҳолатида тарқалиш механизми ўзига хос **эффузия** усулида боради. Эффузия усулида буғ молекулаларининг эркин ҳаракати даврида молекулалар бир-бири билан ўзаро тўқнашмайди.



**14-расм. Сублимацияли қуриткич**

Сублимацияли қуриткич қуритиш камераси, конденсатор-музлатгич ва вакуум насосдан таркиб топган (14-расм.)

Плита ичида иссиқ сув насос ёрдамида циркуляцияли ҳаракат қилади. қуритилаётган материал тунука товаларда плита устига жойлаштирилади. Плита ва товалар орасида маълум ҳаволи бўшлиқ

бўлади. Плиталардан товаларга иссиқлик нурланиш усули (радиация) ҳисобига ўтади.

Сублиматорда ҳосил бўлган сув буғи ва ҳаво аралашмаси конденсатор - музлаткичга ўтади. Буғ-ҳаволи аралашма қобиқ-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг трубалар бўшлиғида, трубалараро бўшлиқда эса - аммиак циркуляцияли ҳаракат қилади. қурилма трубаларида сув буғлари аввал конденсацияланади, ундан сўнг эса - музлайди. Сублимацияли қуриткичларда 2 та конденсатор-музлаткич бўлади. Улар навбатма-навбат ишлайди, яъни биттасида конденсация ва музлатиш содир бўлса, иккинчисида ҳосил бўлган муз эритиб йўқотилади.

Материалдан намликни чиқариб юбориш жараёни 3 босқичдан иборат:

1) қуритиш камерасида босим пасайиши билан намлик ўз - ўзидан музлайди ва материалдан чиққан иссиқлиги ҳисобига муздан буғга айланади. Бу босқичда 15% намлик йўқотилади;

2) намликнинг асосий қисми сублимация йўли билан қуритиш жараёнининг ўзгармас тезлик даврида йўқотилади;

3) қолдиқ намлик материалдан иссиқлик ёрдамида йўқотилади.

Сублимацияли қуритиш оз миқдорда паст температурали (40...50°C) иссиқлик элткич сарфланади. Лекин, умумий энергия ва эксплуатацион сарфлар бошқа қуритиш (диэлектрик қуритишдан ташқари) усулларига қараганда юқори.

Шунинг учун, бу қуритиш усули қимматбаҳо моддалар, юқори температурага чидамсиз ва биологик хоссалари узоқ муддат давомида сақланиб туриши керак бўлган материалларни (гўшт, мева, сабзавот, медицина ва фармацевтика маҳсулотлари) қуритиш учун ишлатилади.

Энергия сарфи бўйича сублимацияли қуритиш, атмосфера босимида қуритишга яқинроқ туради.

#### **Текшириш учун саволлар:**

1. Лентали қуритгичнинг камчилиги ва авзалликлари қандай?
2. Жўвали қуритгичнинг ишлаш принципи қандай?
3. Мавхум қайнаш қатламли қуритгичлар қандай маҳсулотларни қуритишда ишлатилади?

## **24-МАЪРУЗА АБСОРБЦИЯ.**

#### **РЕЖА:**

1. Абсорбция жараёни.
2. Абсорбция жараёнининг физик асослари.
3. Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси.
4. Абсорбция жараёни олиб бориш усуллари.
5. Тарелкалар сонини аниқлаш ва тарелка турлари. насадка турлари.
6. Абсорберлар конструкциялари.
7. Гидродинамик режимлар.

#### **Умумий тушунчалар**

Газ ёки буғларни газ ёки буғли аралашмалардаги компонентларининг суюқликда ютилиш жараёни **абсорбция** деб номланади. Ютилаётган газ ёки буғ **абсорбтив**, ютувчи суюқлик эса – **абсорбент** деб аталади. Ушбу жараён селектив ва қайтар жараён бўлиб, газ ёки буғ аралашмаларини ажратиш учун хизмат қилади.

Абсорбтив ва абсорбентларнинг ўзаро таъсирини қараб, абсорбция жараёни 2 га бўлинади: физик абсорбция; кимёвий абсорбция (ёки хемосорбция). Физик абсорбция жараёнида газнинг суюқлик билан ютилиши пайтида кимёвий реакция юз бермайди, яъни кимёвий бирикма ҳосил бўлмайди. Агар, суюқлик

билан ютилатган газ кимёвий реакцияга киришса, бундай жараён хемосорбция дейилади.

Маълумки, физик абсорбция кўпинча қайтар жараён бўлгани сабабли, яъни суюқликка ютилган газни ажратиш олиш имкони бўлади. Бундай жараён **десорбция** деб номланади. Абсорбция ва десорбция жараёнларини узлуксиз равишда ташкил этиш, ютилган газни соф ҳолда ажратиш олиш ва абсорбентни кўп марта ишлатиш имконини беради.

Абсорбция жараёни саноат корхоналарида углеводородли газларни ажратиш, сульфат, азот, хлорид кислоталар ва аммиакли сувларни олишда, газ аралашмаларидан қимматбаҳо компонентларни ажратиш ва бошқа ҳолларда кенг миқёсда ишлатилади.

Абсорбция жараёни иштирок этадиган технологияларни қурилмалар билан жиҳозлаш мураккаб эмас. Шунинг учун, кимё, озиқ - овқат ва бошқа саноатларда абсорберлар кўп қўлланилади.

### Абсорбция жараёнининг физик асослари

Газ фаза суюқлик билан ўзаро таъсири натижасида иккита фаза ( $\Phi=2$ ) ва учта компонент, яъни тарқалувчи модда ва иккита модда ташувчи ( $K=3$ ) лардан иборат система ҳосил бўлади.

Фазалар қондасига биноан, бундай система 3 та эркинлик даражасига эга:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3$$

Системадаги фазавий мувозанатни белгиловчи асосий учта параметрлар қуйидагилардир: босим, температура ва концентрация. Демак, «газ - суюқлик» системада иккала фазанинг босими  $p$ , температураси  $t$  ва концентрацияси  $x$  ўзгариши мумкин. Абсорбция жараёни ўзгармас босим ва температурада бораётган бўлса, бир фазада тарқалаётган модданинг ҳар бир концентрациясига, иккинчи фазадаги аниқ концентрация тўғри келади.

Ўзгармас температура ( $t=const$ ) ва умумий босимли шароитда мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик Генри қонуни билан ифодаланади. Бу қонунга биноан, бирор температурада эритмадаги эритма устидаги газ парциал босими, унинг моль улушига тўғри пропорционалдир:

$$p = Ex$$

ёки

$$x = \frac{p}{E} \quad (1)$$

бу ерда  $p$  – мувозанат ҳолатидаги эритмада  $x$  концентрацияли ютилатган газнинг парциал босими;  $E$  – Генри константаси.

Генри константаси абсорбтив ва абсорбентларнинг хоссаларига, ҳамда температурага боғлиқ бўлади:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \quad (2)$$

бу ерда  $q$  – газнинг эриш иссиқлиги, кЖ/кмоль;  $R = 8,325$  кЖ/(кмоль·К) – универсал газ доимийси;  $T$  – абсолют температура, К;  $C$  – ютаётган суюқлик ва газларнинг табиатига боғлиқ бўлган ўзгармас катталиқ.

(2) тенгламадан кўриниб турибдики, температура ортиши билан газнинг суюқликда эриши камаяди.

Дальтон қонунига биноан, газ аралашмасидаги компонентнинг парциал босими, ушбу компонент моль улушининг умумий босимга кўпайтирилганига тенгдир, яъни:

$$p = P \cdot y \quad \text{ва} \quad y = \frac{p}{P} \quad (3)$$

бу ерда  $P$  – газ аралашмасининг умумий босими;  $y$  – тарқалаётган модданинг аралашмадаги концентрацияси; моль улуши.

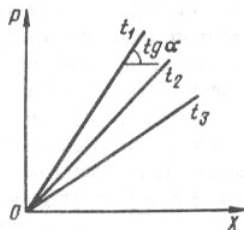
(1) ва (3) тенгламаларини таққослаб, қуйидаги ифодага келамиз:

$$y = \frac{p}{P} = \frac{E}{P} x$$

ёки фазавий мувозанат константаси  $E/P$  ни  $m$  орқали белгилаб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$y = m \cdot x \quad (4)$$

(4) тенглама, газ аралашмаси ва суюқликда тарқалаётган моддаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик тўғри чизик билан ифодаланишини кўрсатади. Ушбу чизик координаталар бошидан ўтади ва унинг қиялик бурчаги тангенс  $m$  га тенг. Қиялик бурчак тангенс температура ва босимга боғлиқ. 1-расмдан кўриниб турибдики босим ошиши ва температура камайиши билан газнинг суюқликда эрувчанлиги ортади ( $m$  эса камаяди). Суюқлик билан газлар аралашмаси мувозанат ҳолатида бўлганида, аралашма газ компонентининг ҳар бири Генри қонунига бўйсунди.



1-расм. Түрли температураларда ( $t_1 > t_2 > t_3$ ) газнинг суюқликда эриши.

Абсорбция жараёни нисбий моль концентрацияларда ҳам ҳисобланиши мумкин. Бунда, газ фазасининг суюқликдаги кичик концентрациялари  $x$  да Генри қонуни ушбу кўринишда ёзилади:

$$Y = m \cdot X \quad (5)$$

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ўта суюлтирилган эритмалар, ҳамда кичик босимларда ўз хоссалари бўйича идеал суюқликларга ўхшаш эритмалар ҳам Генри қонунига бўйсунди.

Юқори концентрацияли эритмалар ва катта босимларда газ билан суюқликнинг ўзаро мувозанат ҳолати Генри қонунига бўйсунмайди, чунки фазаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик эгри чизик билан ифодаланади.

#### Адсорбциянинг моддий баланси ва кинетик қонуниятлари

Адсорбция жараёнининг моддий баланси қуйидаги кўринишдаги умумий тенглама билан ифодаланади:

$$-G \cdot (dy) = L \cdot dx \quad (6)$$

Охириги тенгламани бошланғич ва охириги концентрациялар оралигида интеграллагандан сўнг, ундан абсорбент сарфини (кмоль/с) аниқлаш мумкин:

$$L = G \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (7)$$

1 кмоль инерт газ учун зарур солиштирма сарф:

$$l = \frac{L}{G} \cdot \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (8)$$

Абсорберда концентрациянинг ўзгариши (7) ва (8) тенгламалар билан ифодаланади. Жараён ишчи чизиғи  $y$ - $x$  координаталарида тўғри чизик кўринишида бўлади. Унинг қиялик бурчаги тангенс  $l = L/G$ .

Абсорбент солиштирма сарфининг абсорбер ўлчамига ва суюқ фазада тарқалаётган модданинг охириги концентрациясига таъсирини кўриб чиқамиз.

Абсорберда фазалар йўналиши параллел деб қабул қиламиз.

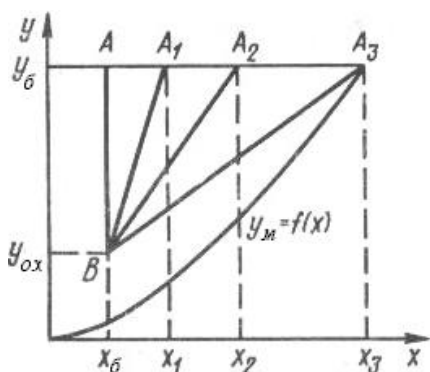
$y$ - $x$  координаталарнинг  $B$  нуқтасида аниқланаётган суюқ фазада тарқалаётган модданинг бошланғич концентрацияси  $x_{\delta}$ , газ фазасидаги бошланғич концентрация  $y_{\delta}$ , охириги эса  $y_{ox}$  (2-

расм).

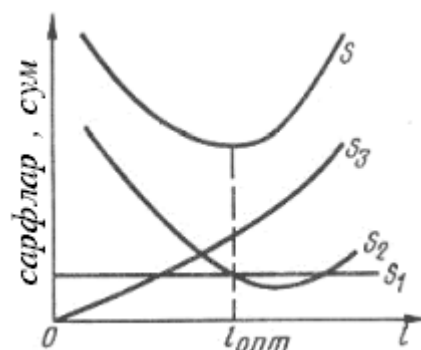
Фазалар мувозанат ҳолати  $y_m = f(x)$  тенгламага биноан турли қиялик бурчаги остида бир нечта ишчи чизиқлар ўтказамиз. Расмдаги  $A_1, A_2, A_3$  нуқталар газ фаза ва абсорбентдаги бошланғич ва охири концентрацияларни характерлайди. Жараёни характерга келтирувчи кучи ишчи ва мувозанат чизиқлар ўртасидаги фарқ билан аниқланади, яъни  $\Delta y = y - y_m$ . Бутун қурилма учун ўртача характерга келтирувчи куч ўртача логарифмик қиймат сифатида топилади. Агар, ишчи чизиқ **BA** вертикал чизиқ билан устма-уст тушса, характерга келтирувчи куч энг катта қийматга эга бўлади. Агар, (8) тенгламага  $x_{ox} = x_6$  қўйилса, абсорбентнинг сарфи чексиз бўлади.

Бошқа ҳолатда эса, яъни ишчи чизиқ **BA<sub>3</sub>** мувозанат чизиғи билан туташса, абсорбентнинг сарфи минимал ва туташуш нуқтасида характерга келтирувчи куч нольга тенг бўлади, чунки  $y_6 = y_m$ .

Биринчи ҳолатда абсорбентнинг ўлчамлари минимал бўлади, чунки абсорбентнинг чексиз сарфида  $\Delta y_{yp}$  максимал қийматга эгадир. Иккинчи ҳолатда эса, абсорбентнинг сарфи минимал бўлганда абсорбентнинг ўлчамлари чексиз бўлади.



2-расм. Абсорбентнинг солиштирма сарфини аниқлашга оид.



3-расм. Абсорбентнинг оптимал солиштирма сарфини аниқлашга оид.

Масса алмашиниш, шу жумладан, абсорбция жараёнида ҳам мувозанатга эришиб бўлмайди, чунки хар доим ( $x_{ox} < x_m$ ). Демак, абсорбентнинг сарфи хар доим минимал қийматдан катта бўлиши керак. Абсорбентнинг минимал сарфини қуйидаги тенгламадан топиш мумкин:

$$l_{\min} = \left( \frac{L}{G} \right)_{\min} - \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{kp} - x_6} \quad (9)$$

Абсорбентнинг оптимал сарфи техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида аниқланади.

1 кмоль газни ютиш учун зарур сарфлар газ ва эксплуатация нархи  $S_1$ , амортизация ва таъмирлаш учун сарфлар, энергия нархи  $S_2$ , газни узатиш ва десорбция  $S_3$ га кетадиган харажатлар йиғиндисига тенг:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

Маълумки,  $S_1$  катталиқ абсорбентнинг солиштирма сарфига боғлиқ эмас. Агар,  $l$  ортса, абсорбентнинг ишчи баландлиги ва унинг гидравлик қаршилиги камаяди. Лекин, бунда қурилманинг диаметри катталашади.

Шундай қилиб,  $S_2 = f(l)$  функция минимумга эга бўлиши мумкин.

Абсорбентнинг солиштирма сарфи  $l$  ошиши билан газни узатиш ва десорбциясига кетадиган сарфлар  $S_3$  кўпаяди. 3-расмда юқорида келтирилган боғлиқликлар характеристикалари тасвирланган. Хамма эгри чизиқлар ординаталарини қўшсак, 1 кмоль газни абсорбция қилиш учун зарур сарфлар йиғиндиси эгри чизиғини оламиз. Ушбу эгри чизиқнинг минимуми, абсорбент оптимал солиштирма сарфига тўғри келади.

**Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси** абсорбция жараёни икки фазали системаларнинг масса ўтказиш тенгламаси билан ифодаланиши мумкин:

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau$$

ёки

$$M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau$$

Кўпинча, абсорбция жараёнининг масса ўтказиш тенгламасида, ҳаракатга келтирувчи куч  $y$ - $y_m$  босимлар фарқи билан ифодаланади:

$$M = K_m (p - p_m) \cdot F \tau$$

ёки

$$M = K_m \cdot \Delta p_{yp} \cdot F \tau \quad (10)$$

Бу ерда  $p$  – газ аралашмасида тарқалаётган газнинг ишчи парциал босими;  $p_m$  – абсорбент устидаги газнинг мувозанат босими;  $K_m$  – масса ўтказиш коэффициенти;  $M$  – газ фазасидан суюқ фазага ўтган масса миқдори;  $\Delta p_{yp}$  – жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи.

Агар, мувозанат чизиғи тўғри бўлса, жараённинг ўртача **ҳаракатга келтирувчи кучи** ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p_{yp} = \frac{\Delta p_{ka} - \Delta p_{ki}}{2,31g \frac{\Delta p_{ka}}{\Delta p_{ki}}}$$

$\Delta p_{ka} = p_b - p_{ox}^*$  ва  $\Delta p_{ki} = p_{ox} - p_b^*$  абсорбернинг охириги қисмларидаги ҳаракатга келтирувчи кучлар  $p_b$  ва  $p_{ox}$  - абсорберга кираётган ва чиқаётган газнинг парциал босими;  $p_{ox}^*$ ,  $p_b^*$  - абсорберга кираётган ва чиқаётган газнинг мувозанат парциал босими.

Абсорбция жараёнида масса алмашилиш механизми қуйидагича: ҳар бир фаза асосий масса ва чегаравий юққа қатламдан иборат бўлади. Асосий массага ютилувчи компонент конвектив диффузия йўли билан ўтади.

Иккала чегаравий юққа қатламда эса, ютилувчи компонентнинг ўтиши молекуляр диффузия усулида боради. Шунинг учун, абсорбция жараёнида масса ўтказишга бўлган қаршилиқ чегаравий юққа қатламлар йиғиндисидан иборат бўлади. Суюқ, юққа қатламдаги масса ўтказишга бўлган қаршилиқ  $1/\beta_y$ , газдаги эса -  $m/\beta_x$  бўлса, масса ўтказиш коэффициенти ушбу тенгламадан ҳисобланади.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y}} \quad (11)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (12)$$

бу ерда  $\beta_y$  - газ оқимидан фазаларни ажратувчи юзасига масса бериш коэффициенти;  $\beta_x$  - фазаларни ажратувчи юзадан суюқлик оқимига масса бериш коэффициенти;  $m$  – пропорционаллик коэффициенти, абсорбтив ва абсорбент хоссаларига ва температурага боғлиқ.

Коэффициент  $m$  нинг катталиги масса ўтказиш тенгламасининг тузилишига ҳам таъсир этади. Яхши эрийдиган газлар учун  $m$  нинг қиймати жуда кичик бўлади. Шунинг учун, суюқлик фазасидаги диффузион қаршилиқ ҳам кичикдир.  $1/\beta_y \gg m/\beta_x$  бўлгани учун, (11) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$K_y \cong \beta_y$$

Қийин эрийдиган газлар учун пропорционаллик коэффициент  $m$  нинг қиймати жуда каттадир. Шунинг учун газ фазасидаги диффузион қаршилиқни инобатга олмаса ҳам бўлади.  $1/\beta_x \gg 1/\beta_y m$  бўлгани учун, (12) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$K_x \cong \beta_x$$

яъни, ҳамма диффузион қаршилиқ суюқ фазада мужассамланган бўлади.

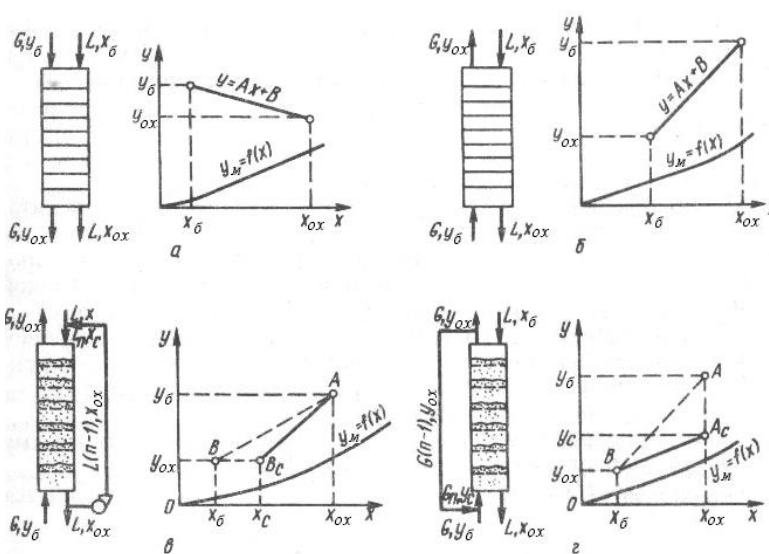
## Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари

Халқ хўжалигининг турли тармоқларида абсорбция жараёнини ташкил этишда куйидаги принципиал схемалар қўлланилади:

- параллел йўналишли;
- қарама - қарши йўналишли;
- бир поғонали, қисман рециркуляцияли;
- кўп поғонали, қисман рециркуляцияли.

**Параллел йўналишли** схема 1 а-расмда кўрсатилган. Бунда газ оқим ва абсорбент параллел (бир хил) йўналишда ҳаракатланади. Абсорберга киришда, абсорбтив концентрацияси катта бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси паст бўлган суюқ фаза билан контактда бўлса, қурилмадан чиқишда эса - абсорбтив концентрацияси кичик бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси юқори бўлган суюқлик билан ўзаро таъсирда бўлади.

**Қарама - қарши йўналишли** схема 1 б-расмда кўрсатилган.



1-расм. Абсорбция схемалари ва жараёни у-х

координатларда тасвирлаш. а - параллел; б - қарама

қарши; в - абсорбент рециркуляцияли билан; г -

1 в - расмда абсорбент бўйича рециркуляцияли схема келтирилган. Бунда, газ фаза абсорбернинг тепа қисмидан кириб, паст қисмидан чиқиб кетса, суюқ фаза эса қурилмадан бир неча марта қайтариб ўтказилади. Абсорбент қурилманинг тепа қисмига узатилади ва газ фазасига қарама - қарши йўналишда ҳаракатланади. Янги,  $x_б$  концентрацияли абсорбент абсорбердан чиқаётган суюқ фаза билан аралашishi натижасида унинг концентрацияси  $x_с$  га кўтарилади. Жараённинг ишчи чизиғи у-х диаграммада  $AB$  тўғри чизиғи билан ифодаланади. Абсорбтивнинг аралаштиришдан кейинги концентрацияси  $x_с$  ни моддий баланс тенгламасидан топиш мумкин.

Агар, абсорберга киришдаги абсорбент миқдорини янги абсорбент миқдorigа нисбатини  $n$  деб белгиласак, моддий баланс тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$G \cdot (y_б - y_{ox}) = L \cdot (x_{ox} - x_б) = Ln \cdot (x_{ox} + x_с)$$

бундан

$$x_с = \frac{x_{ox}(n - 1) + x_б}{n} \quad (1)$$

Газ фазаси рециркуляцияли абсорбция схемаси 1 г-расмда келтирилган. Ишчи чизик ҳолати  $A_с$  ( $y_с, x_{ox}$ ) ва  $B$  ( $y_{ox}, x_б$ ) нуқталари билан белгиланади.  $y_с$  концентрация моддий баланс

тенгласидан аниқланади:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n - 1) + y_o}{n} \quad (2)$$

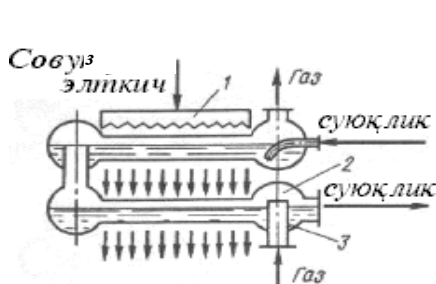
Абсорбент ҳаракат тезлиги ортиши билан масса бериш коэффициентини кўпаяди, бу эса ўз навбатида масса ўтказиш коэффициентини ўсишига олиб келади.

Қийин эрувчан газларни абсорбция қилиш пайтида абсорбентни рециркуляция қилиш усулини қўллаш мақсадга мувофиқдир. Агар, абсорбтив рециркуляция қилса, газ фазасида масса бериш коэффициентини кўпаяди. Бу усул яхши эрийдиган газларни абсорбция қилишда юқори самара беради.

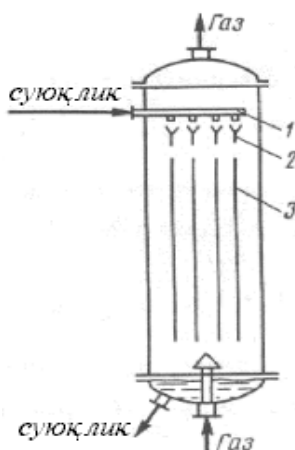
### Абсорберлар конструкциялари

Абсорбция жараёни фазаларни ажратувчи юзада содир бўлади. Шунинг учун ҳам, суюқлик ва газ фазалар тўқнашув қиладиган абсорберлар юзаси иложи борича катта бўлиши керак. Масса алмашилиш юзаларини ташкил этиш ва лойихалаш бўйича абсорберлар 4 гуруҳга бўлинади: сиртий ва юпка қатламли абсорберлар; насадкали абсорберлар; барботажли абсорберлар; пурковчи абсорберлар.

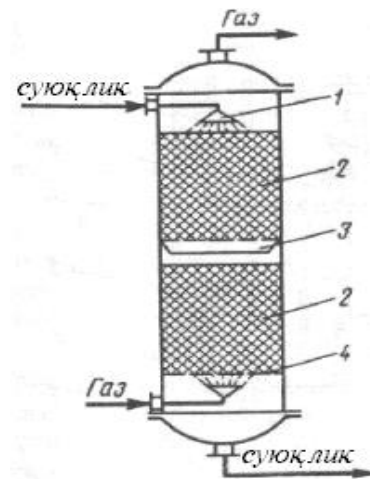
**Сиртий абсорберлар**да ҳаракатланаётган суюқлик устига газ узатилади. Бундай қурилмаларда суюқлик тезлиги жуда кичик ва тўқнашув юзаси кам бўлган учун бир нечта



2-расм. Сиртий абсорбер.



3-расм. Юпка қатламли абсорбер.



4-расм. Насадкали абсорбер.

1 - труба; 2 – тақсимлаш мосламаси; 3 - 1 – тақсимлагич; 2 - насадка; 3 – суюқликни қайта тақсимлаш

қурилма кетма - кет қилиб ўрнатилади.

Суюқлик ва газ қарама - қарши йўналишда ҳаракатлантирилади. 2 - расмда горизонтал трубалардан таркиб топган ювилиб турувчи абсорбер тасвирланган. Трубалар ичида - суюқлик оқиб ўтса, унга тескари йўналишда газ ҳаракат қилади. Трубалар ичидаги суюқлик сатхи остона 3 ёрдамида бир хил баландликда ушлаб турилади.

Абсорбция жараёнида ҳосил бўлаётган иссиқликни ажратиш олиш учун трубалар тақсимлаш мосламаси 2 дан оқиб тушаётган сув билан ювилиб туради. Совутувчи сувни бир меъёрда тақсимлаш учун тишли тақсимлагич 1 қўлланилади. Бу турдаги абсорберлар яхши эрийдиган газларни ютиш учун ишлатилади.

**Юпка қатламли абсорберлар** ихчам ва юқори самаралидир. Бу абсорберларда фазаларнинг тўқнашиш юзаси оқиб тушаётган суюқлик юпка қатлами ёрдамида ҳосил бўлади. Юпка қатламли қурилмалар гуруҳига трубали, лист-насадкали, кўтариладиган қатламли абсорберлар киради.

Трубали абсорберларда суюқлик вертикал трубаларнинг ташқи юзасидан пастга қараб оқиб тушса, газ фаза эса қарама - қарши йўналишда юқорига қараб ҳаракатланади. Қолган турдаги абсорберларда ҳам фазаларнинг ҳаракат йўналиши трубали абсорберларникига ўхшашдир.

Трубали абсорберлар тузилишига қараб қобиқ - трубали иссиқлик алма-шилиш қурилмасига



ўхшайди. Қурилмада хосил бўлган иссиқликни ажратиб олиш учун трубалар ичига сув ёки бошқа суюқлик элткич юборилади.

3-расмда текис, параллел насадкали абсорбер тасвирланган.

Насадкалар вертикал листлар кўринишида бўлиб, абсорбер хажмини бир нечта секцияга бўлади. Абсорберга суюқлик труба орқали узатилади ва тақсимлаш мосламаси ёрдамида насадкага тақсимланади. Натижада текис листнинг иккала томони ҳам суюқлик билан ювилиб туради. Газ ва юпқа қатламли суюқликларнинг нисбий ҳаракат тезлигига қараб, суюқлик юпқа қатлами пастга оқиб тушиши ёки газ оқимиغا илакишиб, тепага ҳам ҳаракатланиши мумкин. Агар, фазалар оқимининг тезлиги кўпайса, масса бериш коэффициентининг қиймати ва фазалар тўқнашиш юзаси ошади. Бунга сабаб, чегаравий қатламнинг турбулизацияси ва унда уюрмалар хосил бўлишидир.

Юпқа қатламнинг ўртача тезлиги ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \quad (3)$$

бу ерда  $L_c$  – тўқиш мосламаси периметрининг суюқлик билан солиштирма пуркалиш зичлиги, кг/(м·с);  $\rho$  - суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  - суюқлик динамик қовушоқлиги, Па·с.

Юпқа қатлам яқинидаги суюқликнинг тезлиги:

$$w = 1,5 \cdot w_{yp} \quad (4)$$

Юпқа қатламнинг қалинлиги:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g\rho^2}} \quad (5)$$

Юпқа қатламнинг ҳаракат тезлиги Рейнольдс критерийсидан аниқланади:

$$Re = \frac{w_{yp} \cdot d_s \cdot \rho}{\mu} \quad (5a)$$

бу ерда  $d_s$  – юпқа қатламнинг эквивалент диаметри, м.

Юпқа қатламнинг эквивалент диаметри:

$$d_s = \frac{4\Pi \cdot \delta}{\Pi} = 4\delta \quad (6)$$

бу ерда  $\Pi$  - суюқлик оқиб чиқаётган тўқиш мосламасининг периметри, м.

**Насадкали абсорберлар.** Турли шаклли каттиқ насадкалар билан тўлдирилган вертикал цилиндрсимон колонналарнинг тузилиши содда, ихчам ва юқори самарадор бўлгани учун саноатда кўп ишлатилади. Одатда, насадкалар қатлами тешикли панжараларга жойлаштирилади. Газ фаза тешикли панжара остига юборилади ва ундан ўтиб, қатлам орқали юқорига қараб ҳаракатланади (4-расм).

Суюқлик фаза абсорбернинг юқори қисмидан тақсимлаш мосламаси 1 ёрдамида пуркалади ва насадқа қатламида газ фазаси билан ўзаро таъсир этади. Қурилма самарали ишлаши учун суюқ фаза бир текисда пуркалиши ва тақсимланиши зарур. Бу турдаги абсорберларда насадкалар ҳам суюқликни бир меъёردа тақсимлашга салмоқли хисса қўшади. Насадкалар қуйидаги талабларга жавоб бериш керак: катта солиштирма юзага эга бўлиши; газ оқимиغا кўрсатадиган гидравлик қаршилиги кичик бўлиши; ишчи суюқлик билан яхши хўлланилиши; абсорбер кўндаланг кесим юзаси бўйлаб суюқликни бир текисда тақсимлаши; иккала фаза таъсири остида емирилмайдиган

бўлиши; енгил ва арзон бўлиши керак.

Саноатда қўлланиладиган насадкаларнинг баъзи бир турлари ва уларни қурилмада жойлаш усуллари 5-расмда келтирилган. Бу насадкаларнинг ичида энг кенг тарқалган насадка Рашиг халқаларидир. Ундан ташқари, керамик жисм, кокс, майдаланган кварц, полимер халқа, металл тўр ва панжара, шар, пропеллер ва паррак, эгарсимон элемент ва бошқа жисмлар ишлатилади.

Рашиг халқалари 15x15x2,5; 25x25x3; 50x50x5 мм ўлчамли қилиб ясалади. Насадкаларнинг геометрик характеристикаси бўлиб эквивалент диаметр ҳисобланади:

$$d_s = \frac{4V_{\text{ox}}}{a} \quad (7)$$

бу ерда  $V_{\text{ox}}$  – бўш ҳажм,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $a$  - солиштирма юза,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ .

Рашиг халқаларининг ўлчамлари катталашиси билан солиштирма юзаси 300; 204; 87,5  $\text{м}^2/\text{м}^3$  ва бўш ҳажми 0,7; 0,74; 0,785  $\text{м}^3/\text{м}^3$  миқдорларга тенг бўлади.

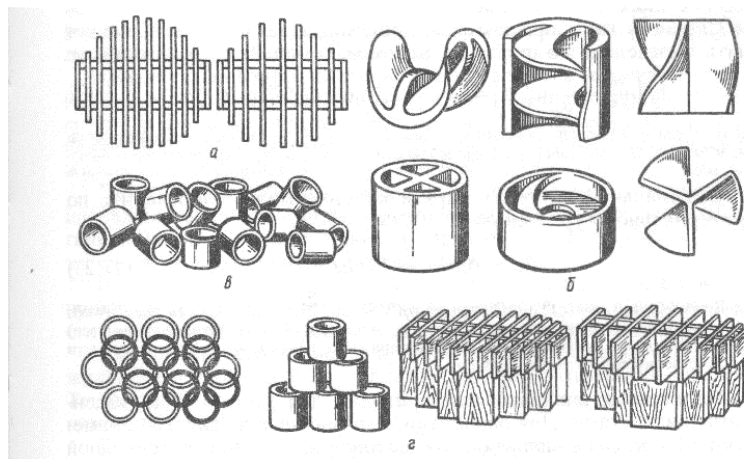
Насадкали абсорберларда тақсимловчи мослама орқали пуркалаётган суюқлик, газнинг кичик тезликларида, насадка устида юпқа қатлам кўринишида оқади. Насадқанинг хўлланган юзаси фазаларга тўқнашиш юза вазифасини бажаради. Шунинг учун, насадкали абсорберларни юпқа қатламли қурилмалар деб қараш мумкин. Суюқ фаза қурилмалар девори атрофида йиғилиб қолмаслиги учун насадка бир неча секцияга юкланади. Суюқликни бир текисда тақсимлаш учун секциялар орасида қайта тақсимлаш мосламалари ўрнатилади. Насадкали колонналарда газ ва суюқлик қарама - қарши ҳаракат қилади.

**Гидродинамик режимлар.** Абсорбция жараёнининг самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлиқ. Бу режимлар узатилаётган суюқлик миқдори (намлаш зичлиги) ва газ оқимининг тезлиги билан белгиланади. Қурилмада рўй берадиган режимлар насадка гидравлик қаршилигини газ оқимининг сохта тезлигига боғлиқлик функцияси сифатида тасвирланади (6-расм).

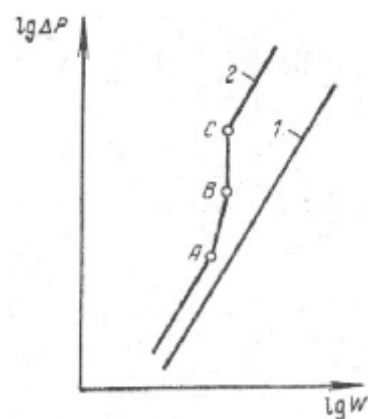
1 - режим – **юпқа қатламли режим** - газ оқимининг тезлиги кичик ва узатилаётган суюқлик миқдори кам бўлганда рўй беради. Суюқлик насадка бўйлаб юпқа қатлам кўринишида оқиб тушади. Юпқа қатламли режим биринчи ўтиш нуқтаси (А нуқта, 6-расм) да тамом бўлади ва у **осилиб туриш нуқтаси** деб номланади. Бу режимда фазалараро тўқнашиш юзаси кичик ва жараён самарадорлиги камроқ бўлади.

2 - режим - **осилиб туриш режими**. Бунда фазалар қарама - қарши йўналиши ҳаракати туфайли газ ва суюқлик орасидаги ишқаланиш кучлари ортади. Бу ҳол суюқликни насадқадан оқиб туриши тезлигини секинлаштиради, юпқа қатлам қалинлиги ва ундаги суюқлик миқдори ортади. Шу билан бирга фазалар орасидаги тўқнашиш юзаси кўпаяди, жараённинг самарадорлиги бир-мунча каттароқ бўлади. Бу режим иккинчи ўтиш нуқтаси (В) да тамом бўлади.

Шуни таъкидлаш керакки, осилиб туриш режимида қатламнинг секин оқиши бузилади; уюрма ва томчилар ҳосил бўлади, яъни барботаж ҳолатига ўтиш шароитлар туғилади. Юқорида қайд этилган масса алмашиниш жараёнини интенсивлаштиради.



5-расм. Насадка турлари. а - ясси параллел; б - керамик фасонли ва уларни жойлаш усуллари (в-бетартиб; г-тартибли)



6-расм. Насадка гидравлик

қаршилигининг колоннадаги газ тезлигига боғлиқлиги.

1 - қуруқ насадка; 2 - намланган

3 - режим - **эмульгацион режим** - насадканинг бўш хажмида суюқлик йиғилиши натижасида пайдо бўлади. Суюқлик йиғилиши кўтарилган газ ва оқиб тушаётган суюқлик орасидаги ишқаланиш кучи билан оғирлик кучи тенг бўлгунга қадар давом этади. Натижада «газ – суюқлик» дисперс системаси ва ташқи кўриниши бўйича барботажли (кўпикли) қатлам ёки газ суюқликли эмульсия хосил бўлади. Маълумки, қурилма кўндаланг кесимида юкланган насадка қатламининг зичлиги бир хил эмас. Шунинг учун, қатламнинг энг тор жойларида эмульгацион режим пайдо бўлиб бошлайди. Газ узатишни ўта аниқ ростлаш йўли билан насадка қатламининг бутун баландлигида эмульгацион режим ўрнатиш мумкин. Колоннанинг гидравлик қаршилиги кескин равишда ортади (BC кесма).

Шунинг учун, юқори босимда ишлайдиган абсорберларда гидравлик қаршилиқнинг таъсири суст ёки бўлмагани учун абсорбция жараёни эмульгацион режимда олиб борилади.

Эмульгацион режим самарали режим деб ҳисобланади. Бу режимда фазалар тўқнашиш юзаси катта бўлгани учун жараён жуда интенсив кечади.

Атмосфера босимида ишлатиладиган абсорберларда гидравлик қаршилиқ жуда юқори бўлгани учун, уларни юпқа қатламли режимда ишлатилиш мақсадга мувофиқдир.

Шундай қилиб, ҳар бир аниқ, шароит учун энг оптимал гидродинамик режим техник – иқтисодий ҳисоблашлар асосида топилади.

Агар, газ оқими тезлигини эмульгацион режим тезлигидан озгина оширсак, текилиб қолиш ҳодисасига дуч келаемиз.

Текилиб қолиш ҳолатига тўғри келадиган газ тезлиги проф. Касаткин А.Г. томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\lg \left( \frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{\text{бх}}^3} + \frac{\rho_G}{\rho} \mu^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \left( \frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left( \frac{\rho_G}{\rho} \right)^{0,125} \quad (8)$$

бу ерда  $a$  - насадканинг солиштирма юзаси,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;  $V_{\text{бх}}$  - насадканинг бўш хажми,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $L$  ва  $G$  – суюқлик ва газнинг массавий сарфлари;  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $w_T$  - текилиб қолиш тезлиги,  $\text{м}/\text{с}$ .

Колоннадаги газ ёки буғнинг оптимал тезлигини ушбу критериял тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$\text{Re} = 0,045 \cdot \text{Ar}^{0,57} \cdot \left( \frac{G}{L} \right)^{0,43} \quad (9)$$

бу ерда

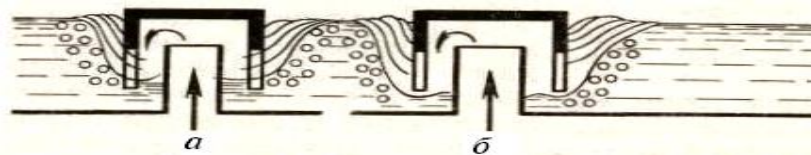
$$\text{Re} = \frac{w d_s \cdot \rho_G}{\mu_G}; \quad \text{Ar} = \frac{g d_s^3 \rho_G}{\mu_G^2} (\rho - \rho_G) \rho_G$$

$w$  - газ (ёки буғ) оптимал тезлиги;  $d_s$  - насадканинг эквивалент диаметри;  $\rho$  ва  $\rho_G$  – суюқлик ва газнинг зичлиги;  $\mu_G$  - газ (ёки буғ) динамик қовушоқлиги;  $G$  ва  $L$  – газ (ёки буғ) ва суюқлик массавий тезликлари.

4 – режим - **учиб чиқиш режимида** суюқ фаза колоннадан газ оқими билан ташқарига чиқа бошлайди. Ушбу режим саноатда ишлатиладиган қурилмаларда қўлланилмайди.

**Насадкаларни танлашда** уларнинг ўлчамларига катта аҳамият бериш керак. Агар, насадка элементлари қанчалик кичик бўлса, гидравлик қаршилиқ шунчалик кам ва газнинг тезлиги юқори бўлади. Бундай насадкали абсорберлар нархи нисбатан арзон бўлади.

Агар, абсорбер юқори босим остида ишлайдиган бўлса, кичик ўлчамли насадкалар қўлланилади. Чунки, бу турдаги қурилмаларда гидравлик қаршилиқнинг аҳамияти йўқ. Ундан, ташқари насадкаларнинг ўлчами кичик бўлганда, унинг солиштирма юзаси нисбатан катта бўлади



7-расм. Барботаж жараёни схемалари.

ва абсорбция жараёнида бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори кўп бўлади.

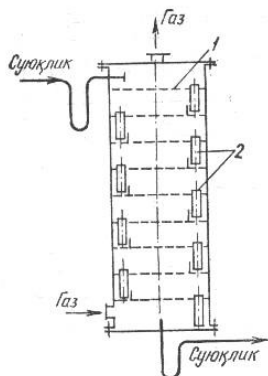
Абсорберларда газлар ютилиши пайтида ажралиб чиқадиган иссиқликни нейтраллаш қийин. Бундай қурилмалардаги иссиқликни камайтириш ва насадкалар хўлланишини ошириш мақсадида суюқликни насос ёрдамида рециркуляция қилиш зарур. Бу усулда ишлайдиган абсорберлар тузилиши мураккаблашади ва нархи ортади. Ундан ташқари, ифлосланган суюқликларни ажратиш учун қайновчи абсорберларда пластмассадан ясалган шарлар ишлатилиб, газ тезлиги ошиши билан мавхум қайнай бошлайди. Одатда, қайновчи абсорберларда газнинг тезлиги жуда катта бўлади, аммо қатламнинг гидравлик қаршилига жуда оз миқдорга ортади.

**Тарелкали абсорберлар** самарали ва энг кенг тарқалган қурилмалардан бўлиб, унинг ичида бутун баландлиги бўйича бир хил масофада бир нечта тарелкалар ўрнатилган. Тешикли тарелкалар орқали ҳам газ, ҳам суюқлик ҳаракатланади ва ундан ўтиш пайтида бир фазадан иккинчисига масса ўтади. Газ фазанинг суюқлик қатламидан ўтиши даврида пуфакча ва кўпикларнинг ҳосил бўлиш жараёни **барботаж** деб номланади. Суюқлик ва газ (ёки буғ) ни бири-бири билан тўқнашиши зарур бўлган ҳолларда барботаж қўлланилади. 7-расмда қалпоқчали насадкадан газ ёки буғнинг ўтиши тасвирланган.

Баробатаж асосан икки режимда кечиши мумкин: пуфакчали ва оқимчали. Газ ёки буғнинг сарфи кичик бўлса, пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бунда, газ пуфакчалари суюқлик қатламини битта-битта бўлиб ёриб чиқади. Пуфакчалар ўлчами барботёр тузилишига, суюқлик ва газ хоссаларига боғлиқ.

Агар, газ тезлиги ошириб берилса, оқимчали режим пайдо бўлади. Барботёрдан чиқаётган газ оқими шакли ва ўлчами ўзгармайдиган "машғала" ҳосил бўлади. Одатда, машғала баландлиги 30...40 мм дан ошмайди.

Тарелкали колонналар қалпоқчали, клапанли, пластиналар ва элаксимон тарелкали бўлади. Фазаларнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтишига қараб қуйилиш мосламали ва қуйилиш мосламасиз абсорберларга бўлинади.



### 8-расм. Қуйилиш мосламали тарелкали абсорбер.

8-расмда қуйилиш мосламали тарелкали абсорбер конструкцияси тасвирланган. Кўришиб турибдики, қуйилиш трубагининг пастки қисми қуйида жойлашган тарелка устидаги остонага тушиб туради ва гидравлик тамба вазифасини бажаради. Одатда, суюқ фаза қурилманинг тепа қисмидан тарелкага узатилади ва унинг пастки қисмидан чиқарилади. Газ фаза эса, қурилманинг пастидан узатилиб, тарелкалар орқали пуфакчалар кўринишида чиқиб кетади. Тарелкада ҳосил бўладиган газ – суюқлик кўпик қатламида асосий иссиқлик ва масса бериш жараёнлари юз беради. Абсорбция жараёнида тозаланган газ қурилманинг тепа қисмидан чиқиб кетади. Тарелка, қуйилиши трубага ва остона шундай жойлаштириладики, суюқ фаза албатта қарама - қарши йўналишда ҳаракат қилади.

**Тарелкали абсорберлар гидродинамик режими** маълумки, исталган конструкцияли тарелкаларнинг самарадорлиги унинг гидродинамик режимларига узвий боғлиқдир.

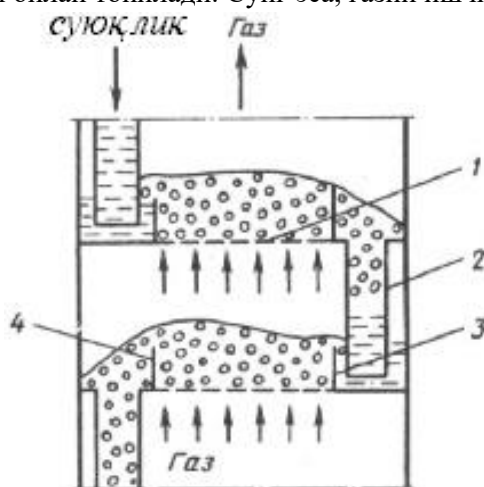
Газнинг тезлигига ва суюқликни пуркаш зичлигига қараб барботажли тарелкаларнинг 3 та асосий гидродинамик режими бўлади: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали (ёки инъекцион).

**Пуфакчали режим.** Газнинг тезликлари жуда кичик ва суюқлик қатламидан алоҳида пуфакчалар ҳолатида ўтиш даврида пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бу режимда

тарелкадаги фазалар контакт юзаси кам бўлади.

**Кўпикли режим.** Газ фазасининг тезлиги ортиши билан тешиклардан чиқаётган пуфакчалар кўшилиб оқимча ҳосил қилади. Тарелкадан маълум бир масофада қатлам қаршилиги туфайли оқимча бузилади ва кўп миқдордаги пуфакчаларга ажраб кетади. Натижада, "газ – суюқлик" дисперс система, яъни кўпик пайдо бўлади. Ушбу режимда газ ва суюқ фазалар тўқнашиши пуфакчалар ва газ оқимчаси, ҳамда суюқ томчилар сиртига тўғри келади. Кўпикли режимда барботажли тарелкаларда фазаларнинг тўқнашиши юзаси максимал миқдорга эгадир.

**Оқимчали (инжекцион режим).** Агар газ тезлиги янада оширилса, газ оқимчасининг узунлиги кўпаяди ва у барботаж қатлампан чикиб қолади. Шу билан бирга, барботаж қатлам бузилмайди ва кўп миқдорда йирик томчилар ҳосил бўлади. Бундай режимда фазаларнинг тўқнашиш юзаси кескин равишда камайиб кетади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, бир режимдан кейингисига ўтиш аста-секин бўлади. Барботажли тарелкалар гидравлик режимлари чегарасини ҳисоблашнинг умумий усуллари шу кунгача яратилмаган. Шунинг учун ҳам, тарелкали абсорберларни лойахалашда тарелка ишлашининг пастки ва тепа ораликлари учун ҳисоблаш йўли билан топилади. Сўнг эса, газни ишчи тезлиги топилади.



9-расм. Элаксимон тарелкали колонна.

1 - тарелка; 2 - қуйилиш мосламаси; 3, 4 - остоналар.

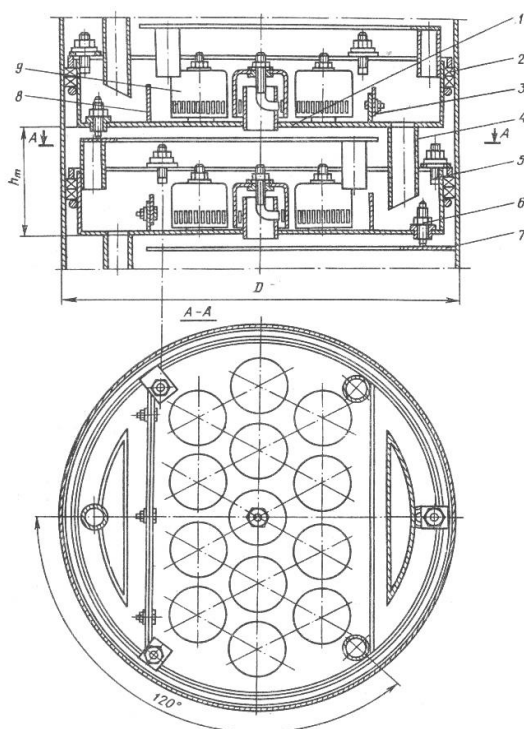
#### Элаксимон тарелкали абсорбер.

Бу турдаги қурилма 9-расмда тасвирланган.

Бу колонна горизонтал тарелка қуйилиши ва остоналардан таркиб топган бўлади.

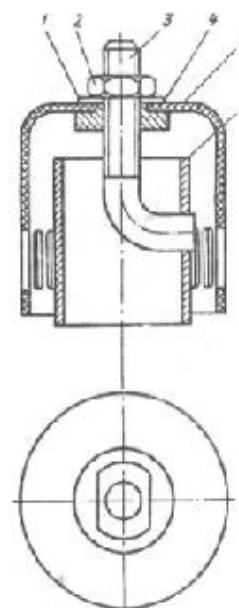
Одатда бу турдаги тарелка юзаси 1...5 мм ли тешиклардан иборатдир ва тарелкадан тушаётган кўпикни парчалаш учун остона тарелкадаги суюқлик сатҳини бир хил баландликда ушлаб туриш учун эса, остона 3 хизмат қилади. Суюқ фаза тепадаги тарелкага узатилади ва қуйилиши мосламаси 2 дан, ўтиб, қурилманинг пастки қисмидан чиқиб кетади. Газ фаза ҳар доим қурилманинг пастки қисмига киритилади ва тарелкалардан пуфакча шаклида ўтиб, юқори қисмидаги штуцердан чиқади.

**Қалпоқча тарелкали абсорбер.** Бу турдаги қурилма 10-расмдан келтирилган бўлиб капсула қалпоқча ва сегмент қуйилиш мосламасидан



**10-расм. Қалпоқчали тарелка.**

1-тарелка; 2-қистирма; 3-ростловчи қуйилиш остонаси; 4-қуйилиш патрубкиси; 5-болт; 6-ростловчи болт; 7-



**11-расм. Капсулали қалпоқча.** 1- шайба; 2- гайка; 3- болт; 4- втулка; 5- қалпоқча; 6- патрубка.



**12-расм. Клапанли тарелка.** 1 - клапан; 2 - кронштейн чеклагич; 3 - тарелка.

таркиб топган. Тарелка кўплаб дискдан иборат бўлиб, таянч халқага қистирма ёрдамида болтлар билан маҳкамланади.

Суюқ фаза юқорида жойлашган тарелкадаги остона 3 дан ўтиб, куйида ўрнатилган тарелкага тушади. Тарелка юзасида суюқликни бир меъёрда тақсимлаш учун остона 8 хизмат қилади. Суюқликни тарелка юзасида бир хил баландликда ушлаб туриш учун ростловчи остона 3 дан фойдаланилади. Газ тарелкаларга патрубкка 6 орқали кириб, бир неча оқимчалар холида қалпоқчалар тешигидан чиқиб бошлайди.

Қалпоқчадаги хаво тешиклари тишли бўлиб, тўғри учбурчак шаклида ясалади. Суюқлик қатлами орқали ўтаётган газ ёки буғ оқими алохида-алохида пуфакчаларга бўлиниб кетади. Тарелкалардан суюқлик қуйилиши патрубкиси 4 орқали тўкилади. Бу турдаги тарелкаларда газ кўпиклари ва пуфакчаларнинг хосил бўлиш интенсивлиги буғ (ёки газ) тезлиги ва тарелкадаги суюқлик қатлами баландлигига боғлиқ.

Тарелкада катта масса алмашиниш юзасини барпо қилиш учун ўрнатиладиган қалпоқчалар сони кўпайтирилади. Капсулали қалпоқчанинг бўйлама қирқими 11 - расмда келтирилган. Тарелка ва қалпоқчанинг пастки қисми орасидаги масофа втулка 4 ва гайка 2 ёрдамида амалга оширилади. Бу турдаги тарелкалар саноатда кенг қўламда қўлланилади. Элаксимон тарелкали абсорберларга қараганда қалпоқчали қурилмалар газ аралашмалари ифлос бўлганда ҳам узок муддатда барқарор ишлай олади. Ундан ташқари, газ ёки суюқ фазалар бўйича юклама катта миқдорда ўзгарса ҳам, қалпоқчали тарелка бир текисда яхши ишлайди. Ушбу тарелка камчиликлари: конструкцияси мураккаб, қиммат ва гидравлик қаршилиги юқори. Ундан ташқари, газ фаза сарфи кам бўлганда, қурилма самарадорлиги кескин равишда камайиб кетади.

**Клапанли тарелкалар.** Бу турдаги тарелкалар газ фазасининг тезлиги тез ўзгариб

турадиган жараёнларда қўлланиши мақсадга мувофиқдир.

Клапанли тарелкалар элаксимон ва қалпоқчали тарелкаларнинг яхши хоссаларини ўзида мужассам қилган (12-расм).

Клапанлар 1 думалоқ пластина шаклида, диаметри эса 40...50 мм бўлади. Кронштейн-чеклагич 2 даги тешик диаметри эса 30...40 мм ва улар орасидаги масофа эса - 70...150 мм га тенг. Клапанларнинг қўтарилиш баландлиги 6...8 мм. Клапанлардан ўтадиган газ оқимининг тезлигига қараб, клапан вертикал, тепага силжийди.

Газ ёки буғ бўйича юклама кенг қўламда ўзгарганда ҳам, клапанли тарелкалар бир меъёрда, барқарор ишлайди. Лекин, уларнинг гидравлик қаршилиги нисбатан юқори.

#### Оқимчали (ёки пластина) тарелкалар.

Бу турдаги тарелкалар қия, параллел пластиналар кўринишида тайёрланади (13-расм).

Қалпоқчали, клапанли ва оқимчали тарелкаларда фазаларнинг йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Газ ёки буғ тарелкадаги тешиклардан ўтади, суюқлик эса, горизонтал ҳаракатланиб, тарелкадан тарелкага қуйилиш мосламаси 5 орқали ўтади.

Юқорида қайд этилган тарелкалар самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлиқ. Газ (ёки буғ) тезлиги ва суюқлик сарфига қараб 3 хил режимлар мавжуд: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали. Хар бир режимда барботажли қатлам ўзига хос тузилишига эга бўлиб, у қатламнинг гидравлик қаршилиги ва масса алмашилиш юзаси катталигини характерлайди. Бундай тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги кам, уларни яшаш учун металл кам сарфланади ва таркибида ифлосликлар бўлган суюқликларни ҳам ишлатиш

13-расм. Оқимчали тарелкалар.

1 - гидравлик тамба; 2 – қуйилувчи тўсиқ; 3 - тарелка; 4 - пластина; 5– қуйилиш мосламаси.

мумкин. Ундан ташқари, бу тарелкали қурилмаларда жараённи ҳаракатга келтирувчи куч катта бўлади.

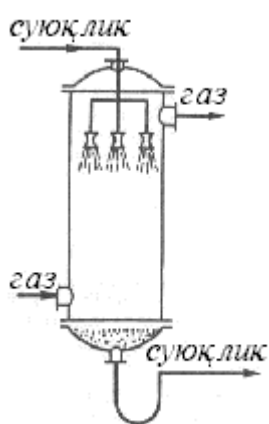
Оқимчали тарелкалар камчиликлари: тарелкага иссиқлик бериш ва ажралиб чиққан иссиқликни ажратиб олиш мураккаб; суюқлик сарфи нисбатан кам бўлгани учун, унинг самарадорлиги пастрок.

**Пурковчи абсорберлар.** Бу турдаги қурилмалар суюқ фазани – газ оқимига пурқаб бериш усули ёрдамида амалга оширилади. Пурковчи абсорберларга мисол бўла оладиган энг содда конструкцияси 14-расм келтирилган.

Бу абсорбер ичи бўш қобиқ ва суюқликни пурковчи механик форсункадан таркиб топган бўлади.

Суюқликни пурқаш пайтида масса ўтказиш коэффициентини энг катта миқдорга эга. Вақт ўтиши ва фазалар ўзаро таъсир юзаси камайганлиги сабабли жараён самарадорлиги пасаяди. Шунинг учун ҳам, кўпинча форсункалар қурилманинг бутун баландлиги бўйича ўрнатилади.

Одатда, пурковчи абсорберлар яхши эрийдиган газларни абсорбция қилиш учун ишлатилади. Пурковчи абсорберлар қаторига механик абсорберларни ҳам киритиш мумкин. Бундай қурилмаларда суюқлик айланма механизм ёрдамида сочиб берилади. Суюқликдаги тешикли дисклар кўзгалмас цилиндрик қобиқ ичида айланади. Натижада, диск ёрдамида суюқлик майда томчилар шаклида атрофга сочилади. Механик абсорберлар ихчам ва юқори самарали.



14-расм. Пурковчи абсорбер.

### Текшириш учун саволлар:

1. Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари қандай?
2. Қалпоқча тарелкали абсорбер авзалликлари ва камчиликлари?
3. Насадка турлари ва улар ўрнига яна қандай элементлар ишлатилиши мумкин?
4. Абсорбция жараёни деб нимага айтилади?
5. Адсорбциянинг моддий баланси ва кинетик қонуниятлари.
6. Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси қандай?

## 25-МАЪРУЗА ХАЙДАШ.

### РЕЖА:

1. Суюқликларни хайдаш.
2. Коновалов қонуни.
3. Фракцияли, дефлегмацияли, сув буғи билан хайдаш.

### Умумий тушунчалар

Икки ва ундан ортиқ учувчан компонентлардан таркиб топган бир жинсли суюқлик аралашмаларини ажратиш учун қўлланиладиган усуллардан энг кенг тарқалганлари хайдаш ва ректификациядир.

Хайдаш ва ректификация жараёнлари кимё, озик - овқат ва бошқа саноатларда жуда кенг қўламда ишлатилади. Масалан, техник ва озик - овқат этил спиртларини, ароматик моддалар ишлаб чиқаришда, ҳамда аралашмаларни дағал ажратиш учун қўлланилади. Жуда тўла ажратиш учун ректификация жараёнидан фойдаланилади.

Хайдаш ва ректификация жараёнлари бир хил температурада аралашма компонентларининг турли учувчанлигига асослангандир. Юқори учувчанликка эга компонент *енгил учувчан*, паст учувчанликка эга *компонент қийин учувчан* деб номланади. Демак, енгил учувчан компонент қийин учувчанга қараганда пастроқ температурада қайнайди. Шунинг учун ҳам, улар паст ва юқори температурада *қайнайдиған компонентлар* деб аталади.

Хайдаш ёки ректификация жараёнида бошланғич аралашма енгил учувчан компоненти билан бойитилган *дистиллят* ва қийин учувчан компонент билан бойитилган *куб қолдигига* ажралади. Хайдаш жараёнида хосил бўлган буғ конденсатор - дефлегматорга конденсациялаш натижасида дистиллят олинади. Қурилма кубида эса - куб қолдиғи қолади.

### Хайдаш ва ректификация жараёнларининг назарий асослари

Энг оддий аралашма 2 та компонентдан таркиб топган бўлади ва у *бинар аралашма* деб аталади. Бинар аралашманинг эркинлик даража сони қуйидагига тенг:

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

бу ерда  $K$  - компонентлар сони;  $\Phi$  - фазалар сони.

Система ҳолатини учта бир - бирига боғлиқ бўлмаган параметр белгилайди: босим  $p$ , температура  $t$  ва концентрация  $x$ . Агар, исталган иккита параметр танланса, учинчисини аниқлаш қийин эмас. Демак, мувозанат чизигини исталган иккита ўзгарувчи параметр орқали ифодалаш мумкин, яъни  $p$  ва  $x$ ,  $t$  ва  $x$ ,  $p$  ва  $t$ ,  $x$  ва  $y$ .

Маълумки, суюқлик аралашмалари ўзларининг физик-кимёвий характеристикалари бўйича катта фарқ қилади.

- Компонентларнинг ўзаро эришига қараб, бинар аралашмаларни 3 гуруҳга бўлиш мумкин:
- компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар;
  - компонентлари ўзаро эримайдиган аралашмалар;



- компонентлари қисман эрувчан аралашмалар.

Компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар ўз навбатида идеал ва ҳақиқий эритмаларга бўлинади.

**Идеал аралашмалар** деб эритма таркибидаги компонент олинishi натижасида иссиқлик ажраб чиқмайдиган ёки ютилмайдиган ва ҳажми ўзгармайдиган аралашмаларга айтилади.

Енгил учувчан  $A$  ва қийин учувчан  $B$  компонентли бинар, суюқ аралашмани кўриб чиқамиз.  $A$  ва  $B$  тоза компонентлар тўйинган буғларининг босимини  $P_A$  ва  $P_B$  деб белгилаймиз.

Маълумки, идеал аралашмалар Рауль қонунига бўйсинади. Ушбу қонунга биноан, суюқлик устидаги тоза компонентнинг буғ босими унинг суюқликдаги моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P_A \cdot x ; \quad p_B = P_B(1-x) \quad (1)$$

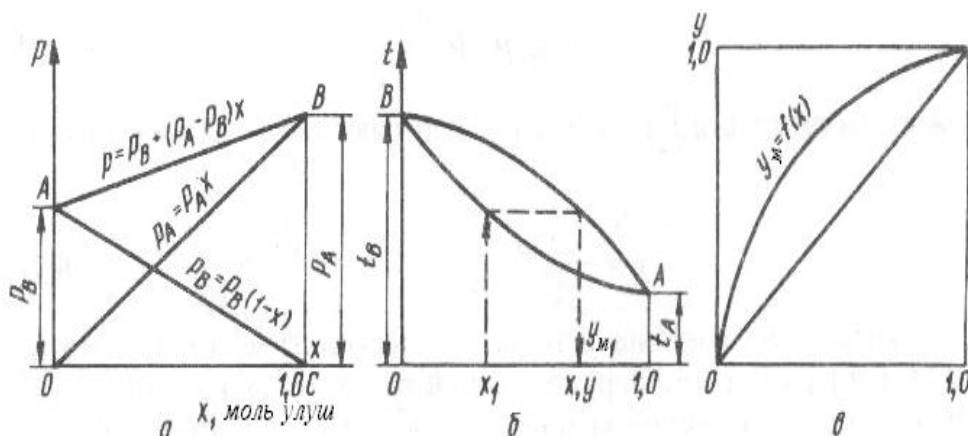
бу ерда  $p_A, p_B$  -  $A$  ва  $B$  компонентларнинг парциал босими;  $x, (1-x)$  - суюқ аралашмадаги  $A$  ва  $B$  компонентларнинг моль улуш.

**Дальтон қонунига** биноан системадаги умумий босим, парциал босимлар йиғиндисига тенг:

$$P = P_A \cdot x + P_B(1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (2)$$

бундан

$$x = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}$$



**1-расм. Идеал аралашмалар учун суюқлик-буғ мувозанат**

**диаграммаси.** а - аралашма устидаги компонент парциал босими ва

(1) ва (2) тенгламалардан кўриниб турибдики, бир хил ўзгармас температурада суюқлик аралашмаси устидаги компонентлар парциал ва буғларнинг умумий босими енгил учувчан компонентнинг моль улуши  $x$  билан тўғри чизикли боғлиқликда бўлади.

1-расмда компонентлар парциал босими ва умумий босим изотермалари тасвирланган.

**OB** ва **CA** тўғри чизиклар компонентлар парциал босими ( $p_A$  ва  $p_B$ ) ни, **AB** эса - суюқлик устидаги умумий босим ўзгаришини ифодалайди. **OA** ва **CB** вертикал кесмалар тоза компонентлар тўйинган буғ и босими ( $P_A$  ва  $P_B$ ) ни кўрсатади.

Дальтон қонунига кўра, буғдаги компонентнинг парциал босими, ундаги шу компонент моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P \cdot y ; \quad p_B = P \cdot (1-y) \quad (3)$$

бу ерда  $P$  - система умумий босим;  $y, (1-y)$  - буғ аралашмасидаги  $A$  ва  $B$  компонентлар моль улуши.

Мувозанат шароити учун:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y ; \quad P_B(1-x) = P \cdot (1-y) \quad (4)$$

бундан

$$y = \left(\frac{P_A}{P}\right)x \quad \text{ёки} \quad 1-y = \left(\frac{P_B}{P}\right) \cdot (1-x) \quad (5)$$

Одатда, хайдаш ва ректификация жараёнлари изобарик жараёнда ўтказилади. Шунинг учун,  $P = const$  бўлган ҳолатдаги бинар аралашмани кўриб чиқамиз.

Бунда мувозанат чизиғини  $t - x$ ,  $y$  ёки  $y - x$  координатларда тасвирлаш мумкин. Агар, температура маълум бўлса ва  $x$ ,  $y$  катталиклари ҳисоблаб топилса, системадаги мувозанатни ифодаловчи диаграммани қуриш мумкин. Диаграммадаги пастки чизиқ (1 б-расм) суюқ аралашманинг қайнаш температурасини, юқори чизиқ эса - буғ аралашмани конденсациялаш температурасини ифода қилади.  $x = 0$  ва  $x = 1,0$  да ордината ўқларидаги кесмалар, қийин ва енгил учувчан компонентлар қайнаш температурасини кўрсатади.

Суюқликнинг маълум таркиби  $x_1$  бўйича буғ таркибини аниқлаш учун суюқлик концентрациясига тегишли абсцисса ўқидаги нуқтадан қайнаш чизиғи билан кесишгунча вертикал чизиқ ўтказилади. Сўнг эса, кесилиш нуқтасидан буғ конденсацияланиш чизиғи билан кесишгунча горизонтал чизиқ ўтказилади. Кесилиш нуқтасининг абсцисса ўқидаги қиймати буғнинг мувозанат таркиби  $y_{p1}$  ни беради.

1 б-расмда кўриниб турибдики, бир хил қайнаш температурасида буғдаги енгил учувчан компонент концентрацияси унинг суюқлик буғлари мувозанат концентрациясидан катта бўлади. «Суюқлик - буғ» системанинг бу хоссаси **Конваловнинг биринчи қонунига** бўйсунади, яъни эритма билан мувозанатда бўлган буғ доим ўзида шундай компонентни ортикча ушлайди, бунда эритмага шу компонентдан қўшилганда унинг қайнаш температураси камаёди. Масалан, этил спиртига сув қўшилса, системанинг қайнаш температураси пасаяди. Конваловнинг 1-қонунига биноан, эритманинг қайнаши даврида сув буғи фазасининг спирт буғлари билан бойиши содир бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблаш учун  $y - x$  диаграммадан фойдаланиш қулайдир (1в-расм).

$y_m = f(x)$  функция қуйидаги тенгламага мос келади

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (6)$$

ҳамда, суюқ ва буғ фазалар мувозанат таркиблари орасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Компонентлар нисбий учувчанлиги:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

маълум бўлса, идеал аралашмалар мувозанат чизиғини ҳисоблаш ва қуриш мумкин.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (7)$$

Фақат енгил учувчан компонентлардан таркиб топган суюқлик билан шу компонентдан таркиб топган буғ мувозанат ҳолатида бўлади. Мувозанат чизиғининг энг четки нуқталари квадратнинг қарама - қарши бурчакларида жойлашган. Квадрат диагонали ва мувозанат эгри чизиғи суюқ ва буғ фазаларнинг мавжуд бўлиш соҳаларини чегаралайди.

#### **Оддий хайдаш**

Суюқлик аралашмаларини бир маротаба қисман буғлатиш йўли билан ажратиш жараёни **оддий хайдаш** деб номланади. Оддий хайдаш жараёнини эритма компонентлари учувчанлиги

орасидаги фарк катта бўлган ҳоллардагина қўллаш мақсадга мувофиқ ва юқори самара беради. Оддий хайдаш қуйидаги усулларда амалга оширилади: фракцияли хайдаш; дефлегмация билан хайдаш; сув буғи билан хайдаш; молекуляр хайдаш.

**Фракцияли хайдаш** Бу усул хайдаш кубидagi эритмани аста-секин буғлатиш йўли билан олиб бориладиган ажратиш жараёнидир (2-расм).

Жараён давомида ҳосил булаётган буғ конденсатор 2 га узатилади ва у ерда конденсацияланиб, дистиллят ҳолатида йиғич 3 га юборилади. Жараён тугагандан сўнг, куб 1 даги куб қолдиғи чиқариб ташланади. Куб 1 тўйинган сув буғи ёки тутун газлари билан қиздирилади.

Эритмани хайдаш жараёнида куб қолдиғида енгил учувчан компонент миқдори ва дистиллят таркибидаги миқдори максимал қийматдан минималгача камади. Шунинг учун, ҳар хил таркибли дистиллят фракциялари турли йиғичларга ажратиб олинади. Ҳар хил таркибли маҳсулот олишга мўлжалланган эритмаларни ажратиш олиш усули **фракцияли хайдаш** деб номланади.

Оддий хайдаш даврида ҳосил булаётган буғ кубдан чиқариб олинади ва ҳар бир онда кубда қолган эритма билан мувозанатда бўлади.

Бу усулда хайдаш атмосфера ёки вакуум остида олиб борилади. Вакуум остида хайдаш усули иссиқликка чидамсиз эритмаларни ажратиш имкониятини яратади, чунки бу усулда қайнаш температураси пасаяди. Шунинг учун ҳам бу усулда хайдаш даврида паст температурали сув буғларидан фойдаланилади.

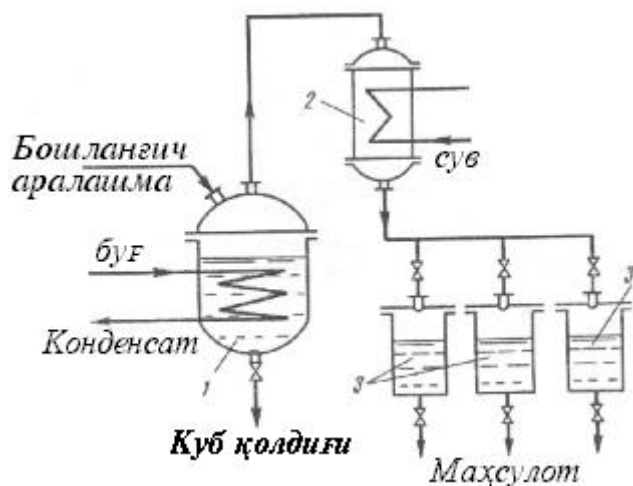
Дистиллятнинг ўртача таркиби моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$Fx_f = Wx_w + (F - W)x_{dyp}$$

бундан

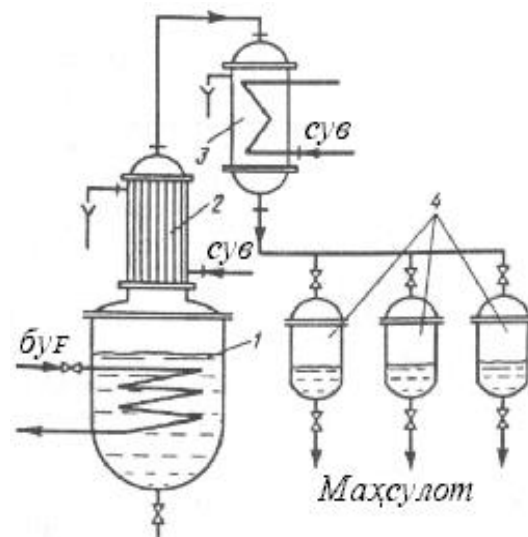
$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (8)$$

бу ерда  $F$  - бошланғич эритма миқдори;  $x_f$  - бошланғич эритма



2-расм. Оддий хайдаш қурилмаси.

1 - куб; 2 - конденсатор; 3 - дистиллят



3-расм. Дефлегмацияли оддий хайдаш қурилмаси. 1 - куб; 2 - дефлегматор; 3 - конденсатор; 4 - йиғичлар.

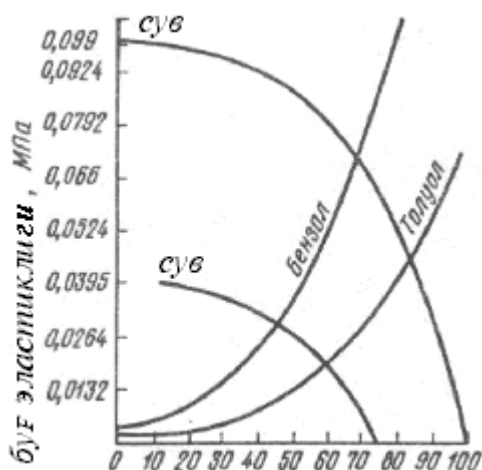
концентрацияси;  $W$  - куб қолдиғи миқдори;  $x_w$  - куб қолдиғи концентрацияси.

**Дефлегмация билан хайдаш** Бу усул эритмаларни ажратиш даражасини кўтариш учун қўлланилади (3-расм).

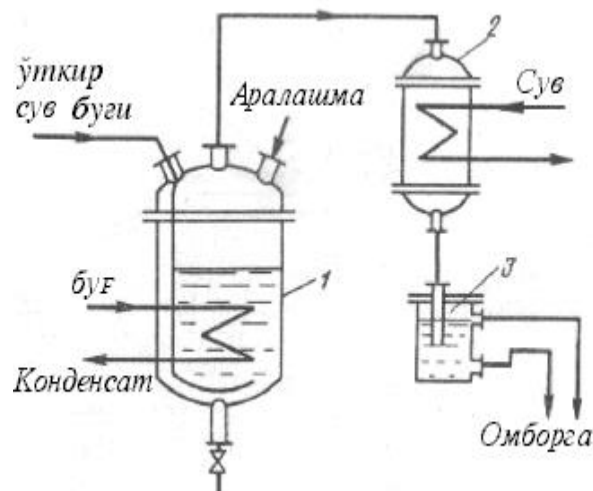
Бу усулда, куб 1 да ҳосил бўлган буғлар дефлегматор 2 га узатилади ва у ерда қисман конденсацияланади. Қисман конденсацияланиш даврида қийин учувчан компонент миқдори кўп бўлган флегма ҳосил бўлади ва қайтадан кубга туширилади. Куб 1 га тушиш вақтида кўтарилаётган буғлар билан ўзаро таъсирида бўлади.

Энгил учувчан компонент миқдори юқори бўлган буғлар конденсаторга йўналтирилади. Конденсацияланиш натижасида ҳосил бўлган дистиллят йиғич 4 га тушади. Куб қолдигининг концентрацияси ўрнатилган  $x_0$  қийматига етганда сўнг, кубдан чиқариб юборилади.

**Сув буғи билан хайдаш** Эритмалар қайнаш температурасини пасайтириш учун жараёни вакуум остида ташкил этиш усули олдиндан маълум эди. Лекин, эритмаларни сув буғи билан хайдаш усулида ҳам қайнаш температурасини пасайтириш мумкин. Айниқса, бу усул қайнаш температураси  $100^{\circ}\text{C}$  дан ортиқ бўлган ва компонентлари сувда эримайдиган эритмалар учун жуда қўл келади. Шунинг учун, эритма компонентлари сувда эримаса, унда хайдаш кубига қўшимча компонент сифатида сув буғи юборилади.



**4-расм.** Сув буғи билан хайдаш пайтида қайнаш температурасини аниқлаш диаграммаси.



**5-расм.** Сув буғи билан оддий хайдаш қурилмаси. 1 - куб; 2 - конденсатор; 3 - сепаратор.

4-расмда сув буғи билан оддий хайдаш даврида қайнаш температурасини аниқлаш диаграммаси келтирилган. Бу диаграммада қайнаш температурасига суғу буғининг эластиклик эгри чизиғи билан турли суғуқликлар эластиклик эгри чизиқлари кесишган нуқтаси тўғри келади. Графикдан кўриниб турибдики, атмосфера босимида бензолни сув билан хайдаш пайтида жараён температураси  $69,5^{\circ}\text{C}$ , босим  $p = 0,0395$  МПа да  $46^{\circ}\text{C}$  атрофида, босим  $p = 0,1$  МПа да толуол учун эса -  $85^{\circ}\text{C}$ .

5-расмда аралашмаларни сув буғи билан хайдаш қурилмасининг схемаси келтирилган.

Бошланғич эритма куб 1 га юкланади ва унинг филофига суғу буғи юборилади. Сўнг, куб ичидаги эритмага барботер орқали кучли суғу буғи хайдалади. Эритманинг қайнаш пайтида ҳосил бўлган буғлар конденсатор 2 га узатилади ва ундан кейин сепаратор 3 да конденсат ажратилади. Сепаратордан суғу чиқарилади, сувда эримайдиган энгил учувчан компонент эса махсус идишга йиғилади. Одатда бу усул мувозанат бўлмаган шароитларда амалга оширилади.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Суғуқликларни хайдаш деб нимага айтилади?
2. Хайдаш усуллари қандай?
3. Коновалов қонуни ҳақида нима биласиз?

## 26-МАЪРУЗА. РЕКТИФИКАЦИЯ.

#### РЕЖА:

1. Ректификация.
2. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари.
3. Ҳақиқий флегма сони.
4. Ректификацион колонна ишчибаландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш.

5. Ректификацион колонналар конструкциялари.
6. Ректификацион қурилмаларни ҳисоблаш.

## Ректификация

Суюқлик аралашмаларини ташкил этувчи компонентларга бир неча марта қисман буғлатиш ва буғларни конденсациялаш натижасида ажратишга **ректификация** дейилади.

Одатда, эритмаларни тўла ажратишни фақат ректификация усули таъминлайди. Бу жараён насадқали ёки тарелкали колонналарда ўтказилади. Колоннада буғ ва эритма қарама - қарши йўналишда ҳаракатлантирилади ва ҳар бир тўқнашиш мосламасида буғ конденсацияланса, эритма эса буғнинг конденсацияланиш иссиқлиги ҳисобига қисман буғланади.

Шундай қилиб, буғ енгил учувчан компонент билан, колоннадан пастга оқиб тушаётган суюқлик эса - қийин учувчан компонент билан бойитилади. Буғ ва эритманинг кўп марта тўқнашиши ҳисобига дистиллят бутунлай енгил учувчан, куб қолдиғи эса - қийин учувчан компонентдан таркиб топган бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблашда қуйидаги тахминлар қабул қилинади:

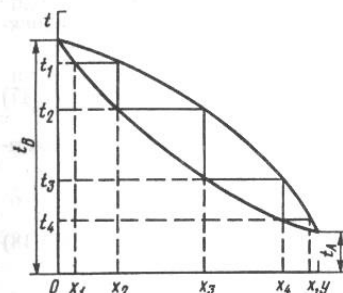
а) 1 кмоль буғ конденсацияланиш даврида 1 кмоль суюқлик буғланади. Демак, ректификацион колоннанинг исталган кўндаланг кесимида ҳаракатланаётган буғнинг миқдори бир хилдир;

б) дефлегматорда конденсацияланаётган буғнинг таркиби ўзгармайди. Демак, ректификацион колоннадан чиқиб кетаётган буғнинг таркиби дистиллятникига тенг ( $y_d = x_d$ ) бўлади;

в) эритма буғланиши даврида унинг таркиби ўзгармайди. Демак, буғланиш даврида ҳосил бўлган буғнинг таркиби куб қолдиғиникига тенглашади, яъни ( $y_w = x_w$ ).

Кўпинча ректификация жараёни  $t - x, y$  диаграмма ёрдамида тасвирланади (1-расм).

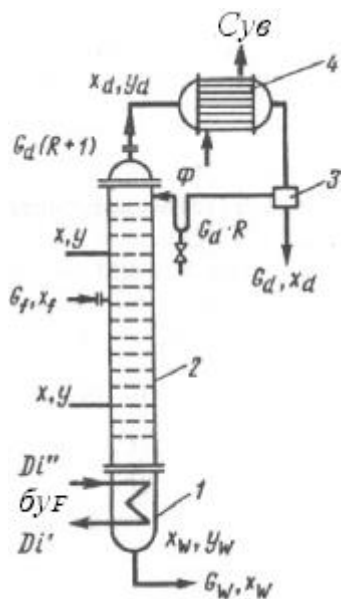
Концентрацияси  $x_1$  бўлган бошланғич эритма қайнаш температураси  $t_1$  гача қиздирилганда, суюқлик билан мувозанатдаги буғ олинади ва у конденсацияланганда енгил учувчан компонентга бойитилган  $x$  таркибли суюқлик ҳосил бўлади. Ушбу суюқлик яна қиздирилса ва унинг температураси  $t_2$  гача етказилса, ҳосил бўлган буғнинг конденсацияланиши натижасида  $x_3$  таркибли суюқликни оламиз. Шундай қилиб, буғланиш ва конденсациялаш жараёни кўп марта қайтарилса, бошланғич эритмани тоза, енгил ва қийин учувчан компонентларга ажратиш мумкин.



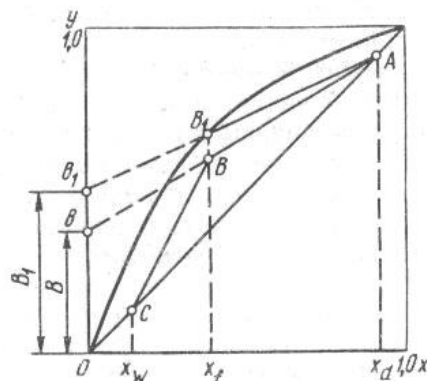
1-расм.  $t - x, y$  - диаграмма.

### Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари

Жараённинг принципиал схемаси асосида ректификациянинг моддий ва иссиқлик баланслари тузилади (2-расм). Ректификацион колоннага узатилган бошланғич эритма дистиллят ва куб қолдигига ажратилади.



2-расм. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик балансларини тузишга оид.



3-расм. Ректификация жараёни ишчи чизиғининг тасвири.

Коллоннадан чиқаётган буғлар дефлегматор 4 да конденсацияланади ва ажратувчи идиш 3 га тушади. Бу ерда суюқлик икки қисмга, яъни флегма  $\Phi$  ва дистиллятга ажратилади. Флегма колоннада пуркатилиш учун йўналтирилади.

Жараён моддий баланси ушбу кўринишга эга:

$$G_f = G_d + G_w \quad (1)$$

Энгил учувчан компонент бўйича эса:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (2)$$

бу ерда  $G_f$ ,  $G_d$ ,  $G_w$  - бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиги массалари, кмоль;  $x_f$ ,  $x_d$ ,  $x_w$  - бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиқларидаги энгил учувчан компонентнинг концентрациялари, моль улушлар.

(1) ва (2) тенгламалардан дистиллят ва куб қолдигининг массалари аниқланади:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (3)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (4)$$

Бошланғич эритма, куб қолдиги ва флегмаларнинг 1 кмоль дистиллятга нисбатларини куйидагича белгилаб оламиз:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \quad \frac{G_w}{G_d} = W; \quad \frac{\Phi}{G_d} = R$$

Флегма микдорининг дистиллят микдорига нисбати **флегма сони** деб номланади.

Ректификацион колоннанинг таъминлаш тарелкаси уни 2 га ажратади: юқори ва пастки қисмларга.

Умумий тенглама асосида колоннанинг юқори ва пастки қисмлари учун моддий баланс тенгламаларини тузамиз:

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \quad (5)$$

бу ерда  $L = R \cdot G_d$  - колонна юқори қисмида оқиб тушаётган суюқлик микдори.

Колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган буғ микдори:

$$G = G_d + \Phi = G_d + R G_d = G_d(1 + R) \quad (6)$$

Колоннанинг юқори қисми учун:

$$(R + 1) \cdot dy = R \cdot (-dx) \quad (7)$$

Пастки қисми учун:

$$(R + 1) \cdot dy = (F + R) \cdot (-dx) \quad (8)$$

Концентрациялари  $x, y$  бўлган колонна юқори қисмининг исталган кўндаланг кесими ва концентрациялари  $x_d, y_d$  бўлган колоннанинг юқори қисми учун (7) тенгламани ёзамиз: ( $x_d = y_d$  деб қабул қилинган ҳолда)

$$(R + 1) \cdot (y_d - y) = (R + 1) \cdot (x_d - y) = R \cdot (x_d - x)$$

Бундан

$$y = \frac{R}{R + 1} x + \frac{x_d}{R + 1} \quad (9)$$

Концентрацияси  $x, y$  бўлган колоннанинг пастки қисми ва концентрациялари  $x_w, y_w$  бўлган кубнинг исталган кўндаланг кесими учун,  $x_w = y_w$  ни ҳисобга олиб (8) тенгламани ёзамиз:

$$(R + 1) \cdot (y - y_w) = (R + 1) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

ёки

$$y = \frac{R + F}{R + 1} x - \frac{F - 1}{R + 1} x_w \quad (10)$$

Кўришиб турибдики (9) ва (10) тенгламалар тўғри чизикни ифодалайди. (9) тенгламадаги  $R/(R + 1) = \text{tg } \alpha$  - ишчи чизикнинг абсцисса ўқида оғиш бурчаги тангенс  $x_d/(R + 1) = B$  чизик  $y - x$  диаграмма ордината ўқида ажратган кесмаси (3-расм).

Шундай қилиб, (9) ва (10) тенгламалар ректификацион колоннанинг юқори ва пастки қисмларининг ишчи чизик тенгламаларини ифодалайди.

Агар, жараён даврий бўлса, ректификация жараёни колонна юқори қисмининг ишчи чизиғи билан ифодланади.

(7) тенгламадан колоннанинг таъминловчи тарелка кўндаланг кесими ва тепаси учун куйидаги ифодани оламиз:

$$(R + 1) \cdot (x_d - y_f) = R \cdot (x_d - x_f) \quad (11)$$

бундан

$$R = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} \quad (12)$$

### Хақиқий флегма сони

Хақиқий флегма сонини танлаш ўта мураккаб масаладир, чунки унинг миқдорига қараб ректификацион колонна ўлчамлари ва иссиқлик элтиқичлар сарфи ўзгаради. Колонналарни ишлатиш учун зарур сарфлар ва капитал харажатлар, ҳамда энергетик сарфлар флегма сонига боғлиқ.

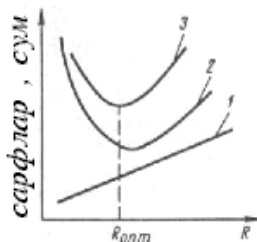
4-расмда хақиқий флегма сонининг ректификация жараёни сарфларига боғлиқлиги тасвирланган.

Кўришиб турибдики, флегма сони ортиши билани эксплуатацион сарфлар пропорционал равишда ортади. Капитал сарфларнинг флегма сонига боғлиқлиги колонна диаметри ва баландлигига тесқари пропорционаллиги билан ифодаланади. Флегма сонининг маълум бир қийматига капитал сарфларнинг минимал катталиги тўғри келади.

Умумий сарфлар ва флегма сони орасидаги боғлиқлик ҳам минимум нуқтаси билан характерланади. Бу нуқтага мос  $R$  хақиқий флегма сонининг оптимал қийматига тенг бўлади.

Хақиқий флегма сонини қуйидаги формулада ҳисоблаш мумкин:

$$R_x = \beta_R R_{\min}$$



бу ерда  $\beta_R$  - флегма ортиқчалигини ифодаловчи коэффициент. Кўпчилик ҳолларда ушбу коэффициент қуйидаги ораликда бўлади -  $\beta = 1,04 \dots 1,5$ .

#### 4-расм. Ректификация жараёнига

#### бўлган сарфларнинг флегма сонига

#### боғлиқлиги. 1- эксплуатацион

сарфлар; 2- капитал сарфлар; 3- умумий

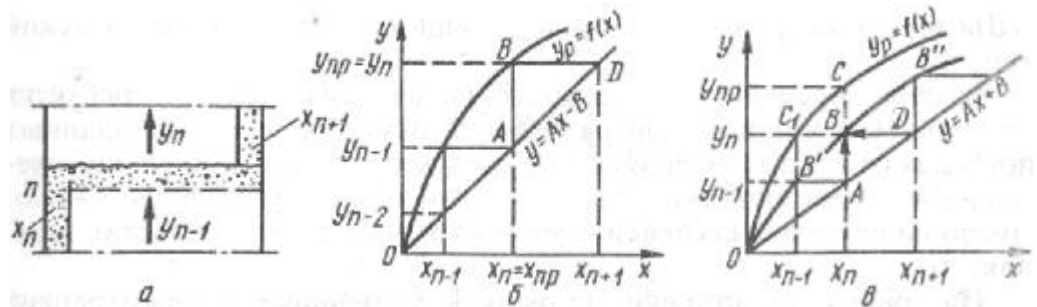
#### Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш

Одатда ушбу параметрларни аниқлаш концентрациялар ўзгаришининг назарий ёки хақиқий поғоналари сонига қараб олиб борилади. Бунда, назарий поғонада буғ ва оқиб тушаётган суюқлик мувозанат ҳолатида бўлади.

Барботаж тарелкасининг ишлаш принципини кўриб чиқамиз (5-расм).

Агар, концентрацияси  $x_{n+1}$  бўлган суюқлик юқоридан  $n$  - тарелкага оқиб тушса, пастдаги тарелкадан концентрацияси  $y_{n-1}$  бўлган буғ кўтарилади. Масса алмашилиш натижасида суюқликдаги энгил учувчан компонент буғга ўтса, қийин учувчан эса - буғдан суюқликка ўтади. Буғдаги энгил учувчан компонент концентрацияси  $y_n$  гача ортса, суюқликда эса  $x_{n+1}$  дан  $x_n$  гача камади.





5-расм. Тарелкалар сонини аниқлашга оид. а - тарелкада буғ ва суюқликнинг ўзаро таъсири; б - буғ ва суюқлик мувозанатга эришиш жараёнини у-х диаграммада

Жараёни таҳлил қилишда қуйидаги тахминларни қабул қиламиз: тарелкадаги суюқлик идеал аралаштирилган ва унинг концентрацияси ўзгармас  $x_n$  га тенг; идеал сиқиб чиқариш режимидаги суюқлик қатламида буғнинг концентрацияси  $y_{n-1}$  дан  $y_n$  гача ўзгаради.

Буғ концентрацияси  $y_{n-1}$  дан  $y_n=y_{np}$  гача ўзгариши даврида мувозанатга эришиши вертикал  $AB$  кесма билан тасвирланса, концентрациясининг  $x_{n+1}$  дан  $x_n$  гача ўзгариши эса,  $BD$  кесма билан характерланади (5б-расм). Шундай қилиб,  $ABD$  поғона битта назарий тарелкада содир бўлаётган жараёни ифодалайди.

Ректификацион колоннада ўрнатиш зарур бўлган назарий тарелкалар сонини аниқлаш учун ишчи ва мувозанат эгри чизиқларининг  $A$  ва  $C$  нуқталари орасига поғоналар қурилади.

Колоннанинг ҳақиқий тарелкасида ҳеч қачон мувозанат концентрациясига эришиб бўлмайди, яъни  $y_n < y_{np}$  (5 в-расм).

Колоннадаги ҳақиқий тарелкалар сонини аниқлаш учун фойдали иш коэффициенти қўлланилади. Одатда унинг катталиги тажрибавий усул билан топилади. Ректификация жараёнида масса бериш коэффициенти хисоблаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилади:

суюқ фазада:

$$Nu_{ДС} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{Дс}^{0,45} \quad (13)$$

элаксимон тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 2,5 \cdot Re_{Г}^{0,72} \cdot Pr_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (14)$$

қалпоқчали тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 0,265 \cdot Re_{Г} \cdot Pr_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (15)$$

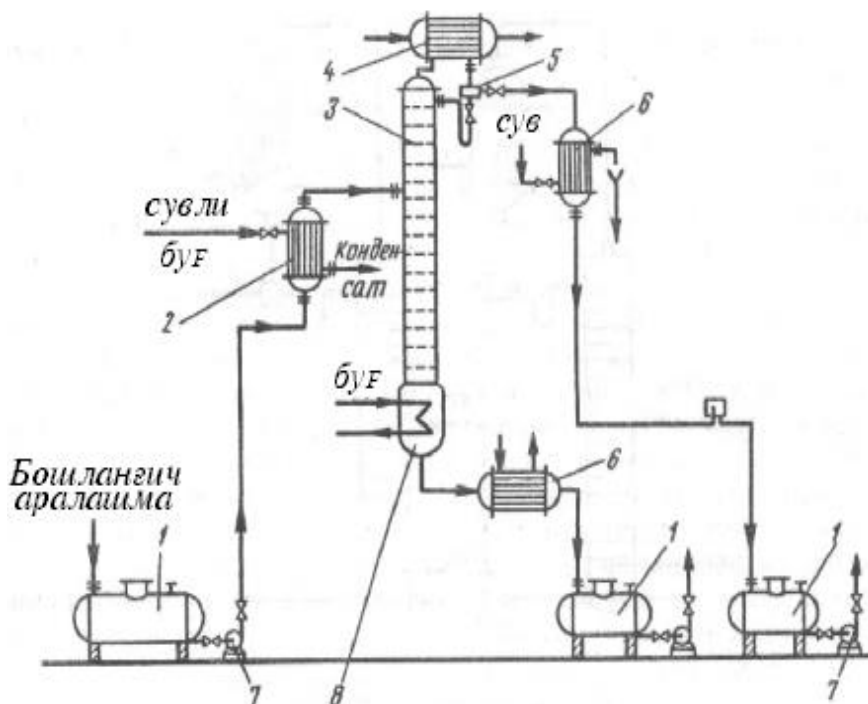
(14) ва (15) тенгламалардаги  $Nu_{де}$  ва  $Re_e$  критерийларда аниқловчи ўлчам сифатида капилляр константа  $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$  хисобланади. Вебер критерийси  $We = (\sigma / \rho_c) h_{cm}^2 g$ ,

бу ерда  $\sigma$  - сиртий таранглик, Н/м;  $h_{ст}$  - тарелкадаги суюқлик қатламининг статик баланлиги, м.

Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг принципиал схемаси 1-расмда кўрсатилган. Бошланғич эритма иситкич 2 да қиздирилади ва колоннанинг таъминловчи тарелкасига узатилади. Колоннадаги қайнаткич 8 нинг иссиқлиги таъсирида ректификация жараёни содир бўлади, эритма дистиллят ва куб қолдигига ажралади. Колоннадан чиқётган буғлар дефлегматор 4 да қисман ёки тўла конденсацияланади. Агар буғ тўла конденсацияланса, ҳосил бўлган дистиллят ажратувчи мослама 5 да икки қисмига бўлинади.

Биринчи қисм - флегма суюқлик тамбаси орқали ўтиб колоннанинг юқори тарелкасида пуркалади, иккинчи қисми эса - дистиллят совуткич 6 дан ўтказилиб совутилади ва йиғич 1 да тўпланади.

Агар, буғлар дефлегматорда қисман конденсацияланса, улар конденсатор-совуткич орқали ўтказилади, у ерда конденсацияланади ва совутилади. Жараён мобайнида ҳосил бўлаётган куб



**1-расм. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна.** 1 - йиғич; 2 - иситкич; 3 - ректификацион колонна; 4 - дефлегматор; 5 - ажратувчи мослама; 6 - совуткич; 7 - насослар; 8 - қайнаткич.

қолдиғи унинг қимматлиги ва зарурлигига қараб ёки йиғичда тўпланади, ёки оқова сув сифатида утилизацияга йўналтирилади.

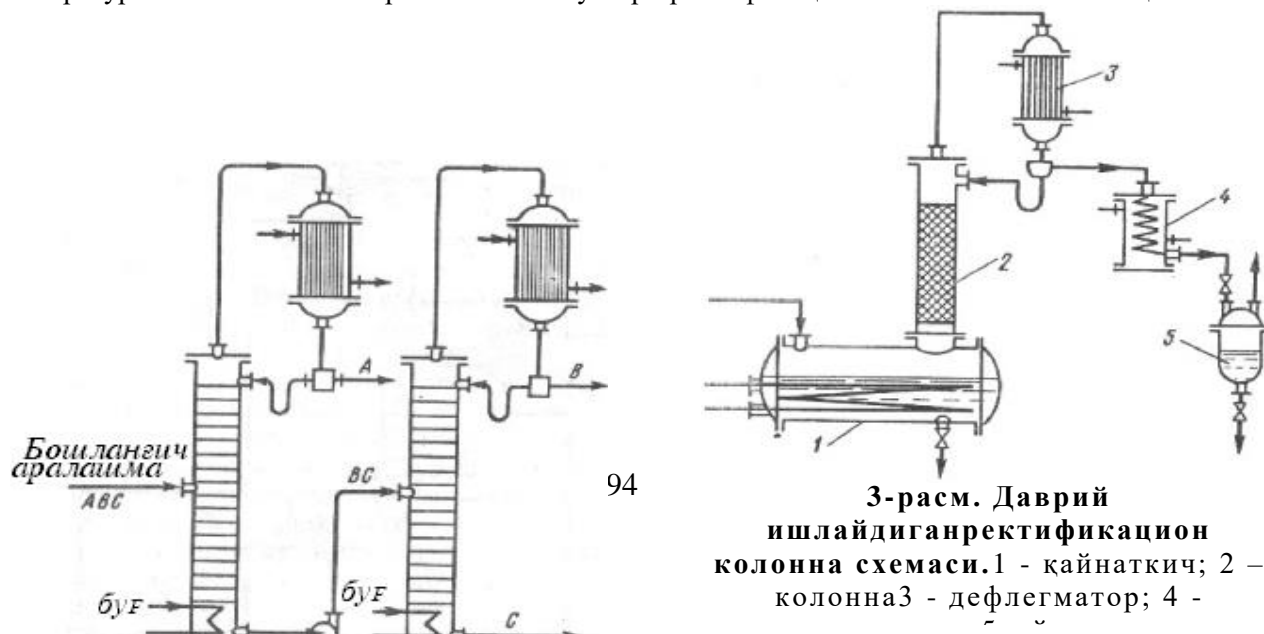
Одатда, саноат миқёсида бошланғич эритма уч ва ундан кўп қисмларга ажратилади.

**Кўп компонентли эритмаларни ректификация қилиш** схемаси 2-расмда тасвирланган. Ушбу схема кўп колоннали бўлиб, бошланғич эритмани узлуксиз равишда уч қисм, яъни А, В ва С компонентларга ажратишга мўлжалланган.

Биринчи колонна аралашмани А+ВС ёки АВ+С қисмларга ажратади. Аралашмани  $n$  қисмга ажратиш учун  $n-1$  ректификацион колонналардан таркиб топган ректификацион схема зарур бўлади.

**Даврий ишлайдиган ректификацион колоннанинг** принципиал схемаси 3-расмда келтирилган.

Бошланғич аралашма буғ билан иситилаётган қайнаткичга узатилади. Қайнаш температурасигача иситилган аралашманинг буғлари ректификацион колоннанинг пастки қисмига



**3-расм. Даврий ишлайдиган ректификацион колонна схемаси.** 1 - қайнаткич; 2 - колонна; 3 - дефлегматор; 4 -

юборилади. Колонна бўйлаб тепага кўтарилаётган буғлар энгил учувчан компонент билан бойиб боради, сўнг эса дефлегматорга тушади. У ерда конденсацияланади. Худди узлуксиз ишлайдиган ректификация схемасидек, конденсат флегма ва дистиллятга ажрайди. Қурилмадаги куб қолдиғи тўкилади ва у янги бошланғич аралашма билан тўлдирилади.

### Ректификацион колонналарни ҳисоблаш

Маълумки, халқ хўжалигининг турли соҳаларида ректификация жараёни жуда кўп ишлатилади. Бу жараёни амалга оширишда тарелкали колонналардан кенг кўламда фойдаланилади.

Мисол тариқасида этил спирти-сув аралашмасини ажратиш учун узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннани (тарелкали) ҳисоблашни кўриб чиқамиз. Этил спирти-сув аралашмасининг массавий сарфи  $G=800$  кг/соат этил спиртининг бошланғич эритмадаги концентрацияси  $a_f = 20\%$  (масс); этил спиртнинг дистиллятдаги концентрацияси  $a_d = 91\%$  (масс); этил спиртининг куб қолдиғидаги концентрацияси  $a_w = 2,6\%$  (масс); флегманинг ортиқчалик коэффиценти  $\beta_R = 1,3$ ;  $\eta = 0,5$ ; тарелкалар орасидаги масофа  $h = 200$  мм; иситувчи буғ босими  $p_0 = 0,3$  МПа; ректификация жараёни атмосфера босимида ташкил этилган. Дистиллят  $G_d$ , куб қолдиғи  $G_w$  ва тарелкалар миқдори  $n$ , ҳамда колонна баландлиги  $H$ , диаметри  $D_{кв}$  ва иситувчи буғ сарфи  $D$  ларни аниқлаш зарур.

Моддий баланс формуласидан, хосил бўлаётган дистиллят миқдорини аниқлаймиз:

$$G_d = G_f \frac{a_f - a_w}{a_d - a_w} = 800 \frac{20 - 2,6}{91 - 2,6} = 157,4 \text{ кг / соат}$$

Ушбу формуладан эса куб қолдиғининг миқдори топилади:

$$G_w = G_f - G_d = 800 - 157,4 = 642,4 \text{ кг / соат}$$

Ректификация жараёнини  $y-x$  координатларида қуриш учун бошланғич аралашма, дистиллят ва куб қолдиқлари таркибидаги энгил учувчан компонент концентрациясини қуйидаги формулалар ёрдамида моль улушларда ифодалаш мумкин:

$$x_{f,d,w} = \frac{\frac{a_{f,d,w}}{M_a}}{\frac{a_{f,d,w}}{M_a} + \frac{100 - a_{f,d,w}}{M_B}}$$

бу ерда  $M_a$  ва  $M_B$ - энгил спирт ва қийин сув учувчан компонентларнинг молекуляр массалари:

$$x_f = \frac{20/46}{20/46 + (100 - 20)/18} = \frac{0,434}{0,434 + 0,44} = 0,089;$$

$$x_d = \frac{91/46}{91/46 + (100 - 91)/18} = \frac{1,978}{1,978 + 0,5} = 0,798$$

$$x_w = \frac{2,6/46}{2,6/46 + (100 - 2,6)/18} = \frac{0,056}{0,056 + 5,41} = 0,01$$

Тажриба маълумотлари асосида  $y - x$  координатларида бошланғич аралашма учун мувозанат чизигини қўрамиз.

Ушбу формула ёрдамида минимал флегма сонини аниқлаймиз:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{fm}}{y_{fm} - x_f} = \frac{0,798 - 0,44}{0,44 - 0,089} = 1,25$$

бу ерда  $y_{fm}$  - бошлангич аралашма таркибидаги энгил учувчан компонент билан мувозанатда бўлган буғдаги энгил учувчан компонент концентрацияси.

Колонна юқори қисми учун ишчи чизигини қуриш учун формуладан хақиқий флегма сонини хисоблаймиз:

$$R = \beta_R R_{\min} = 1,3 \cdot 1,25 = 1,629$$

Кесма  $B$  нинг узунлигини топамиз (4-расм):

$$B = \frac{x_d}{R+1} = \frac{0,798}{0,629} = 0,3$$

Сўнг, ордината ўқида  $B=0,3$  кесмани ўлчаб, уни  $A$  нукта ( $x_d = y_d$  координатли) билан бирлаштирамиз ва колоннанинг юқори қисми учун ишчи чизиқ оламиз. Пастки қисм учун ишчи чизиқ эса,  $B$  нуктани ( $x_f, y_f$  - координатли)  $C$  нукта ( $x_w = y_w$  координатли) билан бирлаштириб аниқланади.

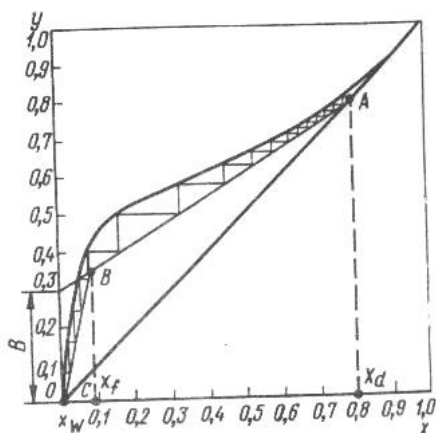
Колонна пастки ва юқори қисмларидаги концентрация ўзгариши поғоналарининг сони ( $n$ ) ни аниқлаймиз. Бунинг учун мувозанат ва ишчи чизиқлари орасига  $A$  нуктадан  $C$  гача поғонали чизиқлар ўтказамиз. Тарелка сони куйидаги формула ёрдамида топилади, яъни:

$$n_x = \frac{n}{\eta} = \frac{16}{0,5} = 32$$

Колоннанинг хақиқий баландлиги эса

$$H = h \cdot (u_x - 1) = 0,2 \cdot 31 = 6,2 \text{ м}$$

бу ерда  $h$  – тарелкалар орасидаги масофа, м.



4-расм. Ректификацион колонна

тарелкаларининг сонини график усулда

Курилма диаметри ушбу формуладан хисобланади:

$$D_K = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_u}}$$

бу ерда  $V$  - колоннадаги буғ сарфи;  $w_u$  - буғнинг ишчи тезлиги.

$$V = \frac{G_d (R+1) \cdot (273 + t_{yp}) \cdot 22,4}{3600 \cdot M_a \cdot 273} = \frac{157,4 \cdot 2,629 \cdot 360 \cdot 22,4}{3600 \cdot 46 \cdot 273} = 0,0738 \text{ м}^3 / \text{с}$$

бу ерда  $t_{yp} = 87^\circ\text{C}$  - колоннадаги буғларнинг ўртача температураси.

Колоннадаги буғнинг тезлиги куйидагича аниқланади:

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_{\delta}}}$$

буерда  $\rho_c, \rho_{\delta}$  - суюқлик ва буғнинг ўртача зичликлари.

Буғнинг ўртача зичлиги:

$$\rho_{\delta} = \frac{\rho_{\delta w} + \rho_{\delta d}}{2} = \frac{0,596 + 1,59}{2} = 1,09 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Кубдан чиқаётган буғнинг зичлиги (буғ фақат тоза сувдан иборат деб тахмин қилинганда),

$$\rho_{\delta w} = \frac{M_B \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_w)} = \frac{18 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 95)} = 0,596 \text{ кг} / \text{м}^3$$

бу ерда  $t_w = 95^{\circ}\text{C}$  - кубдаги аралашма қайнаш температураси.

Дефлегматорга кираётган буғнинг зичлиги (буғ фақат тоза спиртдан иборат деб тахмин қилинганда),

$$\rho_{\delta d} = \frac{M_a \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_d)} = \frac{46 \cdot 273}{22,4 \cdot 351,0} = 1,59 \text{ кг} / \text{м}^3$$

бу ерда  $t_d + 78^{\circ}\text{C}$  - спиртнинг қайнаш температураси.

Колоннадаги суюқликнинг ўртача зичлигини  $78^{\circ}\text{C}$  ли спирт зичлиги ва кубда сувнинг қайнаш температураларининг ўртача қиймати деб топамиз:

$$\rho_c = \frac{\rho_{cw} + \rho_{cd}}{2} = \frac{958 + 735}{2} = 846,5 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Унда

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{846,5}{1,09}} = 1,393 \text{ м} / \text{с}$$

Ишчитезликни рухсат этилган чегаравий тезликдан 20% га каммиқдорда қабул қиламиз, яъни

$$w_u = 0,8 \cdot 1,393 = 1,11 \text{ м} / \text{с}$$

Унда, колоннанинг диаметри

$$D = \sqrt{\frac{0,0738}{0,785 \cdot 1,11}} = 0,291 \text{ м}$$

Иссиқликнинг умумий сарфи ректификацион колоннанинг иссиқлик балансида аниқланади:

$$Q = G_d(R + 1) \cdot r_d + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f - R G_d c_d t_d$$

бу ерда  $r_d = 850 \text{ кЖ/кг}$  аралашманинг иссиқлик ҳосил қилиш иссиқлиги;  $c_f = 4310$ ,  $c_d = 3600$ ,

$c_w = 4190 \text{ Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$  солиштирма иссиқлик сифимлар;  $t_f, t_d, t_w - x_f, x_d, x_w$  5.46-расмдаги эгри чизикларидан топиладиган қайнаш температуралари;  $t_f = 87^\circ\text{C}, t_d = 78^\circ\text{C}, t_w = 95^\circ\text{C}$  га тенг деб қабул қиламиз.

Атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши умумий иссиқлик сарфидан 3...5% деб қабул қилинади, яъни

$$Q_{i_{yк}} = 0,03 \cdot Q = 7066,3 \text{ кЖ/соат}$$

Иссиқлик сарфи:

$$Q = 157,4 \cdot 2,629 \cdot 850 + 642,6 \cdot 4,19 \cdot 95 - 800 \cdot 4,31 \cdot 87 - 1,629 \cdot 157,4 \cdot 3,6 \cdot 78 = 235546,4 \text{ кЖ/соат}$$

Иситувчи буғ сарфи:

$$D = \frac{Q_{ум}}{i'' - i'} = \frac{242612,7}{2730 - 558,9} = 111,75 \text{ кг/соат}$$

бу ерда  $i'' = 2730 \text{ кЖ/кг}$  - иситувчи буғ энтальпияси;  $i' = 558,9 \text{ кЖ/кг}$  – конденсат энтальпияси. Иситувчи буғ ва конденсатларнинг энтальпиялари тўйинган сув буғи босими бўйича жадвалдан аниқланади.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Даврий ишлайдиган ректификацион колонна ишлаш принципи қандай?
2. Ректификацион қурилмаларнинг яна қандай турлари бор?
3. Дефлегматор нима?
4. Ректификация жараёни деб нимага айтилади?
5. Флегма сони нима?
6. Тарелкалар сони қандай ҳисоблаб топилади?

### 27 – МАЪРУЗА.

#### ЭКСТРАКЦИЯЛАШ ВА ЭРИТИШ.

##### РЕЖА:

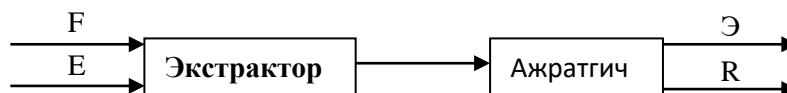
1. Асосий тушунчалар.
2. Система мувозанати.
3. Экстракциялашда масса ўтказиш.
4. Экстракциялашнинг асосий усуллари.
5. Экстракторлар конструкциялари.

##### Умумий тушунчалар

«Суёқлик - суёқлик» системаларида эритма ёки қаттиқ жисмлар таркибидан бир ёки бир неча компонентларни махсус суёқлик (эритувчи) ёрдамида ажратиб олиш жараёни экстракциялаш деб номланади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, эритувчи аралашмада эримайди, лекин экстракцияланаётган компонентни эритади.

Маълумки, экстракция жараёни 2 хил бўлади. 1) суёқликларни экстракциялаш; 2) қаттиқ материалларни экстракциялаш.

Экстракция жараёнининг принципиал схемаси 5.47-расмда келтирилган.



##### 5.47-расм.

Экстракция жараёнининг принципиал схемаси.

Таркибида тарқатувчи модда  $M$  бор эритма  $F$  ва эритувчи  $E$  лар экстракторга юкланади.

Бирор эритма таркибидаги компонентларни ажратиш олиш учун қўлланиладиган суюқлик **экстрагент (E)** деб номланади. Фазалар ўртасида масса алмашилиш жараёни уларнинг бевосита тўқнашуви туфайли юз беради. Экстракция натижасида ҳосил бўлган суюқ аралашма ажратгичга юборилади ва у ерда экстракт (**Э**) ва рафинат (**R**) га ажратилади.

Суюқ аралашмани экстракт ва рафинатга ажратиш учун тиндириш, сепарациялаш, центрифугалаш ёки бошқа механик жараёнлар қўлланилади.

Экстракт таркибидаги зарур компонент (маҳсулот) ажратиш олинади, рафинатдан эса экстрагент қайта тикланади.

Экстракция жараёни турли хил конструкцияли қурилмаларда - **экстракторларда** ўтказилади.

Жараён таҳлили шуни кўрсатадики, бу жараён ҳам ректификация каби эритмаларни ажратиш учун ишлатилади. Агар, ректификация жараёни иссиқлик таъсирида олиб борилса, экстракция учун эса - унинг зарурати йўқ. Ректификацияда компонентларга ажратиш уларнинг турли учувчанлигига боқлиқ. Агар, эритма компонентларининг қайнаш температуралари бир - бирига жуда яқин бўлса, экстракция жараёнидан фойдаланиш юқори самара беради. Лекин, экстрагентнинг зичлиги, суюқ аралашма зичлигидан етарли даражада фарқ қилиши ва кам бўлиши керак.

Экстракция жараёнидан кимё, нефтни қайта ишлаш, нефть кимёси, озик - овқат, фармацевтика ва саноатнинг бошқа соҳаларида кенг миқёсда фойдаланилади. Бу жараён хилма-хил органик ва нефть-кимё синтез маҳсулотларини тоза ҳолда ажратиш олиш, нодир, камёб ва тарқоқ элементларни олиш, оқова сувларини тозалаш ва бошқа соҳаларда ишлатилади. Жараённинг асосий афзаллиги шундаки, у паст температурада ўтади ва термолабил моддалари бор элементларни ажратиш имконини яратади.

Экстракция жараёни камчиликлардан ҳоли эмас, яни қўшимча эритувчи ишлатилади, эритувчини қайта тиклаш технологик схемани мураккаблаштирилади ва қўшимча қурилма талаб этади, ҳамда жараённи қимматлашишига олиб келади.

Кўпчилик ҳолларда экстракция ва ректификация жараёнлари кўпинча биргаликда қўлланилади. Бунга сабаб, бошланқич эритма концентрацияси ортиши билан ректификация жараёнига зарур бўлган иссиқлик сарфи камаяди. Демак, аввал экстракция жараёнининг ўтказилиши, бошланқич эритмани ажратиш учун сарфланадиган иссиқликни тежашга олиб келади.

### «Суюқлик - суюқлик» системасининг мувозанати

Бир суюқлик фазадан иккинчисига тарқалувчи модданинг ўтиши мувозанат ҳолати ўрнатилгунча давом этади, яъни фазаларда кимёвий потенциаллар тенглашгунга қадар. Фазалар қилайлик, жараёнда учта компонент (= 3) ва иккита фаза (= 2) қатнашмоқда. Унда, фазалар қоидасига биноан эркинлик даражаси = 3. Лекин, одатда экстракция жараёнида температура ва босим бир хил қилиб ушлаб турилади. Бундай, экстракциялаш системасининг эркинлик даражаси 1 га тенг бўлади.

Демак, мувозанат ҳолатида бир фазадаги тарқалувчи модда концентрациясига, иккинчи фазадаги маълум бир концентрация тўқри келади.

Экстракция жараёнидаги мувозанат тарқалиш коэффициенти  $\varphi$  билан характерланади, яни экстракт ва рафинатлардаги тарқалувчи модда мувозанат концентрацияларнинг нисбатига тенг.

Бертло-Нернст қонунига бўйсинадиган суюлтирилган эритма учун ўзгармас температурада тарқалиш коэффициенти  $\varphi$ , тарқалувчи модда концентрациясига боқлиқ эмас ва  $\varphi = y_m/x$ , бу ерда  $y_m, x$  - экстракт ва рафинатдаги тарқалувчи модданинг мувозанат концентрациялари. Бундай ҳолларда мувозанат тўқри чизик кўринишида бўлади:

$$y_m = \varphi \cdot x \quad (5.142)$$

Одатда, саноат қурилмаларининг тарқалиш коэффициенти тажриба йўли билан аниқланади.

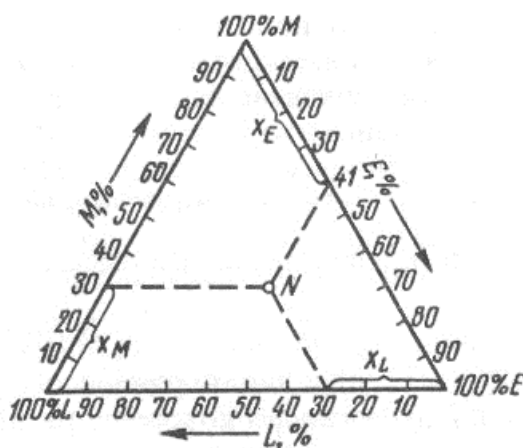
Агар, иккита суюқлик фазалар бир - бирида эримаса, ҳар бир фазани икки компонентли

эритма деб ҳисобласа бўлади. Бундай ҳолатларда экстракция жараёни бошқа масса алмашилиш жараёнлари каби  $y - x$  координаталарида тасвирлаш мумкин.

Аммо, суюқлик фазалар бир-бирида қисман эриса, ҳар бир фазани уч компонентли эритма деб ҳисобласа бўлади. Уч компонентли аралашмалар таркиби учбурчакли координаталар системасида тасвирланади (5.48-расм).

Тенг томонли учбурчакнинг чўққилари  $L, M, E$  ларда тоза (100% ли) компонентлар таркиби кўрсатилган: бошланқич эритма ~~эритувчи~~  $L$ , экстрагент  $E$  ва тарқалувчи модда  $M$ . Учбурчакнинг томонлари  $LM, ME$  ва  $EL$  моддалардаги ҳар бир нуқта икки компонентли эритмани ифодалайди.

Учбурчак ички юзасидаги исталган нуқта  $N$  уч компонентли эритма таркибини кўрсатади. Эритма таркибини аниқлаш учун  $N$  нуқтадан учбурчак томонларига параллел чизиклар ўтказилади.



5.48-расм. Учбурчакли диаграмма.

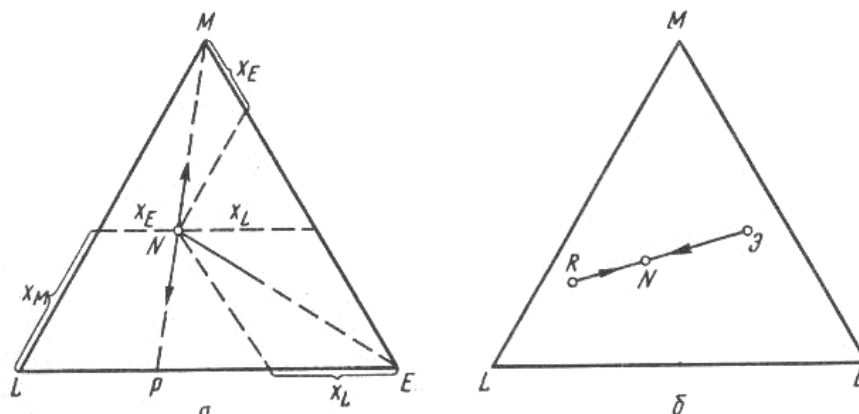
Натижада,  $N$  нуқтага мос келадиган аралашма таркиби куйидагича бўлади: эритувчи  $L = 30\%$ , экстрагент  $E = 40\%$  ва тарқалувчи модда  $M = 30\%$ .

Учбурчакли диаграммадан уч компонентли аралашма таркибида содир бўлаётган ўзгаришлар тасвирланади. Агар,  $N$  нуқта билан характерланадиган эритмага тарқалувчи модда  $M$  кўшилса,  $E$  ва  $L$  компонентлар миқдори ўзгармайди. Лекин,  $M$  компонентнинг кўшилиш миқдorigа қараб, аралашма таркибини аниқловчи миқдор  $NM$  қиррада бўлади ва учбурчакни  $M$  чўққисига яқинлашиб боради. (5.49а-расм).

Аралашма  $N$  дан тарқалувчи модда  $M$  ни ажратиб олиш жараёнида ва олинган маҳсулот таркибига оид нуқта  $PM$  кесмада ётади. Лекин, эритма қанча кўп суюлтирилган бўлса, у учбурчакнинг  $LE$  қиррасига шунча яқин жойлашади.

Таркиби  $N$  бўлган аралашмани экстрагент  $E$  билан суюлтириш  $NE$  чизиқи билан характерланади.





5.49-расм. Уч компонентли аралашма таркиби ўзгаришини

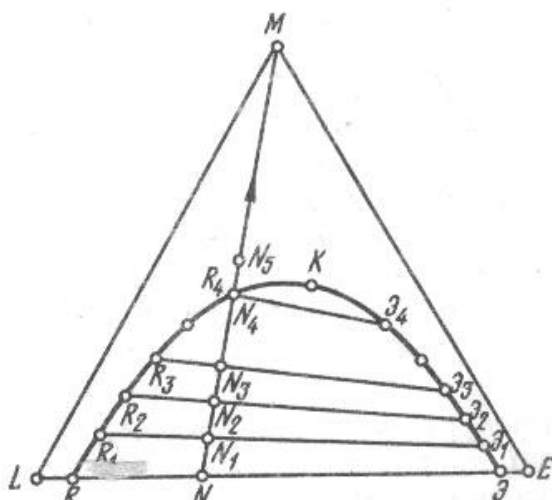
Агар бошланғич аралашма миқдори ва таркиби ( $N$  нукта) ва уни экстракт ( $\mathcal{E}$  нукта) ва рафинат ( $R$  нукта) га ажратгандан кейинги таркиблари маълум бўлса, учбурчакли диаграмма ёрдамида фазаларнинг миқдорларини (5.49б-расм) моддий баланс тенгламасидан аниқлаш мумкин:

$$R + \mathcal{E} = N$$

бу ерда  $R$ ,  $\mathcal{E}$ ,  $N$  - рафинат, экстракт ва бошлан-Қич аралашма массалари, кг.

Ричаг конунига биноан:

$$\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{R\bar{N}}{\mathcal{E}\bar{N}} \quad (5.143)$$



5.49б-расм. Учбурчакли диаграммада

мувозанат чизиғини тасвирлаш.

Мувозанат чизиғини учбурчакли диаграммада тасвирлаймиз. Бунинг учун  $L$  ва  $E$  суюқлик фазаларида тарқалувчи модда  $M$  чексиз миқдорда эрийди деб қабул қиламиз. Лекин, эритувчилар бири-бирида чекланмаган миқдорда эрийди (5.49-расм).

Бир жинсли икки компонентли  $M$  ва  $L$ , ҳамда  $M$  ва  $E$  эритмалар таркиби диаграмманинг  $LM$  ва  $EN$  қирраларида нукталар билан ифодаланади.  $L$  ва  $E$  эритувчилар фақат  $LR$  ва  $\mathcal{E}E$  бўлақлардагина бир жинсли эритмалар ҳосил қилади.  $R\mathcal{E}$  ораликда эритувчилар аралашмаси бир жинсли, икки компонентли тўйинган эритмалар қатламига ажратилади:  $R$  ( $E$  ва  $L$  нинг тўйинган эритмаси) ва  $\mathcal{E}$  ( $L$  ва  $E$  нинг тўйинган эритмаси). Ўар бир қатламдаги тўйинган эритмалар сони  $N$  нуктанинг ҳолати билан белгиланади ва ричаг қоидасига биноан топилади.

Агар,  $N$  таркибли аралашмага  $M$  модда қўшилганда,  $MN$  чизикда жойлашган  $N_1$  нукта билан характерланадиган уч фазали аралашма ҳосил бўлади.

$N_1$  таркибли аралашма  $R_1$  ва  $\mathcal{E}_1$  таркибли  $\mathcal{E}_1N_1/(R_1N_1)$  нисбатда икки фазага ажралади. Агар, аралашмага яна  $M_2, M_3, \dots$  тарқалувчи моддалар қўшилса,  $N_2, N_3, \dots$  таркибидаги уч фазали аралашмалар ҳосил бўлади ва улар мувозанат таркибли  $R_2$  ва  $\mathcal{E}_2, R_3$  ва  $\mathcal{E}_3$  ва ҳ. фазалари қатламларга ажралади. Бирор  $N_4$  таркибда фазаларнинг бири йўқ бўлиб кетган ҳолгача мувозанат сарфлар нисбати ўзгариб боради. Ундан кейин эса, тарқалувчи модда  $M$  нинг яна қўшилиши билан  $N_5$  таркибли бир жинсли, уч фазали аралашмалар ҳосил бўлади.

Агар,  $R_1$  ва  $\mathcal{E}_1, R_2$  ва  $\mathcal{E}_2, \dots$  лар тўғри чизик билан бирлаштирилса, мувозанат таркибга оид  $R_1\mathcal{E}_1, R_2\mathcal{E}_2, \dots$  мувозанат хордаларини ҳосил қиламиз. Мувозанат хордалари критик деб

номланадиган  $K$  нуктада бирлашади. Мувозанат хордаларининг оқиш бурчаги компонент табиати ва фазалар таркиби билан белгиланади. Агар, мувозанат таркиблар  $R, R_1, R_2, \dots$  ва  $\mathcal{E}, \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots$  ни ифодаловчи нукталарни раvon, силлиқ чизиқ билан туташтирсак **мувозанат эгри чизиқни** (бинодал эгри чизиқни) ҳосил қиламиз.  $RK$  чизиқ  $L$  эритувчи фазаларининг мувозанат таркибини,  $\mathcal{E}K$  чизиқ эса -  $E$  эритувчи фазаларининг мувозанат таркибини характерлайди.

Учбурчакли диаграммадаги бинодал эгри чизиқ икки (бинодал чизиқ остидаги) ва бир (бинодал чизиқ ташқарисидаги) фазали аралашмаларга ажратади.

5.5049в-расмдаги мувозанат диаграммаси ўзгармас температура учун қурилган ва у **изотерма** деб номланади.

Система мувозанатига температура ҳам таъсир кўрсатади. Одатда, температура ўсиши билан компонентларнинг бир - бирида эриши ортади. Демак, гетероген системалар зонаси камайиб боради. Температура ортиши билан бинодал эгри чизиқ  $LE$  ўқига яқинлашади ва  $RK\mathcal{E}$  чизиқ остидаги юза камаяди (5.49в-расм).

### Экстракция жараёнида масса ўтказиш

Экстракция жараёнининг кинетик қонунлари масса ўтказишнинг асосий қонунлари билан белгиланади.

Фазалар тўқнашиш юзасини ошириш мақсадида улардан биттаси томчи ҳолида пуркалади. Натижада, бир суюқлик фаза қурилманинг бутун ҳажмида яхлит жойлашади, иккинчиси эса томчи ҳолида бўлади. Фазаларнинг биринчиси **дисперсион**, томчи ҳолатидагиси эса - **дисперс** фаза деб номланади.

Шундай қилиб, ажратилиши зарур бўлган компонент дисперсион фаза ичидан томчининг юзасига, кейин эса, унинг таркибига ёки тегишли компонент томчининг ичидан чегаравий (ажратувчи) юза орқали дисперсион (яхлит) фазага ўтади. Жараён тезлиги фазадан фазага ўтган модда миқдори билан характерланади.

Томчи ичида масса ўтказиш асосан молекуляр ва конвектив диффузия йўли билан рўй беради. Томчи ичида циркуляция ҳисобига конвекция пайдо бўлади. Жараён мобайнида томчининг шакли ва ўлчами бир неча марта ўзгаради. Бунинг оқибатида фазалар орасидаги ўзаро таъсир юзаси бир неча бор янгиланади.

Экстракция жараёнларида масса алмашилишни ифодалаш учун Фикнинг 2-қонунидан фойдаланилади.

**Умумий ҳолатда, яъни дисперсион (яхлит) ва дисперс фазалардаги диффузион қаршилиқларни инобатга олмасликни иложи бўлмаганда, массанинг иккала фазада тарқалиши ҳисобга олинади.**

Масса бериш коэффициентларини ҳисоблашда ушбу формуладан фойдаланиш мумкин:

$$M = \beta_c \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad (5.144)$$

$$M = \beta_d \cdot \Delta y_{yp} \cdot F$$

бу ерда  $\beta_c$  ва  $\beta_d$  - дисперсион ва дисперс фазалардаги масса бериш коэффициенти.

Ушбу коэффициентлар қуйидаги критериял формулалардан топилади:

$$Nu_c = 1,13 \cdot Pe_d^{0,5}$$

$$Nu_d = 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot Pe_d \quad (5.145)$$

(5.145) бу ерда  $Nu_c = \beta_c d / D_c$  - дисперсион фаза учун Нуссельт критерийси;  $Pe_c = wd / D_c$  - дисперсион фаза учун Пекле критерийси;  $D_c$  - дисперсион фазадаги диффузия коэффициенти, м<sup>2</sup>/с;  $d$  - томчи диаметри, м;  $w$  - томчининг дисперсион фазадаги тезлиги, м/с;  $Nu_d = \beta_d d / D_d$  - дисперс фаза учун Нуссельт критерийси;  $D_d$  - дисперс фазадаги диффузия коэффициенти, м<sup>2</sup>/с.

Масса ўтказиш коэффициентлари қуйидаги тенгламалардан аниқланади:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_d} + \frac{\varphi}{\beta_c}} ; \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{\varphi\beta_d} + \frac{1}{\beta_c}} \quad (5.146)$$

Агар, ҳамма диффузион қаршилик фақат дисперсион фазада мужассам бўлса, (5.146) тенглама  $K_x = \beta_c$  кўринишга келиб қолади.

Агар, ҳамма диффузион қаршилик фақат дисперс фазада бўлса, яъни томчининг ичида, (5.146) тенглама  $K_y = \beta_d$  кўринишни олади.

Унда, масса ўтказишнинг асосий тенгламасини қуйидаги ёзиш мумкин:

$$M = K_x \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad M = K_y \cdot \Delta y_{yp} \cdot F \quad (5.147)$$

### Экстракция жараёнини ташкил этиш усуллари

**Саноат миқёсида даврий ва узлуксиз экстракция жараёни қуйидаги схемалар асосида ташкил этилади: бир поғонали, кўп поғонали қарама-қарши йўналишли ва кўп поғонали ўзаро кесишган йўналишли.**

**Бир поғонали экстракция** асосан ажратиш коэффициентининг қиймати жуда катта бўлган ҳолларда ишлатилади. Бу схема даврий ёки узлуксиз бўлиши мумкин (5.50а-расм).

Аралаштиргичли қурилмага бошлангич эритма  $F$ , концентрацияси  $x_0$  бўлган  $L$  (кг) миқдордаги эритувчи ва экстрагент  $E$  юкланади. Сўнг, аралаштиргич ёрдамида улар аралаштирилади ва икки қатламга ажратилади, яъни экстракт  $\mathcal{E}$  ва рафинат  $R$  га.

Эмульсияларни ажратиш учун тиндиргич ва қийин ажратиладиган эмульсиялар учун эса, сепараторлар ишлатилади.

Бир поғонали экстракция жараёнини учбурчакли ва тўғри бурчакли диаграммаларда кўриб чиқамиз (5.50б,в-расм).

Бошлангич эритма аралаштирганда уч компонентли аралашма ҳосил бўлади ва унинг таркиби аралаштириш чизиғи  $FE$  да жойлашган  $N$  нуқта билан характерланади. Аралашма ажрати натижасида экстракт ва рафинатга бўлинади. Уларнинг таркиби  $N$  нуқта орқали ўтадиган, мувозанат хордасида ётувчи  $R$  ва  $\mathcal{E}$  нуқталар билан белгиланади. Экстрагент модулини ричаг коидасига биноан топиш мумкин:

$$\frac{E}{F} = \frac{\overline{FN}}{\overline{EN}}$$

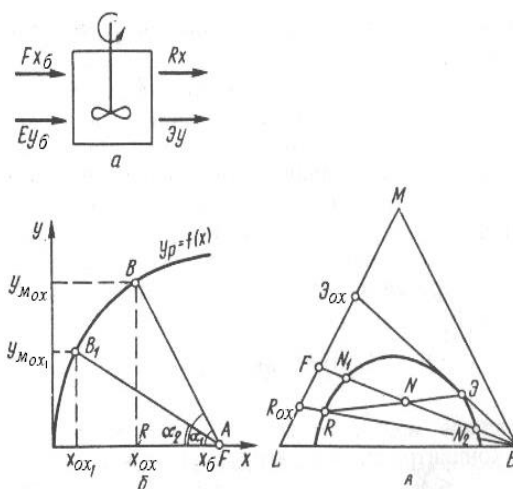
Рафинат миқдорини эса,

$$R = \frac{N\overline{EN}}{\overline{RE}}$$

Экстракт миқдорини эса:

$$\mathcal{E} = N - R = N \cdot \left( \frac{\overline{RN}}{\overline{RE}} \right)$$

Рафинат таркибини учбурчакнинг  $LM$  томонидаги нуқта  $R_k$ , экстракт-никини эса -  $\mathcal{E}_k$  белгилайди.



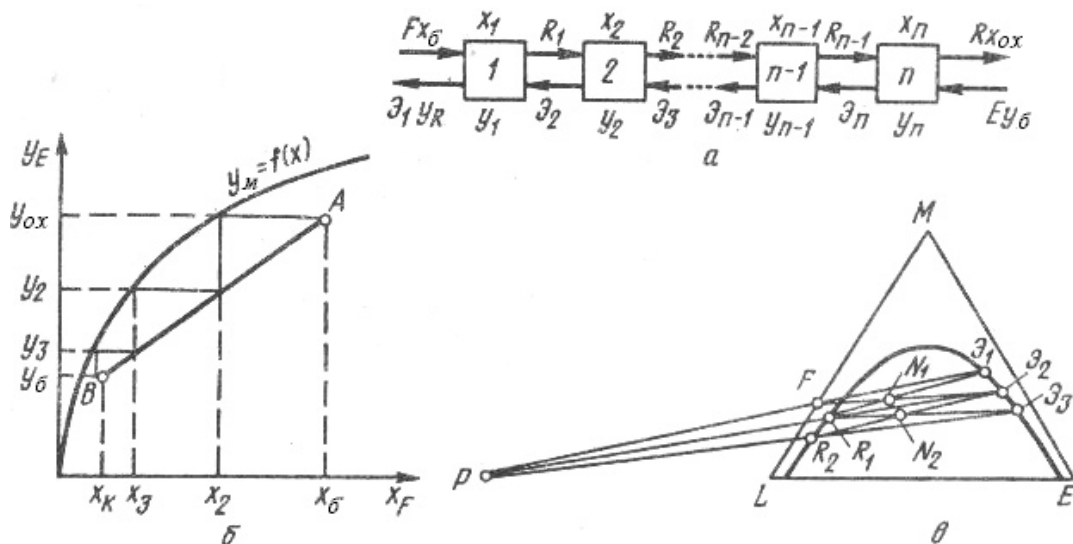
**5.50-расм. Бир поғонали экстракция (а) ва жараёни.**

**Агар, фазалар бир-бирида эримай-диган бўлса, бир поғонали экстракция жараёни у-х диаграммада  $AB$**

тўғри чизик билан ифодаланади. Ушбу тўғри чизик оғиш бурчагининг тангенси бошланғич эритма ва эритувчи оғирликлари нисбатига тенгдир:

$$\frac{L}{E} = \frac{\overline{BR}}{\overline{RF}} = \operatorname{tg} \alpha$$

Агар, эритувчи миқдори оширилса, исталган тозалик даражали рафинат олиш мумкин. Лекин, экстрактнинг тўйиниш чегараси  $y_{ox}$  билан белгиланади.



5.51-расм. Кўп поғонали экстракция(а) ва жараёни  $y - x$  (б)

Икканла диаграммадан кўриниб турибдики, бир поғонали экстракция натижасида олинган рафинат ва экстракт таркиблари мувозанатда бўлади ва бошланғич таркибдан кам фарқ қилади. Шунинг учун, бу жараён самарадорлиги паст бўлади ва саноат корхоналарида кенг қўлланилмайди.

Жараён самарадорлигини ошириш учун уни бир неча марта қайтариш керак ва ҳар гал янги эритувчи узатиш зарур.

**Кўп поғонали экстракция** кўп секцияли экстракторларда ўтказилади. Бундай қурилмаларда фазалар йўналиши қарама-қарши, ўзаро кесишган ёки комбинациялашган бўлиши мумкин.

**Қарама – қарши йўналишли экстракция** жараёни турли схемаларда амалга оширилиши мумкин (5.51a-расм).

Кўп поғонали экстракция қурилмаларида бошланғич эритма  $F$  ва экстрагент  $E$  қурилманинг қарама-қарши учларидан юборилади. Тарқалувчи компонент концентрацияси тўйинишга яқин бўлган экстракт биринчи поғонада  $x_0$  концентрацияли  $F$  бошланғич эритма билан ўзаро тўқнашувда бўлади. Бу компонентли аралашма биринчи поғонада ажратилганда сўнг,  $y_1 = y_{ox}$  концентрацияли экстракт ва  $x_1$  концентрацияли рафинат олинади.

Таркиби  $x_1$  бўлган рафинат қурилманинг иккинчи поғонасида Э<sub>2</sub> таркибли экстракт билан ўзаро таъсирда бўлади. Ажратилгандан сўнг,  $R_2$  таркибли рафинат ва  $E_2$  экстракт ҳосил бўлади. Экстракторнинг  $n$  - поғонасида концентрацияси  $x_{n-1}$  бўлган  $R_{n-1}$  рафинат янги  $y_0 = y_n$  концентрацияли, яъни нолга яқин экстрагент  $E$  билан тўқнашишда бўлади. Қурилмадан чиқишда тозаланган эритма олинади. Кўп поғонали экстракция жараёни  $y - x$  диаграммада кўрсатилган.

Экстракция жараёнининг моддий баланси ушбу кўринишга эга:

$$L \cdot (x_0 - x_{ox}) = E \cdot (y_{ox} - y_0) \quad (5.148)$$

( $n-1$ ) - секция учун

$$L \cdot (x_0 - x_{n-1}) = E \cdot (y_{ox} - y_n)$$

Бундан, қарама-қарши йўналишли жараён ишчи чизиқининг тенгламасини келтириб

чиқариш мумкин:

$$y_n = \frac{L}{E}(x_{n-1} - x_0) + y_{ox} \quad (5.149)$$

Ушбу тенглама оғиш бурчагининг тангенси бўлиб, тўғри чизикни ифодаловчи тенгламадир:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{E}$$

Фазалар тўқнашиш поғоналарининг сони  $A(x_0 y_{ox})$  ва  $B(x_0 x_{y0})$  нуқталари орасидаги поғоналар сони билан аниқланади.

Кинетик чизик ўрни қурилмадаги гидродинамик ҳолат ва ажратиб олиш коэффициенти билан белгиланади.

Экстракция жараёнининг тасвири 5.51в-расмда келтирилган.

Экстракция қурилмасининг биринчи секциясида бошланғич эритма  $F$  иккинчи поғонадан тушаётган экстракт  $\mathcal{E}_2$  билан ўзаро тўқнашувда бўлади. Натижада, уч фазали  $N_1$  нуқтали аралашма ҳосил бўлади. Ушбу аралашма сепараторда ажратилиши туфайли мувозанатда бўлмаган таркибли экстракт  $\mathcal{E}_1$  ва рафинат  $R_1$  лар олинади.

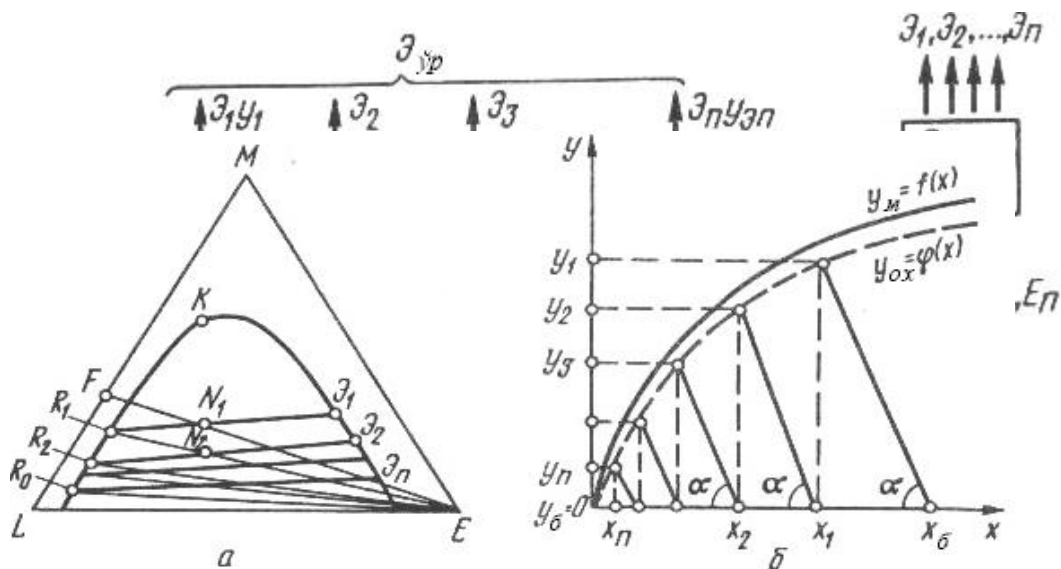
Иккинчи поғонадаги рафинат  $R_1$  учинчи поғонадан тушаётган экстракт  $\mathcal{E}_3$  билан ўзаро таъсирда бўлиб, уч фазали  $N_2$  аралашма ҳосил қилади. Ўз навбатида у  $R_2$  ва  $\mathcal{E}_2$  ажралади.

Фазаларни секцияга кириши ва чиқишидаги таркибларига оид икки нуқталарни  $F\mathcal{E}$ ,  $R_1\mathcal{E}_2$ ,  $R_2\mathcal{E}_3$  ва ҳоказо чизиклар билан бирлаштириб, уларнинг кесилиш нуқтаси  $P$  ни топамиз.

Экстракторнинг бошқа секцияларида ҳам худди шундай жараёнлар содир бўлади. Натижада, бошланғич эритма қурилманинг охириги  $n$ -секциясидан  $x_{ox}$ , экстрагент эса -  $y_{ox}$  концентрация билан чиқади.

Оқимлар йўналиши ўзаро кесишган экстракция жараёнида бир секцияда даврий (5.52а-расм) ёки бир неча секцияда узлуксиз (5.52б-расм) амалга оширилиши мумкин.

Экстракциялаш жараёни узлуксиз бўлганда бошланғич эритма  $F$  биринчи секцияда экстрагент  $E$  билан бирга тўқнашувда бўлади. Ундан сўнг, ажратилиш натижасида рафинат  $R_1$  ва экстракт  $\mathcal{E}_1$  лар ҳосил бўлади. Кейин, рафинат  $R_1$  иккинчи секцияга ўтади ва у ерда яна янги экстрагент  $E$  билан қайта ишланади.  $\mathcal{E}_1$  ва  $\mathcal{E}_2$  экстрактлар қурилмадан чиқарилади,  $R_2$  таркибли рафинат эса кейинги секцияга ўтади ва жараён яна қайтариледи. Натижада, зарур таркибли рафинат  $R_n$  ва ўзгарувчан таркибли  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_n$  экстракт олинади.



5.53-расм. Ўзаро кесишган йўналишли кўп поғонали экстракция

Узлуксиз, кўп маротабалик экстракциялаш жараёни 5.53-расмда келтирилган.

Бошланғич эритма ва экстрагент аралаштирилиши натижасида уч фазали аралашма ( $N_1$

нуқта) ҳосил бўлади ва у биринчи секцияда рафинат  $R_1$  ва экстракт  $\mathcal{E}_1$  га ажралади. Иккинчи секция  $R_2$  таркибли рафинат янги экстрагент  $E$  билан аралаштирилади. Уч фазали аралашма ( $R_1E$  кесмадаги  $N_2$  нуқта) рафинат  $R_2$  ва экстракт  $\mathcal{E}_2$  ларга ажралади. Сўнг, рафинат кейинги секцияга ўтади.

Тозаланган,  $x_{ox}$  концентрацияли эритма қурилманинг охириги секциясидан чиқарилади ва технологик жараённинг кейинги босқичига узатилади. Экстракт эса, қайта тикланади ёки оқава сув сифатида **утилизация** қилинади.

Қарама - қарши йўналишли кўп поҒонали экстракция ўзаро кесишган йўналишли жараёнга қараганда анча самарали. Чунки, қарама-қарши йўналишли экстракциялашда ўртача ҳаракатга келтирувчи куч миқдори кўпроқ бўлади.

Қурилманинг тепа ва пастки қисмларидаги ўртача ҳаракатга келтирувчи куч тенглашиши ҳисобига эритма таркибидан компонентни тўлароқ ажратиб олишга эришилади. Ундан ташқари, экстракцион модуль қиймати камаяди, лекин бир хил тозалаш даражасига эришиш учун керакли поҒоналар сони кўпаяди.

### Экстракторлар конструкциялари

Маълумки, экстракциялаш жараёнларида масса ўтказишнинг самарадорлиги масса бериш юзаси ва ўртача ҳаракатга келтирувчи кучга тўғри пропорционал. Экстракторларда масса алмашилиш юзасини ошириш мақсадида суюқ фазалардан бири томчи ҳолида пуркалади. Дисперс ва дисперсион фазалар ўртасида масса ўтказиш жараёни содир бўлади. Экстракторда юқори ҳаракатга келтирувчи кучга эришиш учун жараёндаги оқимлар идеал сиқиб чиқариш шароитида ўзаро тўқнашиши ташкил этилади. Бунинг учун экстракциялаш жараёни юпқа қатламда насадкали, марказдан қочма экстракторларда уларни секциялаш ёки кўп поҒонали секцияланган қурилмаларда олиб борилади.

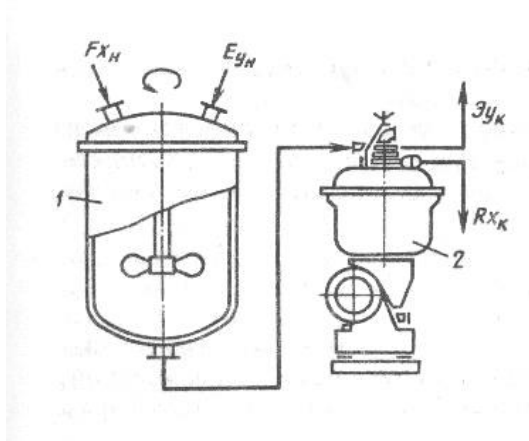
Жараён ташкил этилишига қараб экстракторлар даврий ва узлуксиз принципда ишлайдиган бўлади.

Жараёнда қатнашаётган фазалар тўқнашувига қараб экстракторлар 3 гуруҳга бўлинади: аралаштириб - тиндирувчи; дифференциал контактли ва поҒонали ёки секцияли.

**Аралаштириб – тиндирувчи экстракторлар** бир неча поҒонадан иборат бўлиб, улардан ҳар бири таркибида аралаштиргич ва ажратгич бўлади. Ташқаридан берилаётган энергия ҳисобига аралаштиргичда суюқлик фазаларидан бири томчи ҳолида пуркалади ва натижада дисперсион фаза ҳосил бўлади. Томчи ҳолидаги дисперсион фаза дисперс фазада тарқалади. Дисперс фаза сифатида енгил фаза ҳам ёки оғир фаза ҳам бўлиши мумкин.

Ажратгич сифатида тиндиргични ҳам ишлатиш мумкин. Замонавий қурилмаларда эса, унинг ўрнига сепаратор ишлатилади. Сепараторда эмульсия рафинат ва экстрактга ажратилади. Энг содда аралаштириб-тиндирувчи экстрактор схемаси 5.54-расмда келтирилган.

Бир нечта аралаштириб - тиндирувчи қурилмаларни секцияларга улаш натижасида турли экстракцион қурилмаларни ҳосил қилиш мумкин.



5.54-расм. Аралаштириб - тиндирувчи экстракцион қурилма.

Лекин, ушбу схеманинг бир қатор камчиликлари бор: кўпол, кўп жой

### эгаллайди, металл ва энергия сарфи кўп.

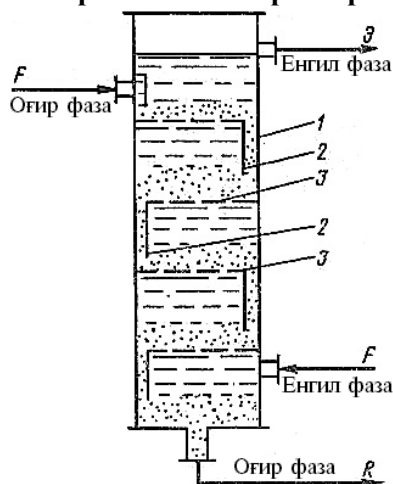
**Дифференциал – контактли экстракторлар** фазалар ўртасидаги тўқнашишни узлуксиз ва улардаги концентрацияларнинг аста - секин, узлуксиз ўзгаришини таъминлайди. Бу турдаги қурилмаларда фазаларнинг бўйлама силжиши ҳисобига идеал сиқиб чиқариш қурилмасига қараганда ўртача ҳаракатга келтирувчи куч бирмунча паст бўлади.

Ундан ташқари, суяқ фазани пуркаш учун ҳам энергия сафрланиши зарур. Экстракторда энергия сарфланиш турига қараб, ташқи энергия ҳисобига ва бундай энергиясиз қурилмаларга бўлинади. Ўзаро таъсирда бўлган фазаларга ташқи энергия аралаштиргич, тебратгич ва пульсаторлар ёрдамида узатилади.

**Поғонали (секцияли) экстракторлар** алоҳида секциялардан таркиб топган бўлиб, уларда фазалар концентрациялари нотекис, сакраб-сакраб ўзгаради. Айрим ҳолларда ҳар бир секцияда концентрациялар майдони идеал сиқиб чиқариш қурилмасига яқинлашиб қолади. Шундай бир неча секциядан ташкил бўлган экстрактор идеал сиқиб чиқариш қурилмаси деб ҳисобланиши мумкин.

Колоннали экстракторлар тарелкали, ичи бўш колонна, насадкали, пульсацион ва ротор - диски бўлиши мумкин.

**Тарелкали экстракторлар** турли конструкциядаги элаксимон тарелка ва қуйилиш



мосламаси бор колоннали қурилмадир (5.55-расм). Ўзаро қарама - қарши йўналишдаги фазалар оқимларининг ҳар бир тарелкада тўқнашиши туфайли рўй беради. Фазалардан бири тарелка тешиклари орқали ўтиб майда томчиларга парчаланadi. Яхлит фаза тарелка бўйлаб ҳаракатланади ва қуйилиш патрубкиси орқали кейинги тарелкага ўтади ва жараён шу йўсинда қайтарилади.

Майда томчи ҳолатидаги суяқлик дисперс фаза деб, қурилманинг бутун ҳажмини эгаллаган суяқлик эса, **дисперсион** (яхлит) фаза деб номланади.

Тарелкада томчилар бирлашиб, унинг ости ёки устида яхлит суяқлик қатламини ҳосил қилади. Қурилмани секциялаш, жараённи ҳаракатга келтирувчи кучни ортишига олиб келади.

Тарелка тешикларидаги дисперс фазанинг тезлиги оқимчали режим ҳосил бўлиш шартидан аниқланади. Томчили режимдан оқимчали режимга ўтиш пайтидаги критик тезлик тарелка тешикларида боғлиқ, яъни:

$$w_{кр} = \frac{4,4}{d_0} \quad (5.150)$$

5.55-расм. Тарелкали экстрактор.

1 – цилиндрик қўбиқ;

Турғун оқимчали режимда экстрактор самарали ишлаши учун тезлик критик тезликдан 20% кўп бўлиши керак.

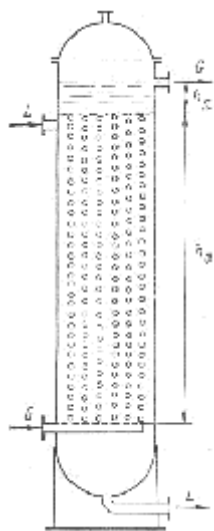
Дисперс фазадаги масса бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги формулани тавсия этиш мумкин:

$$Nu_d = 0,064 Re^{0,84} \cdot Pr_d^{0,5} \quad (5.151)$$

бу ерда  $Nu_d = \beta d / D_d$  - диффузион Нуссельт критерийси ( $\beta_d$ -дисперс фазадаги масса бери коэффициентини);  $d_d$ - томчининг эквивалентдиаметри;  $D_d$  - дисперс фазадаги диффузия коэффициентини);  $Re = w_{max} d / \nu_c$  - томчи учун Рейнольдс критерийси ( $w_{max}$  - яхлит фазадаги томчининг нисбий тезлиги;  $\nu_c$  - яхлит фазанинг кинематик қовушоқлиги);  $Pr_d = \nu_d / D_d$  - дисперс фаза учун Прандтл критерийси ( $\nu_d$ -дисперс фазанинг кинематик қовушоқлиги).

**Ичи бўш (пурковчи) колонналар.** Бу турдаги экстракторлар оқир суяқлик  $L$  билан тўлдирилади ва у бирор  $w_c$  тезлик билан қурилмада ҳаракатланиб, тўкиш штуцеридан чиқиб кетади (5.56-расм). Енгил фаза  $G$  қурилмага пуркагич орқали томчи ҳолатида узатилади ва пастга қараб  $w_d$  тезлик билан тушади.

Экстракторнинг тепа қисмида томчилар бирлашади ва яхлит суяқлик қатлами ҳосил бўлади ва у қурилманинг тепа штуцери орқали чиқиб кетади.



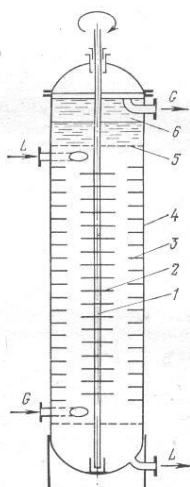
5.56-расм. Ичи бўғиш (пурковчи) экстрактор.

зонадан дисперс фаза томчиларини олиб чиқа бошлайди. Фазаларнинг қарама-қарши ҳаракати бузулади ва экстрактор тикилиб бошлайди.

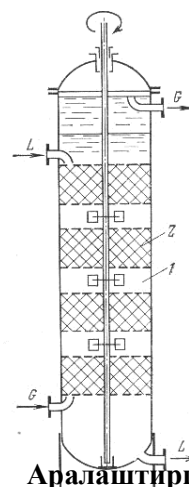
**Механик аралаштиргичли, колоннали экстракторлар.** Агар, дисперс ва дисперсион фазалар зичликларининг фарқи жуда кам ( $< 100 \text{ кг/м}^3$ ) ва фазалар орасидаги сиртий таранглик катта бўлса, ротор - дискли экстракторлар қўлланилади (5.57-расм).

Механик аралаштиргич дискли, турбинали, парракли ва ҳоказо бўлиши мумкин. Лекин, кимё ва озиқ - овқат машинасозлигида асосан ротор - дискли экстракторлар ишлаб чиқарилади.

Бу турдаги экстракторнинг ўқи бўйлаб ротор - ўқ 1 айланади ва унга айланувчи диск 2 лар



5.57-расм. Ротор- дискли экстрактор. 3- Қўзғолмас халқасимон тўсиқлар; 5-тешикли панжара; 6- ажратувчи камера.



5.58-расм. Аралаштиргичли ва ажратувчи зонали, колоннали аралаштириб - тиндирувчи

ўрнатилган бўлади. Ўқ 1 нинг айланиши натижасида фазалар яхши аралашади. Халқасимон тўсиқлар колонна 3 ни бир нечта секцияларга бўлади. Дисклар ҳар бир секциянинг ўртасида айланади.

Қарама - қарши йўналишда ҳаракатланаётган  $L$  ва  $G$  фазалар айланувчи диск 2 лар ёрдамида колонна баландлиги бўйлаб аралаштирилади ва халқасимон тўсиқлар 3 атрофида қисман қатламларга ажралади. Агар, оғир фаза  $L$  яхлит фаза вазифасини ўтаса, қурилманинг тепа қисмида, яъни тешикли панжара 5 нинг юқорисида енгил фаза яхлит фазадан тўлиқ ажралади. Сўнгра, ажралган фаза тегишли штуцер орқали ташқарига чиқарилади. Оғир фаза эса, колоннанинг пастки қисмидан олинади.

Фазаларга ажратиш жараёнининг самарадорлигини ошириш учун 5.58-расмда кўрсатилган



экстракторлар ишлатилади.

Бундай қурилмаларнинг аралаштириш секциялари 1 оралиғида тиндириш зоналари 2 жойлашган бўлади. Икки фазали оқимни ажратиш жараёнини жадаллаш учун зона 2 симли тўр, насадка ёки концентрик цилиндр блоклари билан тўлдирилади. Бу турдаги колонналар вертикал ёки маълум оғиш бурчаги остида ўрнатилиши мумкин.

Механик аралаштиргичли, колоннаги экстракторлар диаметри қуйидаги формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{G / \rho_G + L / \rho_L}{900\pi(q_\partial + q_\alpha)_{opt}}} \quad (5.152)$$

бу ерда  $q_\partial$ ,  $q_\alpha$  - дисперс ва яхлит фаза бўйича солиштирма юклама,  $m^3/(m^2 \cdot c)$ .

Лекин, ушбу формулага қурилманинг қўндаланг кесимига тушаётган юкламалар йиғиндисини ҳам киритиш унинг аниқлигини оширади.

Қурилманинг баландлиги эса ушбу формуладан аниқланади:

$$H = h_s \cdot N = \frac{h_s \cdot m_y}{m_{y3}} \quad (5.153)$$

бу ерда  $h_s$  - секция баландлиги, м;  $N$  - қурилмадаги секциялар сони;  $m_{y3}$  - битта секциянинг узатиш бирлиги сони.

Аралашмани экстракт ва рафинатга сифатли ажратиш учун экстракторнинг юқори ва пастки қисмларида сепарацион (тиндириш) секциялари бор.

Насадкали, элаксимон ва бошқа турдаги экстракторлар самарадорлигини ошириш учун қарама - қарши йўналган оқимларга бўйлама тебраниш таъсир эттириш керак. Тебраниш (пульсация) ларнинг амплитудаси ва частотаси етарли миқдорда бўлса, суюқлик ўта кичик томчилар ўлчамида пуркалади ва иккала фазалар аралаштириш интенсивлиги ортади. Тебранишлар асосан пульсация ва вибрацияли усулларда ташкил этиш мумкин.

5.59 а-расмда пульсацияли экстрактор схемаси кўрсатилган. Бунда енгил фазанинг кириш йўлиги гидравлик ёки пневматик пульсатор ўрнатилган. Суюқлик оқимиغا илгариланган қайтма ҳаракат бериш учун клапансиз поршень, плунжер ёки мембранали насосдан, ҳамда махсус пневматик мосламадан фойдаланиш мумкин.

Пульсация тебранишлари таъсири остида суюқлик оқимининг турбулентлиги ва фазаларнинг томчиларга парчаланиши ортади. Бу ҳол ўз навбатида тарелкали ёки насадкали экстракторларда масса алмашилиш жараёнининг ўсишига олиб келади.

Пульсацияли экстракторнинг ишлаш режими пульсациялар интенсивлигига боғлиқ бўлиб, амплитуданинг частотага қўпайтмаси билан характерланади.

Агар, пульсация интенсивлиги кичик бўлса, енгил фаза оғир фазада ёки оғир фаза енгилда галма-гал тарқалади. Агар, пульсация интенсивлиги катта бўлса, колоннанинг ишчи зонаси яхлит фазага қарама - қарши йўналишда ҳаракат қилаётган майда томчилар билан бир текисда тўлиб туради. Бундай режим пульсацияли экстракторнинг оптимал режими ҳисобланади.

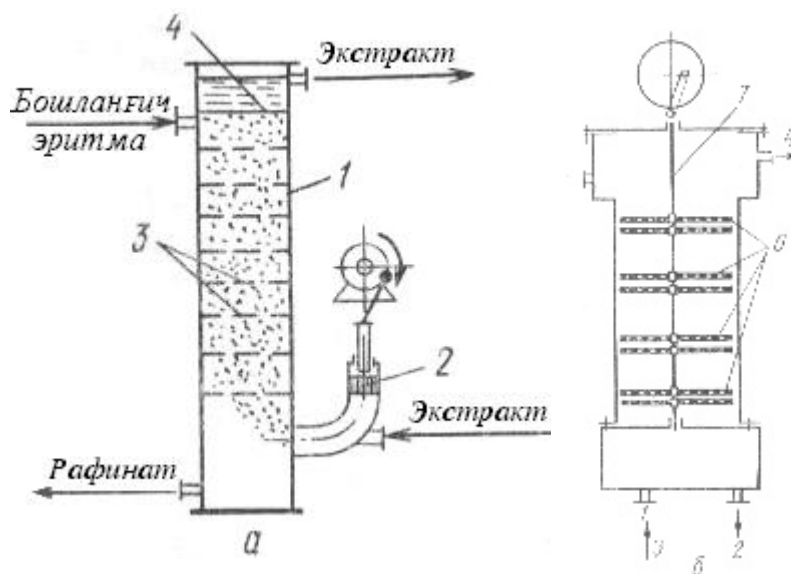
Тебранишлар амплитудаси сиқилган ҳавонинг босими билан белгиланади. Пульсациялар частотаси одатда минутига 30...250, амплитудаси эса - 2...25 мм ни ташкил этади.

Агар, пульсациялар интенсивлиги янада оширилса, экстракторда тикилиб қолиш ҳодисаси рўй беради.

Пульсацияли экстракторлар колоннасидаги бутун суюқликни тебратиш учун энергия сарфи катта, қўндаланг кесим бўйича оқим тезликлар бир хил эмаслиги ва кавитация ҳодиса ҳосил бўлиши мумкинлиги, ҳамда қурилманинг айрим бўлақларида ҳавфли кучланишлар барпо бўлиши - бу турдаги экстракторларнинг камчиликларидир.

Бир даста элаксимон тарелкалар вибрацияси туфайли колоннадаги суюқликка тебраниш бериш, пульсацияли усулга нисбатан самараси юқори бўлиб чиқди (5.59б-расм).

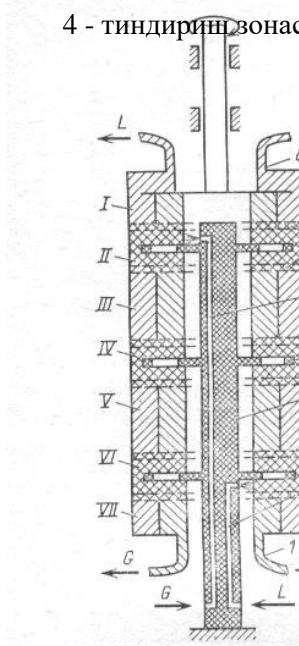
Бу турдаги қурилмаларда тарелка 5 лар шток 6 да ўрнатилади ва шток илгарилама - қайтма



5.59-расм. Пульсацияли (а) ва вибрация тарелкали (б) экстракторлар.

а) 1 - колонна; 2 - поршенли пульсатор; 3 - тарелка;

4 - тиндириш зонасидаги фазаларни ажратувчи юза.



5.60-расм. Трубали марказдан қочма

экстрактор схемаси.

1,8 –енгил ва оғир фазаларни тткиш цилиндрлари; 2,6 – оғир ва энгил фазалар кириш каналлари; 3 – цилиндрик барабан; 4 – кўнрақталмас цилиндр; 5 – тешикли аралаштирувчи дисклар; 7 – тешикли қайтарувчи тўсиқ; I, III, V, VII – сепарацион зоналар; II, IV,

ҳаракат қилади. Бундай ҳаракат суюқликка тебранишлар беради ва жараён интенсивлашади.

Пульсация ва вибрацияли экстракторларда масса алмашиниш интенсивлиги ротор - диски қурилманикига қараганда анча юқори. Бунга сабаб, масса бериш ва ўртача ҳаракатга келтирувчи кучнинг катталигидир. Ундан ташқари, солиштирма юклама  $30...80 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ . Бу кўрсаткич бошқа экстракторлар учун рухсат этилган юкламадан анча ортиқ.

Яна бир афзаллиги шундаки, қурилмада юқори масса аламинишга эришилгани учун, металл ва капитал сарфлар камаяди.

Лекин, пульсация ва вибрацияли экстракторлар камчиликлардан ҳоли эмас. Масалан, улар катта динамик юкламага бардош берадиган оғир пойдеворларга ўрнатилиши зарур. Ундан ташқари, бошқа экстракторларга қараганда эксплуатацион сарфлар ҳам бирмунча кўпроқ.

**Марказдан қочма экстракторлар.** Агар, экстракцияланаётган модда парчаланиб кетиш хусусиятига эга бўлса, жараённинг давомийлигини максимал даражада қисқартириш зарур бўлганда, бу турдаги экстракторлар қўлланилади. Маълумки, марказдан қочма экстракторларда жараён максимал тезлик билан амалга оширилади.

Эритма ва эритувчи зичликлари орасида фарқ жуда кичик бўлганда ҳам, бундай экстракторларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

Бу турдаги экстракторлар - трубали, камерали ва юпқа қатламли бўлади. 5.60-расмда трубали, марказдан қочма экстрактор схемаси келтирилган.

Экстрактор цилиндрик барабан 3 дан иборат бўлиб, ичига қайтарувчи диск 7 лар ўрнатилган бўлади. Қайтарувчи дисклар барабанни сепарацион (I, III, V, VII) ва экстракцион (II, IV, VI) зоналарга бўлади. Оқир фаза *L* канал 2 ва қўзқалмас цилиндр 4 орқали экстракторнинг VI зонасига узатилади. У ердан оқир фаза барабаннинг пастки қисмидан юқорига кўтарилади ва ҳалқасимон тўкиш канали 8 орқали чиқарилади. Енгил фаза *G* эса, канал 6 орқали юқори экстракцион зона II га узатилади. Оғир фаза *L* га қарама - қарши йўналишда ҳаракат қилиб, қурилманинг пастки қисмидаги тўкиш канали 1 орқали чиқарилади.

Жараён натижасида экстракцион зоналарда ҳосил бўлган эмульсия тешикли, қайтарувчи дисклар орқали ўтиш пайтида биринчи бор ажратилади. Эмульсиянинг тўлиқ фазаларга ажратилиши марказдан қочма куч таъсирида сепарацион зоналарда содир бўлади.

## 27<sup>A</sup>-МАЪРУЗА

### ҚАТТИҚ МАТЕРИАЛЛАРНИ ЭКСТРАКЦИЯЛАШ ВА ЭРИТИШ. ЭКСТРАКЦИЯЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ.

#### РЕЖА:

1. Экстракциялаш жараёни.
2. Био критерийси. Система мувозанати.
3. Экстракциялашнинг асосий усуллари. Экстракторлар конструкциялари.

#### Умумий тушунчалар

Говаксимон қаттиқ жисм таркибидан бир ёки бир неча компонентларни ажратиш олиш жараёни **экстракциялаш** деб аталади.

Қаттиқ жисмдан бир ёки бир неча компонентни селективлик қобилятига эга бўлган эритувчи ёрдамида ажратиш олиш жараёни **эритиш** деб номланади. Ушбу жараён экстракциялашжараёнининг хусусий ҳолидир.

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда жуда кўп капилляр-ғовакли жисмлар эритиш жараёни ёрдамида қайта ишланади. Экстракциялаш ишқор, кислота, тузлар, қанд, ўсимлик мойлар, шарбатлар, витаминлар, турли дорилар, рангли ва нодир металллар ва хоказоларни олишда ишлатилади. Экстракциялаш жараёнида керакли компонент қаттиқ фазадан диффузия йўли орқали суюқлик фазага ўтади. Бунинг учун шу компонентни эритадиган тегишли эритувчи танлаб олиниши керак. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, экстракциялаш ва эритиш жараёнлари «қаттиқ жисм - суюқлик» системасида олиб борилади. Экстракциялаш 2 босқичда ўтади:

1) компонентнинг қаттиқ жисмлар ички қисмидан ташқи юзасига диффузия йўли билан ўтиши;

2) компонентнинг диффузия жараёни туфайли қаттиқ жисм юзасидан чегаравий қатлам орқали суюқлик фазага ўтиши. Бу жараён нотурғун бўлиб, вақт бўйича ўзгаради.

Эритиш жараёнининг тезлиги фақат иккинчи босқичнинг қаршилигига боғлиқ, чунки биринчи босқичда қаршилиқ умуман бўлмайди. Шунинг учун, эритиш жараёни экстракциялашга қараганда анча тез боради.

Саноат технологик жараёнларида эритувчилар сифатида қуйидаги суюқликлар ишлатилади: сув - қанд лавлагидан шакарни, ҳамда кофе, чойни экстракциялаш учун; спирт ва спирт-сувли аралашмалар ликер - ароқ дамламаси ва пиво - алкоғолсиз ичимликлар ишлаб чиқариш саноатида; бензин, трихлорэтан, дихлорэтан - ёғ ва эфир мойларини ишлаб чиқаришда. Ундан ташқари, сув ва айрим ноорганик кислоталарнинг эритмалари ҳам, эритувчи сифатида ишлатилади. Бундай жараёнлар **ишқорланиш** деб номланади. Ишқорланиш минерал хом - ашёларни кимёвий қайта ишлаш йўли билан қимматбаҳо компонентларни олиш учун қўлланилади.

Эритиш жараёни технологик схемаларида филтрлаш, буғлатиш ва кристаллаш каби жараёнлардан аввал ишлатилади ва у биринчи босқич бўлиб ҳисобланади.

### Эритиш жараёни статикаси ва кинетикаси.

Жараённинг механизми шундаки, эритувчи қаттиқ жисм ғовакларига кириб боради ва ажратилиши керак бўлган моддани эритади.

Эритилган модданинг кимёвий потенциали ва унинг қаттиқ жисмдаги кимёвий потенциалига тенглашганда эриш жараёни мувозанат холига келади. Тўйиниш ҳолатига оид эритманинг концентрацияси *эрувчанлик* деб аталади.

Қаттиқ жисмнинг ташқи юзасидаги мувозанат қисқа вақт ичида ўрнатилади. Шунинг учун, масса алмашилиш жараёнларни таҳлил қилишда, "қаттиқ жисм - эритувчи" системасининг фазаларо юзасидаги концентрацияси тўйинган эритма концентрацияси  $y_{mii}$  га тенг деб қабул қилинади.

Эритиш жараёни кинетикасининг асосий масаласи фазаларнинг ўзаро тўқнашиш вақтини аниқлашдир. Фазалар тўқнашиш вақти маълум бўлгандан сўнг, экстракторларнинг асосий ўлчамлари ҳисобланади.

Эритиш жараёнида масса алмашилишга қаттиқ жисмнинг ички тузилиши: капилляр шакли ва ўлчами (1 б-расм), заррачалар кимёвий таркибига катта таъсир кўрсатади (1 а-расм). Қаттиқ жисмнинг ички тузилиши масса ўтказиш тезлигига ҳам катта таъсир этади.

Мақсадли компонент ажратиб олинган ҳажм ( $R-r_0$ ) да, шу компонент экстрагентда эриган ҳолда бўлади. Вақт ўтиши билан ушбу ҳажм улуши ортиб боради.

Эритиш жараёни мураккаб жараён бўлиб, эритувчини қаттиқ жисм ковакларига диффузияси, ажратиб олинаётган моддаларни эритиш, қаттиқ жисм капиллярлари орқали фазаларни ажратувчи юзага экстракцияланаётган модданинг диффузияси ва фазаларни ажратувчи юзадан экстрагент оқими ядросига массанинг ўтиши каби босқичлардан иборат.

Жараённинг қайд этилган 4 босқичдан охири иккитаси масса алмашилишнинг умумий тезлигини чегаралайди. Чунки, биринчи ва иккинчи босқичларнинг масса алмашилиш тезлиги, охири иккитасиникига қараганда анча юқоридир.

Шундай қилиб, масса алмашилиш жараёнининг умумий диффузия қаршилиги қаттиқ жисм ва эритувчиларнинг ички диффузион қаршиликлари йиғиндисидан иборат.

Капилляр - ғовак жисм ичидан модданинг диффузия тезлиги ушбу тенглама билан ифодаланади:

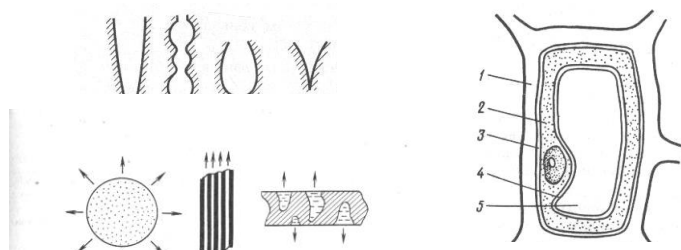
$$i = - \frac{dM}{F d\tau} \quad (1)$$

Масса ўтказувчанлик ва бериш тезликлари орасидаги нисбатни баҳолаш учун **Био критерий**сидан фойдаланилади:

$$Bi = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (2)$$

Айниқса, капилляр - ғовак жисмларда масса ўтказувчанлик тезлиги жуда кичик бўлади.

Масса ўтказувчанлик коэффиценти қаттиқ жисмнинг ички тузилишига, экстрагентнинг физик хоссалари, экстракцияланаётган модданинг концентрацияси ва



**1-расм. Ғоваксимон қаттиқ жисм тузилиши (а),**

**коваклар тури (б) ва ўсимлик хужайраси (в).**

жараён температурасига боғлиқ. Масса ўтказувчанлик коэффициентининг юқорида қайд этилган омилларга боғлиқлиги тажрибавий усулда топилади.

Эритиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч бўлиб, қаттиқ жисм юзасидаги экстракцияланувчи модда концентрацияси  $y_c = y_{myi}$  ва унинг экстрагентдаги ўртача концентрацияси  $y_{yp}$  ларнинг фарқи ҳисобланади.

Ушбу ҳолатда жараённинг тезлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = \beta_y (y_{myi} - y_{yp}) \quad (3)$$

бу ерда  $\beta_y$  - суюқлик фазадаги масса бериш коэффициенти.

Қалинлиги  $\delta$  бўлган чегаравий қатламдаги молекуляр диффузия тезлиги Фикнинг 1-қонуни ёрдамида топилади:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = D \frac{(y_{myi} - y_{yp})}{\delta} \quad (4)$$

бу ерда  $D$  - молекуляр диффузия коэффициенти.

Қаттиқ жисмни эритиш жараёни учун проф. А.Н. Шукарев томонидан ушбу формула келтириб чиқарилган:

$$\frac{M}{\tau} = \left( \frac{D}{\delta} \right) F_{yp} (y_{myi} - y_{yp}) = \beta_y \cdot F_{yp} (y_{myi} - y_{yp}) \quad (5)$$

бу ерда  $\beta_y = D/\delta$  Тажрибавий усул билан  $\beta_y \approx D^{0,33}$  эканлиги аниқланган.

(5) тенгламадан  $\beta_y$  масса бериш коэффициенти  $D^{0,66}$  га пропорционалиги кўриниб турибди. Юқорида келтирилган тенгламаларни инобатга олган ҳолда ва тажриба натижаларини умумлаштириш натижасида, ишқорлаб ажратиш жараёнида масса бериш коэффициенти  $\beta_y$  ни ушбу тенглама ёрдамида топиш мумкин:

$$Nu_d = 0,8 Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (6)$$

бу ерда  $Nu_d = \beta_y d/D$  - Нуссельт критерийси ( $d$  - қаттиқ заррача диаметри);  $Re = wd\rho/\mu$  - Рейнольдс критерийси ( $w$  - экстрагент тезлиги;  $\mu$  - экстрагент динамик қовушоқлиги);  $Pr = \nu/D$  - Прандтл критерийси.

### Экстракторларининг конструкциялари

Экстракция, эритиш ва ишқорлаб ажратиш учун даврий ва узлуксиз ишлайдиган экстракторлар қўлланилади. Қурилмадаги фазалар ҳаракатига қараб параллел, қарама - қарши ва мураккаб йўналишли бўлиши мумкин.

Суюқлик фазасининг қаттиқ материални ювиб ўтиш ҳаракатига қараб ўзгармас, механик аралаштиргичи бўлган ва мавҳум қайнаш қатламли экстракторлар бўлади.

Экстракторларни танлашда қаттиқ фаза физик-механик хоссалари ва ажраб чиқадиган экстракт концентрацияси ёки тайёр маҳсулот чиқиши ҳисобга олинади.

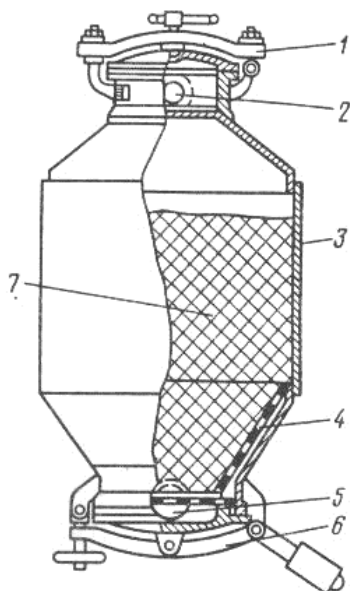
Маълумки, даврий ишлайдиган қурилмалар иш унумдорлиги кам бўлади. Шунинг учун, улар кичик хажмли корхоналарда қўлланилади. Лекин, саноат миқёсида кўпинча узлуксиз ишлайдиган қурилмалар ишлатилади. Экстрактор ва эриткич бир-биридан катта фарқланмайди. Агар, қурилма қаттиқ, ғоваксимон жисмни экстракциялаш учун қўлланилса **экстрактор** деб номланади. Агар, қурилма қаттиқ ғоваксимон материални эритиш учун ишлатилса, унда у **эриткич** деб аталади.

Экстрактор ва эриткичларга қўйиладиган талаб қуйидагилардан иборат:

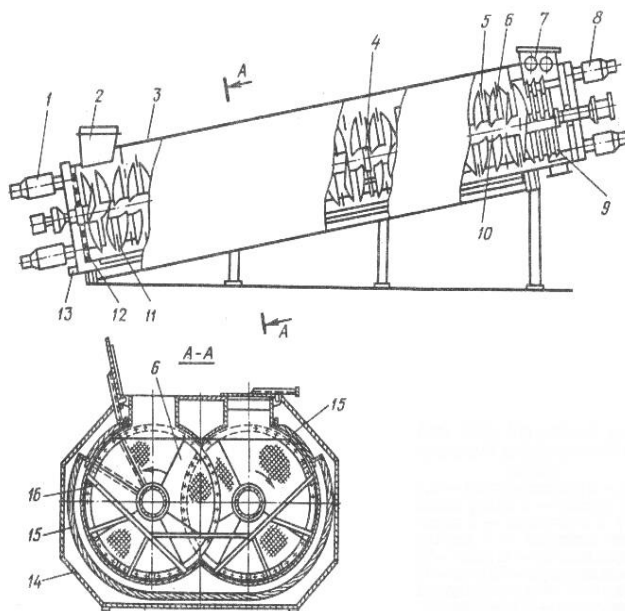
- қурилма хажми бирлигига тўғри келган экстрактнинг миқдори, яъни солиштирма иш унумдорлиги катта бўлиши зарур;
- ҳосил бўлаётган эритма концентрацияси иложи борича юқори бўлиши керак;
- энергия сарфи кам бўлиши зарур.

**Перколятор** - бу даврий ишлайдиган, кўзгалмас қатламли экстрактор (2-расм). У конуссимон тубли ва ясси қопқоқли цилиндрик қурилма бўлиб, тубида тешикли панжара ўрнатилган. Ушбу панжарага тепа люкдан майдаланган қаттиқ материал қатлами юкланади.

Ишқорлаб ажратиш жараёни тугагандан сўнг, материал пастки кўтарма люкдан



2-расм. Перколятор.



3-расм. Икки шнекли, оғмадиффузион қурилма.

- 1-қопқоқ; 2,5-эритувчи учун штуцерлар;  
3-қобик; 4-тешикли панжара; 6-кўтарма

люк

чиқариб юборилади.

Перколяторлар кетма-кет улашиб батареялар ҳосил қилинади. Батареяга уланадиган перколяторлар сони 4 та дан 15 та гача бўлиши мумкин. Эритувчи перколяторнинг паст қисмидан юқорига насос ёрдамида ҳайдалади. Батареяларда оқимлар йўналиши ҳар доим қарама-қарши бўлади. Исталган перколяторда ажратиш даражаси белгиланган даражага етиши билан ишлатиб бўлинган материални тўкиш учун батарея ўчирилади ва янги хом-ашё юкланади. Одатда, қурилмадан материал босим остида тўкилади.

**Узлуксиз ишлайдиган диффузион қурилмалар** кимё, тоғ - кон, озиқ - овқат ва бошқа саноатларда жуда кўп ишлатилади. Айниқса, қанд лавлагидан шакар олишда ва унинг турпини чиқариб ташлашда бу турдаги қурилмалар жуда самарали қўлланилмоқда.

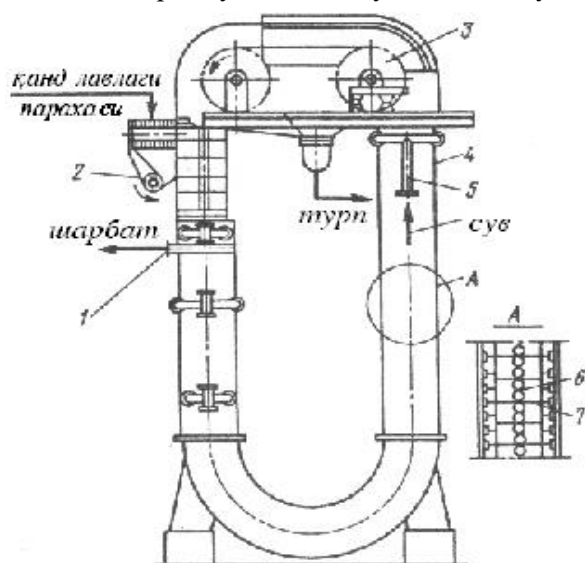
**Икки шнекли, оғма диффузион қурилма** одатда 8...11° бурчак остида ишлатилади. Қурилманинг тепа қисмида қанд лавлаги қириндиларини юклаш учун бункер ва ҳосил бўлаётган турпини (жомни) чиқариш учун шнеklar ўрнатилган (3-расм).

Қурилма ичида қанд лавлаги қириндиси иккита шнек ёрдамида пастдан тепага қараб узатилади. Винт чизиғи бўйлаб жойланган парраклар тизими шнеklarни ҳосил қилади. Биринчи шнекнинг парраклари, иккинчи шнекнинг парраклараро бўшлиғига кириб туради. Шнеklarнинг бундай жойлашиши қириндини бир текисда узатиш ва қириндини паррак билан бирга айланишига тўсқинлик қилади. Бунинг учун қурилмада контрпарраклар ва қопқоқнинг пастки қисмида тўсиқлар ўрнатилган.

Лавлаги турпи қурилманинг тепа қисмидаги шнеklar ёрдамида чиқарилади. Турпини самарали тўкиш учун парраклар ҳам ёрдам беради. Тўкиш шнеklари узатиш шнеklarига

нисбатан тўғри бурчак остида ўрнатилган ва уларга қарама - қарши йўналишда айланади. Экстракцияланаётган материални иситиш учун қурилманинг остки қисмида иситувчи камера ўрнатилган.

**Икки поғонали диффузион қурилма** U - симон, тўғри тўртбурчак қўндаланг кесимли қобикдан иборат бўлади. Ушбу қобик махсус таянчлари билан оғир пойдеворга ўрнатилади.



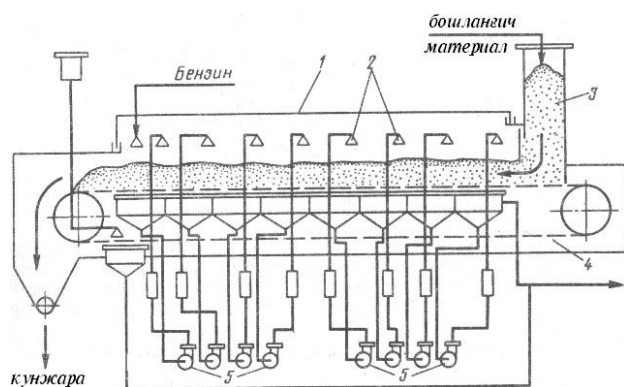
**4-расм. Икки колоннали диффузион**

**қурилма.** 1,5 - штуцерлар; 2 - ротацион улоқтиргич; 3 - барабан; 4 - қобик; 5 -

прессланган турп сувлари, қанд лавлаг киридисига қарама - қарши йўналишда, колоннанинг тепа қисмига юборилади. Жараён якунида ҳосил бўлган диффузион шарбат кейинги технологик жараёнга узатилса, турп эса - пресслашга ёки омборга юборилади. Айрим қурилмаларда қаттиқ материал қовшлар ёрдамида узатилади.

Лекин, материални узатиш учун ромча ёки қовш занжирли мосламаларни қўллаш, қаттиқ жисмларнинг зичланишига сабабчи бўлади. Маълумки, зичланган материални экстракциялаш анча қийин.

Парракли ва контрпарракли диффузион қурилмаларда қиринди анча майдаланади, бу эса диффузион шарбатнинг филтрланишини қийинлаштиради. Натижада, экстракциялаш жараёнининг тезлиги ҳам камаяди.



**5-расм. Лентали экстрактор.** 1 - қобик; 2 - сопллар; 3 - юқловчи шахта; 4 - узатувчи транспорт мосламаси; 5 - насослар.

Қурилма қобиғи айрим қаргалардан таркиб топган бўлиб, қаттиқлик қовурғалари билан мустаҳкамланади. Экстракторда материал узатувчи ромчалар ўрнатилган пластмасса занжирлар ёрдамида узатилади. Ушбу занжир электр юриткичга уланган узатма ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Ромчаларни вертикал ҳолатда материалдан тўлиқ тозалаш учун зарба типидagi тозалогич ўрнатилган.

Хом - ашё қурилмага панжарасимон конвейер ва ротацион улоқтиргич ёрдамида юкланади. Иситилган шарбат қурилмага сопллар ёрдамида пуркалади.

Қурилмадан диффузион шарбат камерада ўрнатилган конуссимон тешикли элак ва патрубклар орқали чиқарилади. Барометрик сув қурилманинг тепа қисмида жойлашган прессланган турп суюқлиги эса, пастки сопллар орқали қурилмага киритилади.

Қанд лавлаг пархаси ромчали занжир ёрдамида қурилма бўйлаб узатилади ва охирида тўкиш штуцерига олиб келинади. Барометрик ва

**Лентали экстракторлар** кўпинча таркибида ёғ бор материаллардан (писта, чигит ва х.) ёғни экстракциялаш учун қўлланилади (5-расм).

Майдаланган қаттиқ фаза (писта) лентада юққа қатлам ҳолида узатилса, экстрагент - бензин ёки гексан эса насослар ёрдамида лентадаги хом - ашёга пуркалади. Қаттиқ материал ва экстрагентларнинг ўзаро ҳаракати комбинацияланган, мураккаб бўлиб, яъни ҳар бир бўлимда ўзаро кесишган ва экстракторнинг бутун узунлиги бўйлаб қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади. Экстрактор конструкцияси қаттиқ материал ва экстрагентнинг ўзаро яхши тўқнашувини таъминлай олмайди. Шунинг учун, экстракциялаш жараёни жуда

кичик тезликда кечади. Демак, хом - ашёдан ёғни тўла ажратиб олиш учун экстракция жараёни бир неча поғонали курилмада олиб бориш керак.

**Текшириш учун саволлар:**

1. Экстракциялаш нима?
2. Ишқорланиш деб нимага айтилади?
3. Лентали экстрактор қандай мақсадларда қўлланилади?

## 28- МАЪРУЗА АДСОРБЦИЯ. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР.

**РЕЖА:**

1. Адсорбция, адсорбентлар характеристикалари.
2. Жараён мувозанати ва тезлиги.
3. Адсорберлар конструкцияси.
4. Ион алмашилиш жараён ва курилмалари

**Умумий тушунчалар.**

Газ аралашмалари газ ёки буғларни ёки эритмалардан эриган моддаларни қаттиқ, говаксимон жисм ёрдамида ютиш жараёни **адсорбция** деб номланади. Ютилаётган модда **адсорбтив**, ютувчи модда эса – **адсорбент** деб аталади.

Адсорбция жараёнининг ўзига хослиги шундаки - у селектив ва қайтар жараёндир. Жараённинг қайтар бўлишлиги туфайли адсорбент ёрдамида буғ – газ аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентларни ютиш, сўнг эса махсус шароитда уларни адсорбентдан ажратиб олиш мумкин.

Адсорбцияга тескари жараён **десорбция** деб номланади. Адсорбция жараёни халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг тарқалган бўлиб, газларни тозалаш ва қисман куриштиш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, буғ - газ аралашмаларини ажратиш учун ишлатилади.

Кимё саноатда адсорбция қуйидаги жараёнларни: газлар ва эритмаларни тозалаш ва куриштишда, эритмалардан қимматбаҳо моддаларни ажратиб олишда, нефть ва нефть маҳсулотларини тозалашда, нефтни қайта ишлашда ҳосил бўладиган газ аралашмаларидан ароматик углеводородларни (этилен, водород, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни) ажратиб олишда ишлатилади.

Озиқ - овқат саноатида эса қанд қиёми ва диффузион шарбатларни тозалашда, пиво ва мевалар шарбатларини тиндириш, вино, коньяк, ароқ ва спиртларни органик ва бошқа бирикмалардан тозалаш, крахмал-патока саноатида қиёмларни тозалашда қўлланилади.

Адсорбция жараён 2 хил бўлади, яъни физик ва кимёвий адсорбция. Агар, адсорбент ва адсорбтив молекулаларининг ўзаро тортишиши Ван-дер-Ваальс кучлари таъсири остида содир бўлса, бундай жараён **физик адсорбция** деб номланади.

Физик адсорбция жараёнида адсорбент ва адсорбтивлар ўртасида кимёвий ўзаро таъсир бўлмайди.

Адсорбция жараёнида буғларнинг ютилиши пайтида улар конденсацияланади, яъни адсорбент коваклари суюқлик билан тўлиб қолади. Бошқача қилиб айтганда, адсорбентда капилляр конденсация рўй беради.

**Кимёвий адсорбция** ёки **хемосорбция** адсорбент ва ютилган модда молекулалари орасида кимёвий боғлар ҳосил бўлиши билан характерланади. Бу албатта кимёвий реакциянинг натижасидир. Ундан ташқари, хемосорбция жараёнида кимёвий реакция туфайли катта миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади. Одатда адсорбция жараёнида ажралиб чиқадиган иссиқлик **адсорбция иссиқлиги** (Ж/кг) деб номланади ва у тажрибавий усулда ёки қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (1)$$



бу ерда  $p_1$  ва  $p_2$  - тегишли абсолют температуралар  $T_1$  ва  $T_2$  ларда адсорбент устидаги ютилаётган модданинг мувозанат босимлари.

Шундай қилиб, хемосорбция жараёни юқори температурада кичик тезликларда содир бўлади.

Адсорбция жараёнининг селективлиги адсорбент ва ютилаётган компонентнинг концентрациясига температурага, табиатига ва газлар ютилаётганда босимга боғлиқдир.

Ундан ташқари, жараён тезлиги адсорбентларнинг солиштирма юза катталигига ҳам боғлиқ.

### **Адсорбентлар турлари ва характеристикалари**

Маълумки, халқ хўжалигининг турли соҳаларида қўлланиладиган адсорбентлар иложи борича катта солиштирма юзага эга бўлиш керак. Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда фаолланган кўмир, силикагеллар, алюмогеллар, цеолитлар, целлюлоза, ионитлар, минерал тупрок (бентонит, диатомит, каолин) ва бошқа материаллар адсорбент сифатида ишлатилади. Албатта, адсорбентлар маҳсулот билан бевосита таъсирда бўлгани учун зарарсиз, мустаҳкам, заҳарлимас ва маҳсулотни ифлос қилмаслиги керак.

Адсорбентлар модданинг масса бирлигига нисбатан жуда катта солиштирма юзали бўлади. Унинг ичидаги капилляр каналлари ўлчамига қараб 3 гуруҳга бўлинади, яъни макроковакли ( $>2 \cdot 10^{-4}$  мм), оралиқ ковакли ( $6 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-4}$  мм) ва микроковакли ( $2 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-6}$  мм) бўлади. Шуни таъкидлаш керакки, адсорбция жараёнининг характери кўп жиҳатдан коваклар ўлчамига боғлиқ.

Адсорбент юзасида ютилаётган компонент молекулаларининг миқдорига қараб бир молекулали қатлам (мономолекулали адсорбция) ва кўп молекулали қатлам (полимолекулали адсорбция) ҳосил қилиш мумкин.

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

Динамик ютиш қобилияти эса, адсорбент орқали адсорбтив ўтказиш йўли билан аниқланади.

Адсорбентларнинг компонент ютиш қобилияти температура, босим ва ютилаётган модда концентрациясига боғлиқ. Ушбу шароитларда адсорбентнинг максимал ютиш қобилияти мувозанат фаоллиги деб номланади.

Адсорбентлар зичлиги, эквивалент диаметри, мустаҳкамлиги, гранулометриқ таркиби, солиштирма юза каби хоссалари билан характерланади. Саноатда кўпинча гранула (2...7 мм) кўринишидаги ёки ўлчамлари 50...200 мкм бўлган кукунсимон адсорбентлардан фойдаланилади.

**Фаолланган кўмирлар** одатда таркибида углерод бор ёғоч, торф, хайвонлар суяги, тошкўмир каби маҳсулотларни куруқ ҳайдаш йўли билан олинади. Кўмир фаоллигини ошириш учун унга  $900^\circ\text{C}$  дан ортиқ температурада ҳавосиз термик ишлов берилади. Бунда, материал ковакларидagi смолалар экстрагент ёрдамида экстракция қилиб олинади.

Фаолланган кўмирларнинг солиштирма юзаси -  $600 \dots 1750 \text{ м}^2/\text{г}$ , тўкма зичлиги -  $250 \dots 450 \text{ кг}/\text{м}^3$ , микроковаклар ҳажми -  $0,23 \dots 0,7 \text{ см}^3/\text{г}$ . Ундан ташқари, улар таркибида жуда кам миқдорда ( $<8\%$ ) кул бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, ҳавода  $300^\circ\text{C}$  температурада фаолланган кўмир ёнади.

Фаолланган кўмирнинг майда кукунлари  $200^\circ\text{C}$  га яқин температурада ёнади ва концентрацияси  $17 \dots 24 \text{ г}/\text{см}^3$  бўлганда ҳаво таркибидаги кислород билан портловчи бирикма ҳосил қилади.

Адсорбция жараёнида тозалашнинг самарадорлиги адсорбентнинг ғоваксимон тузилишига боғлиқ бўлиб, бунда микроковак асосий роль ўйнайди. Фаолланган кўмирлар адсорбцион бўшлигининг чегаравий ҳажми  $0,3 \text{ см}^3/\text{г}$  лиги тозалаш жараёнида қўллаш тавсия этилади. Маълумки, микроковаклар ўлчами каталитик реакциялар тезлигини белгилайди. Микроковак ўлчами  $0,8 \dots 1,0 \text{ мкм}$  бўлган фаолланган кўмирлар оптимал деб ҳисобланади.

Спирт ва ликер-ароқ ишлаб чиқариш саноатида оқ қайин БАУ, бук каби ёғочлардан олинган фаолланган кўмир, спирт-ректификатларни альдегид, кетон, мураккаб эфир, карбон кислоталар ва юқори молекулали бирикмалардан тозалашда ишлатилади. Ундан ташқари, мевалар шарбати ва пивони тиндириш учун ҳам ишлатиш мумкин. Ёанд шарбатини тиндириш учун эса суяк кўмири асосида олинган кўмирлар қўлланилади. Ёанд шарбати, коньяк, вино, мева шарбатлари, эфир ёғлари, желатинни тозалаш учун майда донасимон фаолланган кўмир - деколар ишлатилади. Айрим ҳолларда, фаолланган кўмирлар тозалаш билан бирга ҳид, ёқимсиз таъм, коллоид ва бошқа

кўшимча аралашмаларни ҳам йўқотади.

**Силикагеллар** - бу кремний кислота гелининг сувсизлантирилган маҳсулотидир. Ушбу адсорбентлар натрий силикат эритмаларига кислота ёки улар тузларининг эритмаларини таъсири натижасида олинади. Силикагелларнинг солиштирма юзаси 400...780 м<sup>2</sup>/г, тўкма зичлиги эса - 100...800 кг/м<sup>3</sup>. Силикагел гранулалари 7 мм гача бўлиши мумкин. Силикагеллар асосан сув буғини ютиш, газларни куриштиш, пиво ёки мева шарбатларини тозалаш учун қўлланилади. Бу адсорбент бошқа адсорбентларга қараганда ёнмайди, механик жиҳатдан мустаҳкам бўлади.

**Цеолитлар** - табиий ва сунъий минерал ҳолатида бўлиб, алюмосиликатнинг сувли бирикмаси. Ушбу адсорбент сувда ва органик эрималарда эримайди. Сунъий цеолит ковакларни ўлчами сорбцияланаётган молекула ўлчамига яқин бўлгани учун, ковакларга кириётган молекулаларни адсорбция қила олади. Бу турдаги цеолитлар молекуляр элақлар деб номланади. Цеолитларнинг айрим турлари шарбатларни концентратлаш учун ишлатилади.

Цеолитлар юқори ютиш қобилиятига эга бўлгани учун, газларни ва суюқликларни қисман куриштиш ёки сувсизлантириш учун ҳам қўлланилади. Цеолитлар, кўпинча 2...5 мм диаметрли гранула кўринишида ишлаб чиқарилади.

**Тупроқлар ва табиий тупроқсимон адсорбентлар** каторига бентонит, диатомит, гумбрин, асканит, мураккаб кимёвий таркибли юқори дисперс системалар SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO ва бошқа металл оксидлари киради. Табиий тупроқлар фаоллигини ошириш учун улар сульфат ва хлорид кислоталар билан қайта ишланади. Натижада кальций, магний, темир, алюминий ва бошқа метал оксидлари чиқариб юборилиши туфайли кўшимча коваклар ҳосил бўлади.

Бу тупроқлар солиштирма юзаси 20...100 м<sup>2</sup>/г, коваклар ўртача радиуси 3...10 мкм бўлади.

Катион алмашилиш сиғими ортиши билан тупроқларнинг тозалаш қобилияти кўпаяди. Одатда, тупроқлар суюқлик муҳитларни тозалаш учун ишлатилади, масалан, рангли моддаларни қайта ишлаш натижасида маҳсулот оқаради. Шунинг учун, айрим ҳолларда тупроқли адсорбентлар оқартирувчи тупроқ деб ҳам аталади.

Озиқ-овқат саноатида тупроқсимон адсорбентлар вино, пиво, мева шарбатлари, ўсимлик ёғларини рафинация қилиш ва бошқа мақсадларда ишлатилади. Пивони тозалаш учун эса, сирт фаол бентонитдан кенг қўламда фойдаланилади. Масалан, натрийли бентонит винони на фақат тозалайди ва мўтадиллайди, балки уни етилиш жараёнини тезлаштиради ва муддатини қисқартиради.

#### Адсорбция жараёни мувозанати

Адсорбцион кучлар табиатидан қатъий назар, адсорбентнинг масса ёки ҳажм бирлигида ютилган модда миқдори, ютилаётган модда табиати, температура, босим ва фазадаги аралашма миқдорига боғлиқ.

Жараёндаги қаттиқ ва газ ёки суюқлик фазаларида ютилаётган модданинг мувозанат концентрациялари ўртасида куйидаги боғлиқлик бор:

$$\bar{x}_m = f_1(\bar{y}) \quad \text{ёки} \quad \bar{x}_m = f_2(p) \quad (2)$$

бу ерда  $\bar{x}_m$  - адсорбентда ютилган модда (адсорбтив) концентрацияси, яъни газ ёки суюқлик фазаларидаги адсорбтивнинг мувозанат концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг адсорбентга нисбати;  $\bar{y}$  - буғ ёки суюқлик фазадаги адсорбтив концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг инерт қисмига нисбати;  $p$  - буғ-газ аралашмадаги адсорбтивнинг мувозанат босими, Н/м<sup>2</sup>.

(2) тенглама билан ифодаланувчи боғлиқликлар **адсорбция изотермалари** деб номланади.

Кимёвий термодинамика асосида адсорбция изотермаларининг аниқ ифодалари топилади: Ленгмюр изотермалари

$$x_m = \frac{abp}{1 + ap} \quad (3)$$

ёки Фрейдлик изотермалари

$$x_m = k \cdot p^{1/n} \quad (3a)$$

бу ерда  $x_m$  - адсорбент билан ютилган модда концентрацияси, кг 1 кг адсорбентга;  $a, b, k, n$  -

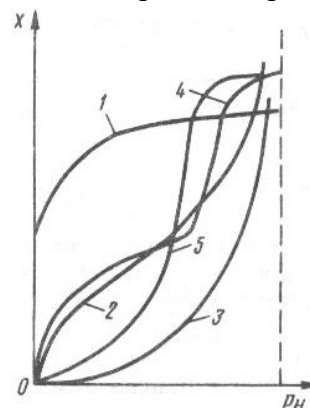
тажрибавий усул билан аниқланадиган константалар.

Температура пасайиши, босим ортиши ва фазаларда кўшимча аралашмалар бўлмаса, адсорбция жараёни тезлашади.

Адсорбция изотермасининг тури кўпгина омилларга: адсорбентнинг солиштирма юзаси, коваклар ҳажми, адсорбент тузилиши, ютилаётган модда хоссалари ва жараён температурасига боғлиқ.

2-расмда асосий 5 хил изотермалар тури келтирилган.

Расмдаги 1 эгри чизик микроковакли адсорбентга оид. 2 ва 4 эгри чизиклар бошланишидаги бўртиқлик ҳам микроковаклар билан боғлиқ. Изотермаларнинг кейинги қисми йўналишини полимолекуляр адсорбция ва капилляр конденсация белгилайди. 3 ва 5 эгри чизиклар ботиқ қисми "адсорбент-адсорбтив" системада адсорбтив билан адсорбент молекулаларининг ўзаро таъсир кучлари адсорбтив молекулаларининг ўзаро таъсир кучларидан кам бўлган ҳолатини характерлайди. Бу турдаги изотермалар жуда кам учрайди.



2-расм. Изотермаларнинг

Адсорбция жараёни бошқа қаттиқ фазали системаларда масса алмашиниш жараёнидан (механизми) фарқ қилмайди.

Умумий ҳолатда адсорбентда ютилаётган модданинг диффузия жараёни критериял тенгламаси ёрдамида ифодаланади:

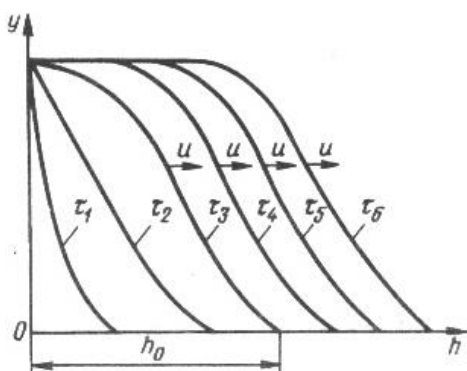
$$\frac{x - x_m}{x_0 - x_m} = f\left(Bi_D, Fo_D, \frac{z}{\delta}\right)$$

Кўзгалмас адсорбент қатламига ютилаётган модданинг бошланғич концентрацияси  $y$  бўлган оқим узлуксиз равишда узатилиш ҳолатини кўриб чиқамиз.

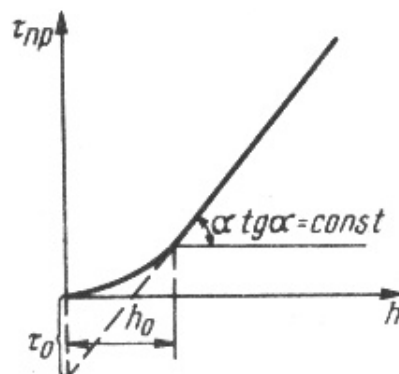
Адсорбент қатлами орқали оқим аралашмасдан, идеал сиқиб чиқариш режимида ҳаракатланмоқда деб фараз қиламиз.

Маълум вақт ўтгандан сўнг, адсорбент қатламининг бошланғич қисми тезда тўйинади ва адсорбтивни адсорбция қилиши тўхтади. Натижада, ютилаётган модда концентрацияси ўзгармас қатламнинг бошланғич қисмидан ўтиб кетади ва адсорбция зонаси юқорига қараб кўтарилиб боради. Адсорбент қатлами баландлиги бўйича адсорбтивнинг тарқалиши раво ва адсорбция кўлами ҳосил бўлади (3-расм). Ушбу расмда  $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_n$  вақтларда адсорбент қатлами баландлиги  $h$  бўйича адсорбтив нисбий концентрациясининг тақсимланиш эгри чизиклари келтирилган. Шуни таъкидлаш керакки  $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$  бу ерда  $\tau_n$ -жараён бошланишидан ўтган вақт.

Жараён давомида бирор вақт ўтиши билан адсорбция кўлами ўзгармайди. Адсорбция



3-расм. Адсорбция кўламининг



4-расм. Химояловчи таъсир давомийлигининг адсорбент қатлами баландлигига боғлиқлиги.

жараёнида адсорбтив қатламининг тўйиниш пайтигача ишлаш вақти, адсорбция кўламининг ташкил этиш даври деб номланади. Адсорбентнинг бутун қатлами бўйича адсорбция зонаси вақт ўтиши билан қатламда адсорбтив концентрацияси раво ўзгаради. Натижада, адсорбция кўлами қандайдир ўзгармас тезлик билан силжийди. Адсорбтивнинг "ўтиб кетишига" тўғри келадиган

вақтдан бошлаб адсорбент қатламининг адсорбцион ёки химояловчи таъсири тамом бўлади.

Адсорбент қатлампдан адсорбтивнинг "ўтиб кетиш" вақтига мос келадиган ўртача концентрацияси қатламнинг динамик фаоллиги деб аталади.

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

Ютилаётган модда концентрацияси бошланғичдан "ўтиб кетиш" концентрациясигача ўзгараётган адсорбент қатламининг  $h_0$  қисми ишчи қатлам дейилади. Ушбу жараёнга тўғри келадиган вақт - химоя қилиш вақти дейилади.

Проф. Шилов И.А. томонидан ўзгармас тезлик  $u$  да адсорбция қўламининг силжишини ифодалаш учун тегишли формуласи келтириб чиқарилган. Адсорбция ёки химояловчи таъсир вақтини ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\tau = kh - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \quad (4)$$

бу ерда  $k=1/u$  - қатламни химояловчи таъсир коэффиценти;  $\tau_0$  - қатламни химояловчи таъсир вақтининг йўқотилиши.

(4) тенгламадаги катталиклар тажрибавий йўл билан аниқланади ва уларнинг график тасвири 4-расмда кўрсатилган. Эгри чизик тўғри қисмининг қиялик бурчак тангенци ( $tg \alpha = k$ ) қатламнинг химояловчи таъсири коэффицентига тенг. Ордината ўқи давоми билан эгри чизикнинг тўғри қисмининг кесишган жойидаги кесма эса, химояловчи таъсир вақти йўқотилиши  $\tau_0$  га тегишли.

Адсорбция қўламининг силжиш тезлигини ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама тавсия этилади:

$$u = w_0 \frac{y_\delta}{\varepsilon \cdot y_\delta + x_m} \quad (5)$$

бу ерда  $w_0 = w' \cdot \varepsilon$  - оқимнинг сохта тезлиги ( $w'$  - адсорбент заррачалари орасидаги каналларда оқимнинг тезлиги;  $\varepsilon$  - адсорбент қатламининг ғовақилиги);  $x_m$  - оқимдаги адсорбтивнинг ҳажмий концентрацияси  $y_n$  билан мувозанатдаги адсорбент қатламидаги адсорбтив концентрацияси.

### Десорбция.

Маълумки, адсорбция жараёни аралашмаларни ажратиш учун қўлланилади ва ҳар доим десорбция жараёни билан кетма-кет ўтказилади.

Одатда, адсорбентни қайта ишлатиш мақсадида унга ютилган модда десорбция қилиб ажратиб олинади. Бунинг учун кўпинча сув буғи ишлатилади. Десорбция натижасида олинган адсорбтив ва сув буғи аралашмаси конденсаторга йўлланилади. Унда, маҳсулот сувдан чўктириш усулида ажратиб олинади.

Саноатда десорбциянинг бир неча усули қўлланилади.

а) адсорбентга ютилган компонентлар ютилишчи моддаларга нисбатан юқори адсорбцион қобилиятга эга бўлган элткичлар ёрдамида сиқиб чиқарилади;

б) адсорбент қатламини қиздириш йўли билан нисбатан юқори учувчанликка эга ютилган компонентларни буғлатиш.

Айрим ҳолларда адсорбция жараёнида ҳосил бўлган смола ва бошқа маҳсулотларни тозалаш учун ушбу компонентлар куйдирилади.

Десорбциянинг у ёки бу усулини қўллаш техник-иқтисодий мақсаддан келиб чиққан ҳолда танланади. Иккала усул ҳам амалиётда кенг ишлатилади ва кўпинча биргаликда қўлланилади.

Адсорбция жараёни тугагандан сўнг, адсорбент қатлампдан тоза буғ ёки газ ўтказилади ва ютилган модда ажратиб олинади. Десорбция жараёнини жадаллаштириш учун юқори температурадаги десорбловчи элткич адсорбент қатлампдан ўтказилади.

Десорбловчи элткич сифатида сув ва органик моддалар буғлари, ҳамда инерт газларни қўллаш мумкин. Десорбция жараёни тугагандан сўнг адсорбент қатлами одатда қурилади ва

совутилади. Ҳайта тиклаш жараёнида фаолланган кўмирга ютилган учувчан эритувчилар тўйинган сув буғи ёрдамида десорбция қилинади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, ютилган модданинг асосий қисми десорбция жараёнининг бошида ажратиб олинади. Жараён охирига бориб, унинг тезлиги пасаяди, аммо ютилган компонент бирлигига сув буғининг сарфи жуда кўпайиб кетади. Шунинг учун сув ёки бошқа органик модда буғларини тежаш мақсадида, десорбция жараёни охиригача олиб борилмайди. Шу сабабли, ютилган компонентнинг бир қисми адсорбентда қолиб кетади.

Десорбция жараёни давомида иситувчи буғнинг бир қисми бутун системани иситишга, адсорбентда ютилган моддани десорбциялаш ва атроф муҳитга йўқотилган иссиқликни компенсация қилишга сарфланади. Лекин, шунини назарда тутиш керакки, иситувчи буғнинг ҳаммаси адсорбентда бутунлай конденсацияланади.

Адсорбент қатламидаги десорбцияланган моддалар динамик буғ ёрдамида пуфлаб чиқарилаюи. Динамик буғ адсорбентда конденсацияланмайди ва қурилмадан десорбцияланган моддалар билан бирга учиб чиқади.

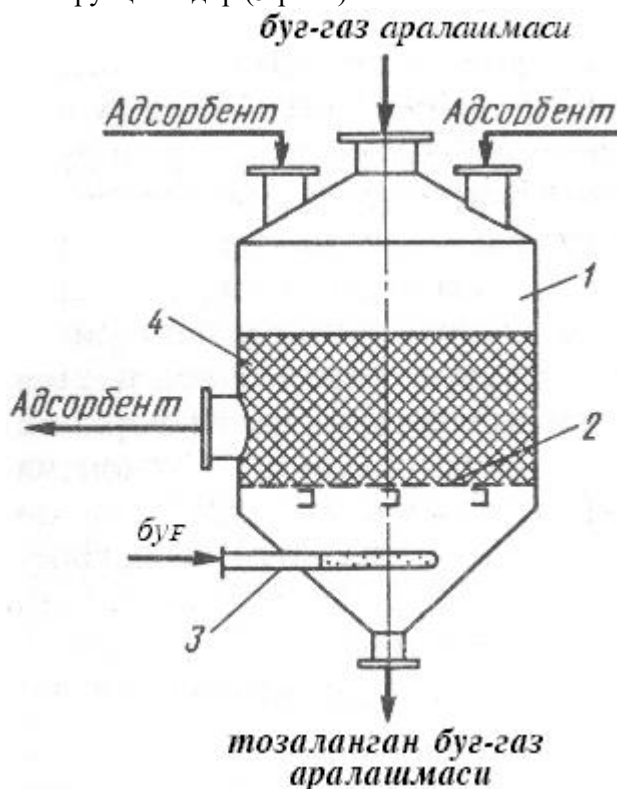
Тахминий ҳисобларга кўра, 1 кг моддани десорбциялаш учун 3...4 кг динамик буғ сарфланади. Цеолитларни қайта тиклаш учун кўпинча қиздирилган қуруқ газ қўлланилади. Десорбция жараёни адсорбция каби кўзғалмас, ҳаракатчан ва мавҳум қайнаш қатламларида олиб борилади.

### Адсорберлар конструкциялари

Жараёни ташкил этиш бўйича адсорберлар 2 гуруҳга бўлинади: даврий ва узлуксиз.

*Даврий адсорберлар* кўзғалмас ва мавҳум қайнаш қатламли бўлади.

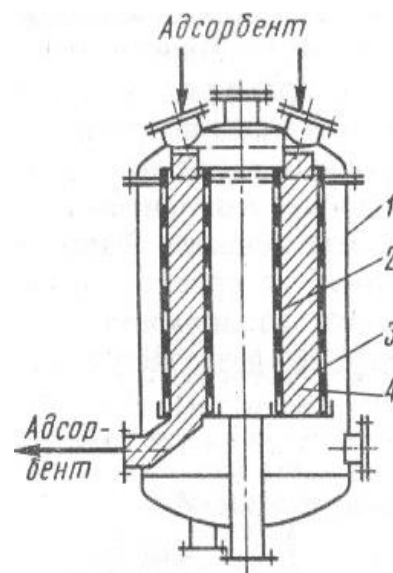
*Вертикал цилиндрик адсорбер* - даврий ишлайдиган адсорберларнинг энг кўп тарқалган конструкциясидир (5-расм).



5-расм. Қўзғалмас қатламли адсорбер.

1-қобик; 2-колосникли панжара; 3-ҳалқасимон

Колосникли панжара 2 га қурилма тепа қисмидаги люклар орқали адсорбент гранулалари юкланади. Қурилманинг пастки қисмидаги люклар орқали эса, ишлатиб бўлинган адсорбент тўкилади. Бу турдаги адсорберлар буғ-газ аралашма ва суюқлик эритмаларини тозалаш учун ишлатилади. Бошланғич аралашма ва ўткир буғни узатиш учун адсорберда тегишли штуцерлар ўрнатилган. Одатда, бошланғич эритма адсорбернинг ҳалқасимон трубаи 3 орқали пастдан



6-расм. Ҳалқасимон адсорбент қатламли

юкорига ҳаракатлантирилади. Буғ-газ аралашмаси эса, юкоридан пастга қараб узатилиши мумкин. Бундай қурилмаларда, десорбция жараёнида ўткир буғ ҳалқасимон труба 3 орқали юборилади.

Бу турдаги адсорберларда адсорбция жараёни 4 босқичда ўтади: адсорбция, десорбция, қуритиш ва адсорбентни совитиш. Жараён тугагандан сўнг, ишлатилиб бўлинган адсорбентни қайта тиклаш масаласи пайдо бўлади. Адсорбентдан ютилган моддани десорбциялаш технологик жараённинг зарур босқичидир. Ушбу босқичда бирданига иккита масала ечилади: адсорбентни қайта тиклаш ва моддани ажратиб олиш.

Десорбциялашнинг асосий усули бу тўйинган сув буғи ёрдамида адсорбентдан ютилган компонентни сиқиб чиқариш. Десорбция жараёни тезлигини ошириш учун жараён юқори температураларда ўтказилади.

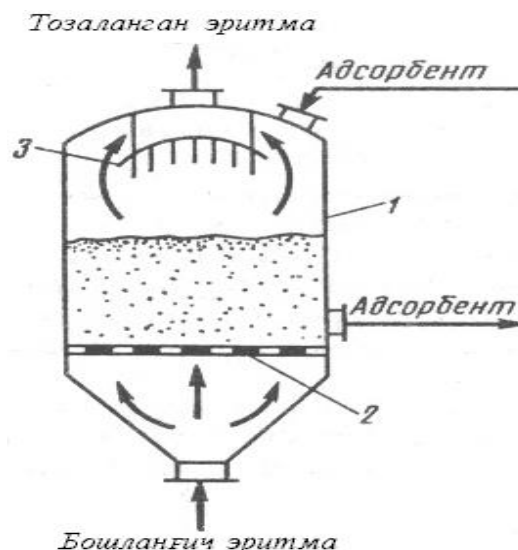
Вертикал, қўзғалмас ҳалқасимон адсорбент қатламли адсорбер - буғ-газ аралашмасидан компонентларни ютиш учун мўлжалланган (6-расм). Адсорбер вертикал қобик 1 дан иборат бўлиб, унинг ичида ички 2 ва ташқи 3 панжаралар орасига адсорбент 4 жойлашган бўлади. Адсорбция босқичида буғ-газ аралашмаси адсорбернинг пастки қисмига берилади ва ҳалқасимон адсорбент қатламининг кесими бўйича тақсимланади. Адсорбент қатлампанан ўтиб, тозаланган буғ-газ аралашма марказий патрубкдан чиқиб кетади. Десорбциялаш босқичида сув буғи адсорбернинг марказий патрубкани орқали узатилади. Десорбцияланган компонент ва сув буғларининг аралашмаси қурилманинг пастки қисмидаги штуцер орқали чиқарилади. Адсорбентни қуритиш учун иссиқ, совитиш учун эса - совуқ ҳаво юборилади. Адсорбент совутилгандан сўнг цикл яна қайтадан такрорланади. Адсорбентни юклаш қурилманинг тепасидаги люк, тўкиш эса-пастки течка орқали амалга оширилади.

**Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер** – майда, донатор адсорбент билан тўлдирилган бўлади (7-расм).

Бошланғич аралашма адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан каттарок тезликда газ тақсимловчи тешикли панжара 2 остига узатилади. Натижада, адсорбент қатлами кенгайди ва сўнг мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади. Адсорбция жараёни мавҳум қайнаш қатламида ўтказиш масса алмашилиш жараёни интенсификацияга ва жараён давомийлигини қисқаришига олиб келади.

**Харакатчан донатор адсорбент қатламли адсорберлар**- бу ичи бўш колонна типдаги қурилма бўлиб, унда тўсиқлар, қуйилиш патрубкани ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

8-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва тақсимловчи тарелкалардан таркиб топган. Бу



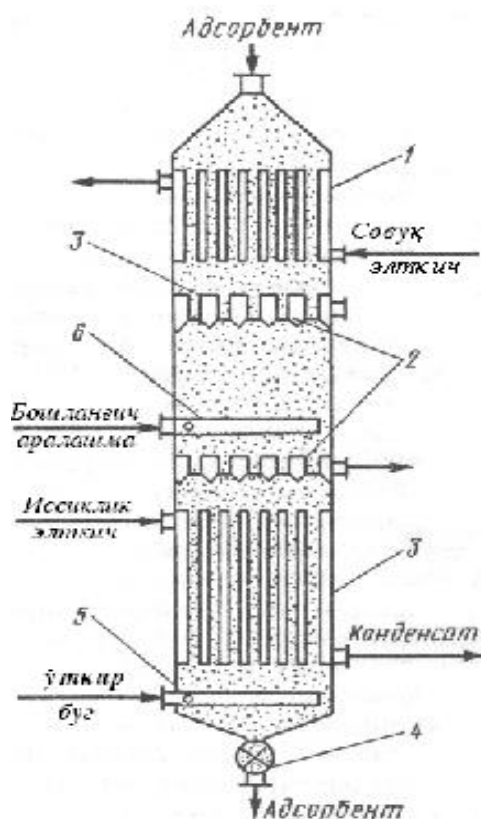
**7-расм. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер.**

1-қобик; 2-тақсимловчи тешикли панжара; 3-

турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция қилиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади.

Адсорбентнинг биринчи секцияси бўлиши совуткичда қайта тикланган адсорбент совутилади. Ушбу секция қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси кўринишида ясалган. Совуқлик элткич совуткичнинг трубалараро бўшлиғига узатилса, адсорбент эса - трубалар ичида ҳаракатланади.

Иккинчи секция адсорбер вазифасини бажаради. Бу ерда адсорбент буғ-газ аралашмаси билан тўқнашувда бўлади. Биринчи секциядан иккинчисига адсорбент



**8-расм. Ҳаракатчан адсорбент қатламли адсорбер.** 1-совуткич; 2-тақсимловчи тарелка; 3-иситкич; 4-шлюзли тамба; 5-ўткир буғ тақсимлагич; 6-бош-ланғич эритма тақсимлагич.

патрубк ва тақсимловчи тарелкалар орқали ўтади. Ҳайд этилган мосламалар адсорбент қурилма кўндаланг кесими бўйича бир хилда тақсимлаш ва иккала секция орасида тамба ва ажратиб турувчи восита сифатида хизмат қилади. Ундан кейин, ишлатиб бўлинган адсорбент десорбция секциясига ўтади ва у ерда десорбцияловчи элткич (ўткир буғ) билан ўзаро таъсирда бўлиб қиздирилади. Ҳайта тикланган адсорбент шлюзли тамба орқали чиқариб юборилади.

#### **Ион алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари**

Электролит эритмалари билан ўзаро таъсири пайтида ион алмашиниш қобилиятига эга адсорбентлар (ионитлар) таркибидаги фаол ионларнинг эритмадаги ионлар билан алмашиши **ион алмашиниш жараёни** деб номланади.

Ион алмашиниш жараёнининг қўлланиш соҳаси жуда кенг, чунки у сувли эритмалардан бегона ионларни йўқотиш ва минералсиз (юмшоқ, тузсиз) сувлар олишда ишлатилади. Бу усулда тозаланган сув ичиш учун, ҳамда ўта тоза 223ита ишлаб чиқариш саноатида қўлланилади. Ундан ташқари, иссиқлик электр станциялари учун сувни тайёрлашда, атом электр станцияларининг оқава сувларини тозалашда ҳам, ион алмашиниш жараёнидан фойдаланилади.

Озиқ-овқат саноатининг 223ита223 соҳаларида айрим маҳсулотларни тайёрлашда ушбу жараён жуда кўп ишлатилади. Масалан, қанд ишлаб чиқариш саноатида ионлар шарбат ва қиёмларни, бегона моддалардан тозалаш имконини беради. Виночиликда вино таркибидан кальций ва темирни ажратиш олишда, сутни кальций ва бошқа метал ионларидан тозалашда, ёғ-

мой саноатида ўсимлик мойларини тозалашда, қимматбаҳо металлларни ажратиб олишда, медицина, металлургияда ионитлар жуда 224ита самара беради. Техник-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича ион алмашиниш жараёни экстракция, ректификация ва бошқа жараёнлар билан рақобат қила олади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ушбу жараёнда ионит ва эритма орасида ион алмашиниш юз беради. Бунда, эритмадаги ионлар ионит юзасига, ионит юзасидаги ионлар эса, эритмага ўтади.

Ионитлар сифатида қаттиқ, сувда ва органик эритувчиларда эримайдиган табиий ва сунъий материаллар ишлатилади. Ионитлар шарсимон шаклда, майда донатор, гранула ҳолатида бўлади. Уларнинг ион алмашиниш хоссалари алмашиниш ҳажми билан характерланади, яъни 1 г ионит билан алмашаётган миллиграмм-эквивалент ион сони билан ифодаланади.

Ионитлар кимёвий таркиби ва тузилиши билан фарқланади. Алмашадиган ион зарядлар ишорасига қараб, ионитлар катионит ва анионитларга бўлинади.

Эритмада ионизация даражасига қараб катионитлар қуйидаги гуруҳларга бўлинади: кучли ва кучсиз кислотали. Анионитлар эса, юқори ва паст асосли гуруҳларга бўлинади.

Ғоваклилик даражасига қараб синтетик ионитлар 224ита ва макроковакли бўлади. Макроковакли ионитлар ривожланган ғовак тузилишли бўлиб, солиштирма юзаси 224ита бўлади. Натижада, гранула ичида моддалар кўчиши юқоридир.

Катта алмашиниш ҳажмли, механик мустаҳкам, сувда ва органик суюқликларда эримайдиган, қайта тикланадиган сунъий ионитлар яратилиши билан ион алмашиниш технологияси жуда кенг тарқала бошлади.

Катионитлар кислота характерли ва мусбат зарядли ионларини алмаштириш қобилиятига эга. Катионитлар таркибида қуйидаги:  $SO_3^{2-}$  - сульфо,  $HCOO^-$  - карбоксил,  $PO_3H^{2-}$  - фосфон гуруҳлари бўлиб, манфий заряд олиб келади.

Анионитлар таркибида қуйидаги:  $NH_3^+$  - амидо,  $NH_2^+$  - амина гуруҳлари бўлиб, мусбат заряд олиб келади.

Ионитлар механик мустаҳкамлиги юқори, таъсир этаётган суюқликда эримаслиги ва уни ифлослантормаслиги керак.

Физик – кимёвий жиҳатдан ионитлар мураккаб система бўлиб, унда бир вақтнинг ўзида кўпгина ўзаро таъсирлар бўлади. Шунинг учун, ион алмашиниш назариясида, ионитларнинг табиати ва унда бўладиган ўзаро таъсирларни ҳисобга олмаган мувозанат ҳолатидаги хоссалари кўриб чиқилади.

Ион алмашиниш жараёнини характерловчи ионитларнинг мувозанат хоссаларини ифодалаш учун термодинамик усуллардан фойдаланилади. Бунда, ҳамма ионитлар учун умумий белгилар ажратилади:

- а) ионит – эритма системаси икки фазали, гетероген системадир;
- б) ионит фазасида 224ита ёки бир нечта муайян ҳолатда маҳкамланган ион бўлиб, манфий ёки мусбат зарядлар олиб келади;
- в) ионлар ионит – эритма фазалар чегарасини кесиб ўтолмайди;
- г) ионит фазаси таркибида антиионлар бўлади ва улар ионит – эритма фазаларни ажратувчи чегарани кесиб ўта олади;
- д) мувозанат ҳолатидаги эритма ионит фазасида бошқа заррачалар ҳам бўлиши мумкин, масалан, эритувчи молекулалари.

Ион алмашиниш жараёни бошланиши учун мувозанат ўнг томонга силжитилиши керак, яъни ион алмашиниш реакцияларининг кимёвий мувозанат константаси бирдан анча катта бўлиши керак.

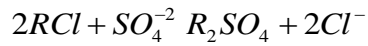
Ион алмашиниш жараёнини гетероген кимёвий реакция деб қараш ва мисол тариқасида қуйидаги тенгламаларни келтириш мумкин:

а) катионли алмашиниш:



б) анионли алмашиниш:





Катионит ва анионитлар орасидаги оралик ҳолатни амфолитлар эгаллайди. Унинг таркибида кислотали ва асосий ионоген гуруҳлар бўлиб, катионит ва анионит вазибаларини бажаради.

Ионит – эритма системанинг мувозанати мувозанат коэффиценти билан характерланади. Коэффиценти катталиги ташқи омилларга боғлиқ, яъни мувозанатдаги эритма концентрацияси, температураси ва босимга.

**Даврий ишлайдиган, қўзғалмас ионит қатламли ион алмашиниш қурилмаси** 9-расмда келтирилган. Қурилма цилиндрик қобик 1 ва тақсимловчи мослама 2,3 лардан таркиб топган. Пастки тақсимловчи мослама 3 тирқишли қалпоқчали тарелка кўринишида бўлиб, унда қўзғалмас ионит қатлами жойлаштирилади.

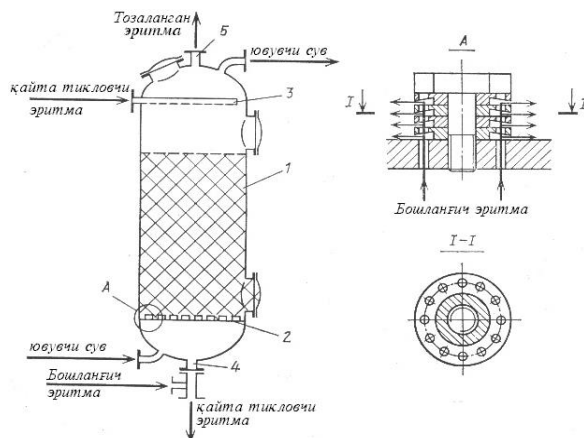
Қайта ишланадиган эритма эса, қурилма пастки қисмидаги штуцер 4 орқали узатилади ва газ тақсимловчи тешикли панжарадан ионит қатламига ўтади. Қурилманинг тепа (бўш) қисмида тозаланган эритма тўпланади ва юқоридаги штуцер 5 дан чиқарилади.

Ион алмашиниш жараёни тугагандан сўнг, қурилма тўхтатилади ва ионит қайта тикланади. Бунинг учун аввал ионитдан эритма ювиб ташланади ва ундан кейин махсус эритувчи ёрдамида тозланади. Одатда, қайта тикловчи эритувчи, эритма йўналишига қарама – қарши ҳаракатлантирилади. Кейин эса, яна ионит қатлами сув билан ювилади.

Иккинчи ювишдан мақсад махсус эритувчини йўқотишдир, яъни ионитдаги туз, кислота ва ишқор эритмаларининг қолдиқларини сув ёрдамида тозалашдир. Шундай сўнг қурилма кейинги ион алмашиниш циклига тайёр бўлади.

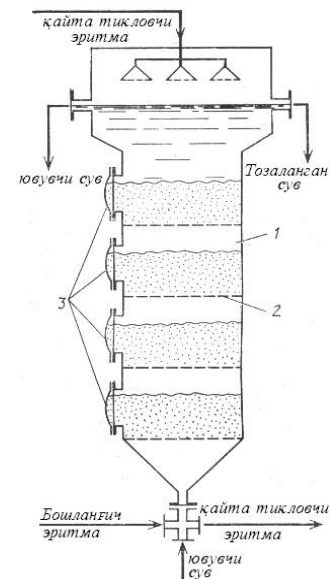
**Даврий ишлайдиган секцияли, мавҳум қайнаш ионит қатламли ион алмашиниш қурилмаси** 10-расмда кўрсатилган. Ион алмашиниш қурилмаси колонна 1 ва уни бир неча секцияга ажратувчи тешикли панжара 2 лардан таркиб топган. Қурилмани секциялаш мавҳум қайнаш жараёнида ионитларни кўндаланг ҳаракатланишини камайтиради ва идеал сиқиб чиқариш режимини таъминлайди. Маълумки, бу режимда жараён максимал ҳаракатга келтирувчи кучга эга бўлади.

Қурилма люклари 3 орқали ионит юкланади ва ундан сўнг бошланғич эритма ўзаро таъсир учун юборилади. Ионит ютилган моддалар билан тўйингандан сўнг, у ювилади ва қайта тикланади.



**9-расм. Қўзғалмас ионит қатламли даврий ишлайдиган ион алмашиниш қурилмаси.**

1 - қобик; 2 - тирқишли қалпоқча типидagi тақсимловчи тарелка; 3 - тақсимлагич; 4,5 - дастлабки эритманинг кириш ва тозаланган эритма чиқариш штуцерлари



**10-расм. Даврий ишлайдиган секцияли, мавҳум қайнаш ионит қатламли ион алмашиниш қурилмаси.**

1 - қобик; 2 - тешикли панжара; 3 -

### Текшириш учун саволлар:

1. Адсорбция деб нимага айтилади?
2. Адсорбентлар характеристикалари.
3. Десорбция нима?
4. Ион алмашилини курилмалари ишлаш принципи қандай?

## 29-МАЪРУЗА КРИСТАЛЛАНИШ.

### РЕЖА:

1. Кристаллизация. Жараён мувозанати, тўйиниш даражаси.
2. Кристалланиш усуллари.
3. Кристаллизаторлар конструкциялари.

### Умумий тушунчалар

Эритмалардан эриган қаттиқ компонентларни кристалл ҳолда ажратиб олиш **кристалланиш** жараёни деб номланади.

Кристалланишга тескари жараён **эритиш** жараёни дейилади.

Кристалл деганда ҳар хил шаклдаги, текис қирралар билан чекланган бир жинсли қаттиқ моддалар тушунилади.

Кристалланиш қаттиқ моддаларни тоза ҳолда олишнинг асосий усули, чунки кристалланиш жараёнида ҳар доим шундай шароит яратиш мумкинки, кераксиз моддалар эритмада қолиб, фақат тоза модда кристалланади.

Кристалланиш жараёни кимё, нефть кимёси, металлургия, медицина, фармацевтика, озиқ – овқат ва бошқа саноатларда кенг миқёсда қўлланилади. Кристалланиш жараёнини ўтказишдан мақсад: эритмалардан кристаллик фазани ажратиш; бир ва кўп босқичли кристаллаш усулларида аралашмаларни ажратиш; моддаларни аралашмалардан ўта тозалаш; монокристаллар етиштириш.

Кристалланиш жараёнида турли ўлчамли кристаллар, яъни сочилувчан маҳсулот олинади.

Ҳар бир модда кристалларининг ўзига хос геометрик шакллари бор. Хаммаси бўлиб 32 хил кристаллар симметрия ўқлар сони мавжуд ва улар 7 та кристаллографик гуруҳга ажратилган: кубик, тригонал, тетрагонал, гексагонал, ромбик, моноклин, триклин.

Бир кимёвий модда бир неча хил кристаллар ҳосил қилиши **полиморфизм** деб юритилади.

Ўз таркибида сув молекулаларини тутган кристалл **кристаллогидратлар** дейилади.

Кристалланиш жараёни рўй бериши учун бошланғич эритма ўта тўйинган ҳолатда бўлиши керак. Агар, эритмадаги эриган модда концентрацияси унинг эрувчанлигидан юқори бўлса, бундай эритмалар ўта тўйинган деб номланади. Лекин, ўта тўйинган эритмалар нотурғун система бўлгани учун, ундан эриган модданинг ортиқча миқдори ажралиб чиқади, яъни кристалланиш жараёни содир бўлади. Кристаллар ажраб чиқиши тугагандан кейин тўйинган эритма қолади.

Саноат технологик жараёни 3 босқичдан иборат: 1) кристалланиш; 2) кристалларни эритмалардан ажратиш; 3) кристалларни ювиш ва қуриштириш.

### Кристалланиш статикаси ва кинетикаси

**Жараён статикаси.** Температура ортиши билан қаттиқ моддалар эрувчанлиги ўзгаришига қараб "мусбат" ёки "манфий" эрувчанликка эга бўлиши мумкин.

Агар, температура ўсиши билан моддалар эрувчанлиги ортса, унда "мусбат", аксинча бўлса "манфий" эрувчанликли бўлади.

Маълум температурада қаттиқ фаза билан мувозанатда бўлган эритма **тўйинган** эритма деб номланади. Бундай эритмаларда қаттиқ модда ва эритма ўртасида динамик мувозанат

ҳолати мавжуддир.

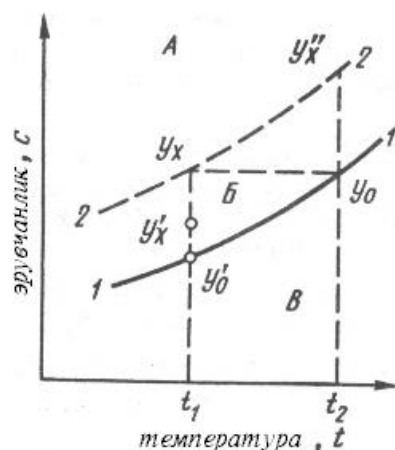
Эриган модда концентрацияси унинг эрувчанлигидан катта бўлган аралашмаларга ўта тўйинган эритмалар деб номланади. Ўта тўйинган эритмалар нотурғун бўлади ва тўйинган ҳолатга осон ўтади. Бундай ўтиш даврида ўта тўйинган эритмалардан кристаллар ажралиб чиқади.

Температура ўзгариши билан эритмаларда юз берадиган ўзгаришларни ҳолат диаграммаси характерлайди (1-расм).

Концентрацияси лабил (ўзгарувчан) зонага тўғри келадиган эритмалар жуда тез кристалланади. Метастабил зонага оид концентрацияли эритмалар эса - нисбатан секин кристалланади, чунки жараён тезлиги эритма температураси, иссиқликни ажратиб олиш ёки эритувчини буғланиш тезлиги, аралаштириш ва бошқа омилларга боғлиқ.

Агар, температура  $t_2$  дан  $t_1$  гача ўзгарса, эритмадан жуда кам миқдорда кристаллар ажраб чиқади ва у эритма концентрацияси  $y_2 - y_0$  ўзгаришига тўғри пропорционалдир.

Ўзгармас  $t_2$  температурада эритувчининг бир қисми йўқотилган тақдирда, ўта тўйинган эритма олишга эришиш мумкин. Бунда, концентрациялар фарқи  $y_x - y_0$  га пропорционал миқдорда кристаллар ҳосил бўлади. Демак, бундай эритмалар кристалланиши эритма температурасини пасайтириш ёки эритувчининг бир



**1-расм. Эритмалар ҳолат диаграммаси.** 1-1 - эрувчанлик эгри чизиғи; 2-2 - метастабил соха чегараси; А - лабил (ўзгарувчан) эритмалар зонаси; Б - метастабил эритмалар зонаси; В - барқарор эритмалар зонаси.

қисмини йўқотиш йўли билан ўтказиш мумкин.

Эритма эрувчанлигининг температурага боғлиқлиги жуда катта бўлса, температуранинг камайтириб кристаллаш оптимал усулга тўғри келади.

Агар, температура ортиши билан моддалар эрувчанлиги ўзгармаса, унда эритувчининг бир қисмини йўқотиш усулида кристаллаш мумкин.

**Жараён кинетикаси.** Эритмадан моддани қаттиқ фазага ўтиши, эриган моддаларнинг чегаравий қатлам орқали диффузия усулида амалга ошади. Кристалланиш жараёнининг тезлиги чегаравий қатлам орқали эриган модда диффузияси ёки кристалл билан модда қўшилиш тезлиги ёки бир вақтнинг ўзида иккала омил билан аниқланиши мумкин.

Сахарозанинг кристалланиш жараёнини кўриб чиқамиз. Кристаллар ўлчами ўсиши жараёнида улар  $\delta$  қалинликдаги ўта тўйинган, метастабил эритма чегаравий қатлами билан ўралган бўлади. Ушбу ўта тўйинган эритмадан ортиқча сахароза молекулалари тезда ажралиб чиқади ва кристалл юзасига ёпишади. Натижада, эритма  $y_n$  концентрацияли ҳолатига ўтади.

Лекин, кристалларни маълум бир масофада ўраб турган эритмада концентрацияси  $y_n$  бўлган ўта тўйинган сахароза сақланиб туради.

Концентрациялар фарқи  $y_n - y_n$  бўлгани учун эритманинг чегаравий қатлами орқали сахароза диффузия қилади. Кристалл қирраларига яқинлашган, сахароза молекулалари

кристаллик панжарага ўтади, яъни фазавий ўтиш содир бўлади. Шундай қилиб, кристаллар ўсиш тезлиги сахарозанинг диффузия ва фазаларни ажратувчи чегарада фазавий ўтиш тезликлари билан белгиланади. Агар, фазавий ўтиш тезлиги сахарозанинг диффузия тезлигидан юқори бўлса, унда сахарозанинг кристалланиш жараёнини чекловчи босқичи бўлиб унинг диффузияси ҳисобланади.

Сахароза кристалларининг ўсиш тезлиги ушбу тенглама ёрдамида ифодалаш мумкин:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{D \cdot F(y_n - y_n)}{\delta} \quad (1)$$

бу ерда  $dM$  - вақт бирлигида кристалланган модда миқдори;  $D$  - диффузия коэффиценти;  $F$  - кристалланиш юзаси;  $y_n$ - ўта тўйинган эритма ҳажмидаги модда концентрацияси;  $y_n$  - кристалл сирти атрофидаги модда концентрацияси (одатда эритма концентрациясига тенг деб қабул қилинади);  $\delta$ - концентрацияси  $y_n$ дан  $y_n$  гача ўзгарадиган эритма чегаравий қатламнинг қалинлиги.

(1) тенгламани интегралласак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$M = \frac{D \cdot (y_n - y_n) F \tau}{\delta}$$

Кристалланиш тезлиги эса:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{D \cdot (y_n - y_n)}{\delta} \quad (2)$$

Кристаллар ламинар режимда ўта тўйинган эритма билан ювилиб туришини ҳисобга олсак, чегаравий қатлам қалинлиги ушбу ифодадан аниқланади:

$$\delta \approx \left( \frac{\mu}{\nu} \right)^{0.5} \quad (3)$$

бу ерда  $\mu$  - тўйинган эритманинг динамик қовушоқлиги;  $\nu$  - кристалларнинг эритмадаги ҳаракат тезлиги. Стокс қонунига биноан  $\nu = l/\mu$

Эйнштейн назариясига биноан диффузия коэффицентининг абсолют температура  $T$  ва қовушоқлик  $\mu$ га боғлиқлиги қуйидаги функция билан ифодланади:

$$D = \frac{kT}{\mu} \quad (4)$$

бу ерда  $k$  - диффузияланаётган модда табиатига боғлиқ ўзгармас катталиқ.

(3) ва (4) тенгламаларни (2) га қўйсақ, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{kT(y_n - y_n)}{\mu^2} \quad (5)$$

$\mu^2=1$  бўлганда, коэффицент  $k = 2318$ . Унда, (5) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{2318 \cdot (y_n - y_n)}{\mu^2} \quad (6)$$

бу ерда  $M/(F \tau)$  - сахарозанинг кристалланиш тезлиги, мг/(м<sup>2</sup>·мин);  $y_n - y_n$  - концентрациялар фарқи, грамм 100 г эритмага;  $\mu$  - тўйинган эритманинг динамик

ковушоклиги, мПа·с.

Кристалланиш тезлигини белгиловчи асосий омиллар: эритманинг ўта тўйиниш даражаси; температура; кристалланиш марказларининг ҳосил бўлиши; аралаштириш интенсивлиги; эритмада кўшимча моддалар борлиги ва ҳ.

### **Кристалланиш усуллари**

Кристалланиш жараёнини даврий ва узлуксиз ташкил этиш мумкин. Даврий кристалланиш жараёни кам тоннажли, узлуксиз эса – кўп тоннажли ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Саноат микёсида қуйидаги кристалланиш усулларидан фойдаланади: эритмалардаги эритувчининг бир қисмини буғлатиш; эритма температурасини ўзгартириб кристаллаш; комбинацияланган усуллардан фойдаланиб кристаллаш.

**Эритмадаги эритувчининг бир қисмини буғлатиб кристаллаш.** Эритувчининг бир қисмини йўқотиш учун буғланиш ёки музлатиш усулидан фойдаланиш мумкин. Эритма таркибидаги сувни ҳайдаш учун буғланиш кенг кўламда ишлатилади. Одатда бу жараён буғлатиш қурилмаларида амалга оширилади. Керакли даражадаги ўта тўйинган эритма ҳосил бўлгандан кейин, у шу қурилмада кристалланади. Ушбу усул **изотермик** кристалланиш деб аталади.

Бу усулнинг камчиликлари: ҳосил бўлаётган кристаллар иссиқлик алмашилиш юзаларига ёпишиб қолади; бошланғич эритма таркибидаги аралашмалар ҳам қуюқлашади.

Қурилма ичида қаттиқ моддалар ёпишиб ёки чўкиб қолмаслиги учун эритманинг циркуляция тезлиги кўпайтирилади.

Кристалларни ажратиш ва ювиш фильтр ёки центрифугаларда ўтказилади.

**Эритма температурасини ўзгартириб кристаллаш.** Бундай усул **изогидрик** кристаллаш деб номланади, чунки бу жараён эритмада эритувчи миқдори ўзгармас бўлган ҳолатда олиб борилади.

Кимё саноатида мусбат эрувчанликли тузларни кристаллаш жуда кенг тарқалган. Бундай эритмаларнинг ўта тўйинишига уни совитиш йўли билан эришилади. Жараён даврий ёки узлуксиз, поғонали жойлашган бир ёки кўп корпусли қурилмаларда олиб борилади. Совутувчи элткич сифатида сув ишлатилади. Хаво ёрдамида совутилганда жараён нисбатан секин боради, лекин йирик ва бир жинсли кристаллар ҳосил бўлади. Манфий эрувчанликли эритмаларни кристаллаш учун эритма қиздирилиши зарур.

**Комбинацияланган усулларга** вакуум остида, эритувчининг бир қисмини иссиқлик элткич ёрдамида буғлатиб кристаллаш ва фракцияли кристаллашлар киради.

**Вакуум остида кристаллаш.** Бу усулда эритувчи девор орқали иссиқлик узатиш йўли билан буғлатилмасдан, балки эритманинг ўз физик иссиқлигини бериш ҳисобига рўй беради. Ушбу иссиқликнинг бир қисми эритувчини (таҳминан 10% масс) буғлатиш учун сарфланади. Ҳосил бўлаётган буғлар вакуум - насос ёрдамида сўриб олинади. Узатилаётган иссиқ тўйинган эритма температураси қурилмадаги босимга тегишли эритманинг қайнаш температурасигача пасаяди ва жараён адиабатик кечади. Эритманинг ўта тўйиниш ҳолатига уни совутиш йўли билан эришилади, чунки концентрация бунда сезилар - сезилмас ўзгаради. Эритувчи эритманинг физик иссиқлиги ҳисобига, ҳамда кристалланиш жараёнида ажралиб чиқаётган иссиқлик ҳисобига буғланиши мумкин. Эритманинг совитиш ва кристалланиши билан бирга буғланиши унинг бутун ҳажмида содир бўлади. Бундай ҳолат қурилма деворларида кристаллар ёпишиб қолишини камайтиради, ҳамда уни тозалаш билан боғлиқ сарфлар қисқаради.

**Эритувчининг бир қисмини иссиқлик элткич ёрдамида буғлатиб кристаллаш.** Бу усулда эритувчининг бир қисми эритма устида ҳаракатланаётган ҳаво ёрдамида буғланади ва эритма совутилади.

**Фракцияли кристаллаш.** Агар эритма таркибида ажратиладиган моддалар бир нечта бўлса, уни фракцияли кристаллаш усулида қайта ишланади. Бу усулда эритма температура ва концентрациясини ўзгартириш йўли билан кристаллар кетма - кет чўктирилади ва ажратиб олинади.

## Кристаллизаторлар конструкциялари

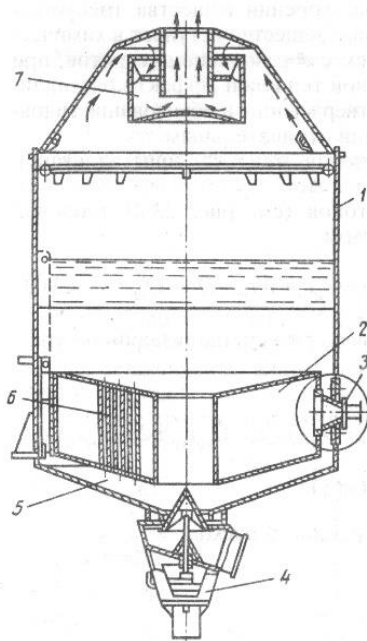
Ишлаш принцигига қараб кристаллизаторлар даврий ва узлуксиз қурилмаларга бўлинади. Узлуксиз ишлайдиган қурилмалар ўз навбатида эритувчининг бир қисмини буғлатувчи ва эритмани совутувчи кристаллизаторларга ажралади. Ундан ташқари, мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар ҳам бўлади.

**Табиий циркуляцияли, даврий ишлайдиган, осма иситувчи камерали вакуум - кристаллизатор** 2-расмда тасвирланган.

Иситувчи камера конуссимон тешикли панжара ва трубалар ўрамидан таркиб топган. Трубалар ушбу панжарага развальцовка усулида маҳкамланган.

Иситувчи камеранинг ўқи бўйлаб циркуляцион труба жойлантирилган. Қурилма қобиғи ва иситувчи камера орасида ҳалқасимон бўшлиқ бўлиб, унда утфель циркуляция қилади. Қурилмада температуралар фарқи туфайли чизиқли узайишлар пайдо бўлади. Шу сабабли, буғни узатиш учун температура деформацияларини компенсация қилувчи махсус мослама ўрнатилган.

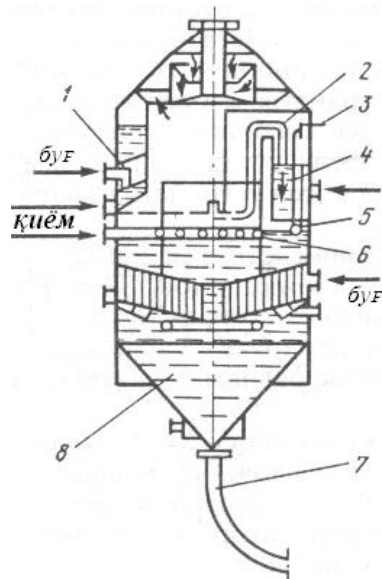
Ушбу мослама иситувчи камера билан қаттиқ бирлаштирилган бўлса, қурилма қобиғи билан эса - температура таъсирида ҳосил бўладиган узайишларни бартараф қилувчи мембрана ёрдамида бирлаштирилади. Утфель циркуляциясини яхшилаш мақсадида иситувчи камера остига буғ ёрдамида пуфлаш қўлланилади.



**2-расм. Осма иситувчи камерали вакуум - кристаллизатор.** 1 - қобиқ; 2 - иситувчи камера; 3 – буғни узатиш мосламаси; 4 - циркуляцион труба; 5 - конуссимон туб; 6 - иситувчи труба; 7 - инерцион сепаратор.

Вакуум - кристаллизаторларда қўлланиладиган иситувчи камера конструкциялари турли бўлиши мумкин. Хозирги кунда энг кенг тарқалган иситувчи камера конструкцияси - бу осма камералардир. Уларнинг тешикли панжараси конуссимон, сферик ва бошқа мураккаб шаклли бўлиши мумкин. Иситув буғ камеранинг трубалараро бўшлиғига, буғлатилаётган эритма эса - труба ичига юборилади.

**Узлуксиз ишлайдиган кристаллизаторлар** қуюқлаштиргич, кристалл генератори ва кристалл ўстириш камерасидан иборат. Қурилма конструкцияси кристалларни деворларга чўкиб қолмаслигини таъминловчи, интенсив циркуляцияли бўлиши керак. Ундан ташқари, унинг иссиқлик алмашилиши юқори ва бир



**3-расм. Узлуксиз ишлайдиган кристаллизатор.** 1 - қуюқлаштиргич; 2 – труба; 3 - труба холатини ростловчи ғилдирак (штурвал); 4 - кристалл генератори; 5 - қуйилиш трубалари; 6 - барботер; 7 – тўкиш мосламаси; 8- кристаллар устириш камераси.

хил катталиқдаги кристаллар олишни таъминлаши керак. 3-расмда қанд ишлаб чиқариш саноатида қўлланилади узлуксиз ишлайдиган кристаллизатор конструкцияси келтирилган. Қуюқлаштиргич ва кристалл генераторлари ҳалқасимон сегмент кўринишида ясалган бўлиб, иситиш юзалари зарур ўлчамдаги трубалардан ҳосил қилинган. Қурилманинг бошқа қисмларидан қуюқлаштиргич ажратилган ва яхши зичланган. Шунинг учун ҳам, унинг ичида бошқа қисмларига боғлиқ бўлмаган ҳолда ортиқча босим ҳосил қилиш имкони бор. Кристалл генераторининг юқори, очик қисми кристалл ўстириш камераси утфель усти бўшлиғи билан боғланган. Одатда, кристалл ўстириш камераси цилиндрик кўринишда бўлиб, цилиндрик ва радиал тўсиқлар ёрадамида 4 та бўлимга ажратилган бўлади.

Турғун режим ўрнатилгандан сўнг, қиём (патока) қуюқлаштиргич ва кристалл ўстириш камерасига ўзатилади.

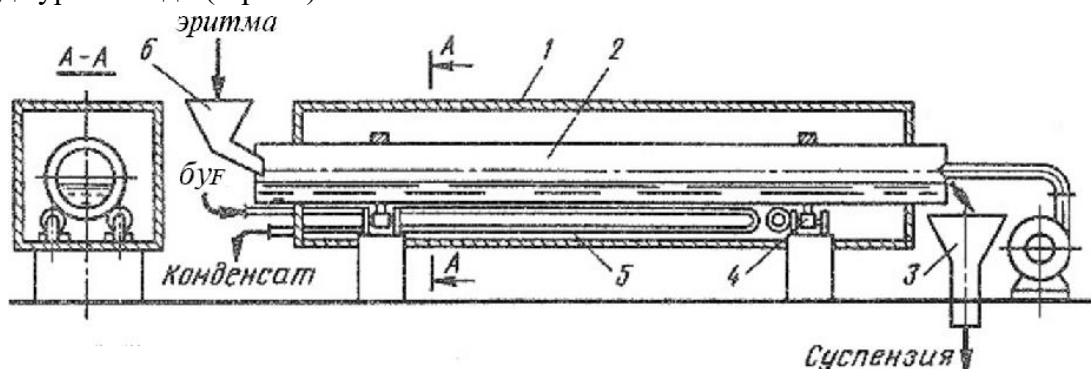
Қуюқлаштиргичдаги юқори босимда ва кристалл ҳосил бўлиш температурасидан  $10...15^{\circ}\text{C}$  юқори температурада қиём концентрацияси оширилади. Сўнг эса, қуюқлаштирилган эритма кристалл генераторига юборилади ва у ерда қайнайди. Натижада эритмадаги эритувчининг бир қисми буғланади ва температураси пасаяди. Бу ҳол ўта тўйиниш коэффициентининг кескин ўсишига олиб келади. Қиёмнинг циркуляцияси даврида интенсив равишда кристаллар ҳосил бўлиб бошлайди. Қуюқлаштиргичдаги қиёмнинг ўта қизиш катталиги ва кристалл генераторига узатилаётган буғ миқдори билан кристаллар таркибини ростлаш мумкин.

Кристалл генераторида олинган утфел ва қиём узлуксиз равишда кристалл ўстириш камерасининг биринчи бўлимига узатилади. Утфель эса биринчи бўлимдан тўртинчисига оқиб ўтади, қайнатиб қуюлтирилади ва тўкиш мосламаси орқали узлуксиз равишда чиқариб турилади.

Қурилма ишлаши автоматик равишда бошқарилади.

**Барабанли кристаллизаторлар** таркибида сув ёки ҳаволи совитиш мосламали бўлади. Ҳаво ёрдамида совутилганда, эритмадан ҳавога иссиқлик бериш коэффициенти кичик бўлади.

Шунинг учун йирик, катта ўлчамли кристаллар ҳосил бўлади. Лекин, кристаллизатор иш унумдорлиги, сув билан совитиш усулига қараганда, камроқ бўлади. Барабанли кристаллизатор айланувчи, цилиндрик барабандан ташкил топган. Одатда барабан эритма ҳаракат йўналиши бўйлаб, уфқ чизиғига нисбатан маълум қиялик бурчагида ўрнатилади (4-расм).



4-расм. Барабанли кристаллизатор. 1 - қобик; 2 - барабан; 3 - суспензия; 4 - ғилдиракча; 5 - змеевик; 6 - воронка.

Эритма барабаннинг тепа қисмига берилади ва ҳосил бўлган кристаллар унинг пастки учидан тўкилади. Барабан айланиши пайтида унинг деворлари эритма билан ҳўлланади ва натижада сувнинг буғланиш юзаси ортади.

Барабан қобик ичига жойлаштирилган бўлиб, улар орасидаги ҳалқасимон бўшлиққа совуқлик элткичлар, яъни сув ёки ҳаво юборилади. Эритма ва совуқлик элткич қарама - қарши йўналишда ҳаракатланади. 1 м<sup>3</sup> эритмани совитиш учун тахминан 5 м<sup>3</sup> сув сарфланади. Ёрилма деворларида кристаллар чўкиб ёки ёпишиб қолиш олдини олиш мақсадида барабаннинг пастки қисми қиздириб турилади. Бунинг учун қобик ва барабан орасидаги бўшлиққа змеевик ўрнатилади.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Кристаллизация нима?
2. Туйинган эритма деб нимага айтилади?
3. Кристалланиш усуллари қандай?

### 30-МАЪРУЗА

#### ҚАТТИҚ МАТЕРИАЛЛАРНИ МАЙДАЛАШ. КЛАССИФИКАЦИЯЛАШ.

##### РЕЖА:

1. Механик жараёнлар.
2. Майдалаш усуллари.
3. Сочилувчан материаллар классификацияси.

##### Умумий тушунчалар

Механик жараёнларга материалларни майдалаш, узатиш, аралаштириш, пресшлаш грануллаш ва классификациялашлар киради. Бу жараёнда материалнинг физик кимёвий характеристикалари ўзгармайди, аммо уларнинг шакли ўзгаради.

Бу жараёнларнинг тезлиги қаттиқ жисмларнинг механика қонуниятлари билан ифодаланади ва уларнинг ҳаракатга келтирувчи кучи механик кучлар таъсиридир.

**Майдалаш** - бу қаттиқ жисм бўлақларини керакли ўлчамларга келтириш, парчалаш ва юзасини оширишдир. Майдалаш жараени қаттиқ жисмнинг майда заррачалар (атом ва молекулалар) ўзаро тортишиш кучларини енгадиган ташқи кучлар таъсирида ўтади. Майдалаш



натижасида ишлов берилаётган жисм юзаси сезиларли даражада кўпаяди, кўп жараёнлар, шу жумладан эритиш, куйдириш каби катта юза талаб қиладиган жараёнлар тезлиги ортади. Майдалаш кон-металлургия, кимё, озиқ-овқат, қурилиш ва саноатнинг бошқа тармоқларида кенг қўлланилади.

Хозирги пайтда қаттиқ жисмларни майдалаш учун хар хил турдаги машиналар қўлланилади. Катта хажмли (<2 м<sup>3</sup>) палахсаларни майдалайдиган жағли майдалагичлардан бошлаб, то заррача ўлчамини 0,1 мкм гача майдалайдиган коллоид тегирмонлар технологик жараёнларда ишлатилади.

Майдалаш жараёни қаттиқ жисмнинг бошланғич ва охириги ўлчамига қараб янчиш ва тортишга бўлинади. Янчиш ва тортиш жараёнлари майдалаш даражаси билан характерланади.

$$i = \frac{D}{d} \quad (1)$$

Майдалаш даражаси жисмнинг бошланғич ўртача диаметри  $D$  нинг майдаланган заррачалар ўртача диаметри  $d$ га нисбати билан ифодаланади. Хажмий майдалаш даражаси эса, уларнинг хажмлари нисбати билан аниқланади:

$$i = \frac{V_{ox}}{V_s} \quad \text{ёки} \quad i = \frac{F_{ox}}{F_s} \quad (2)$$

Берилган модда бўлаклари ва янчилган заррачалар тўғри шаклга эга бўлмайди. Шунинг учун, амалда уларнинг ўлчамлари элакли тахлил орқали аниқланади, яъни заррача ўлчами у ўтган элак тешиклари ўлчамига тенг деб олинади.

Майдалаш жараёни бир ёки бир неча босқичда олиб борилади. Хар бир майдалагич, унинг ишчи органи шаклига кўра, чекланган майдалаш даражасини таъминлайди. Майдалаш даражаси 1-3...5 дан (жағли майдалагичда)  $1 > 100$  - тегирмонларда ўзгариши мумкин.

Нотўғри геометрик шаклли жисмнинг чизиқли ўлчами ўртача геометрик қиймат сифатида хисобланиши мумкин:

$$d = \sqrt[3]{l b h} \quad (3)$$

бу ерда  $l$ ,  $b$ ,  $h$  - жисмнинг уч перпендикуляр йўналиши бўйича максимал ўлчамлари.

Материал бўлақларининг ўртача ўлчамларини хисоблаш учун элаklar ёрдамида бир неча фракцияга ажратилади. Хар бир фракцияда бўлақлар максимал  $d_{max}$  ва минимал  $d_{min}$  ўлчамлар ярим йиғиндисининг ўртача миқдори топилади:

$$d_{yp} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2} \quad (4)$$

Максимал бўлақлар ўлчами, улар ўтган тешик диаметрига, минимал бўлақларни эса – элак ушла қолган тешикларининг диаметрига тенг деб хисобланади.

Сочилувчан материал аралашмасининг ўртача ўлчами ушбу тенглама ёрдамида аниқланади:

$$d = \frac{d_{yp1} a_1 + d_{yp2} a_2 + \dots + d_{ypn} a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad (5)$$

бу ерда  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a \dots a_n$ - хар бир фракция миқдори,%;  $d_{yp1}$ ,  $d_{yp2}$ , ...,  $d_{ypn}$  хар бир фракция бўлақчаларининг ўртача ўлчами.

Одатда саноатда юқори майдалаш даражаси талаб этилади. Кўпинча қайта ишланадиган хом-ашё бўлақларининг ўлчамлари 1,5...2,0 м гача бўлади, аммо технологик жараёнларда қўлланиладиган материал заррачалари микрометрнинг бир неча улушини ташкил этади. Бундай ўта майин майдалаш бир неча босқичда эришилади, чунки битта майдалагичда юқорида айтилган

натижага эришиб бўлмайди.

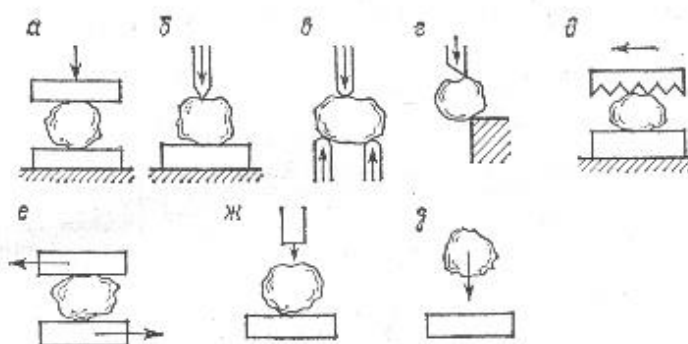
Хом-ашёнинг энг йирик бўлаклари ва майдаланган заррача ўлчамларига қараб майдалаш куйидаги турларга бўлинади (1 жадвал):

1 жадвал

**қаттиқ жисмларни майдалаш усуллари**

| Майдалаш тури   | Материалнинг Дастлабки ўлчамлари, D, мм | Материалнинг майдалашдан кейинги ўлчамлари, d, мм | Майдалаш даражаси, i |
|-----------------|---|---|----------------------|
| Йирик майдалаш  | 1500...300                              | 300...100   | <b>2...6</b>         |
| Ўртача майдалаш | <b>300...100</b>                        | <b>50...10</b>                                    | 5...10               |
| Майда янчиш     | 50...10                                 | 10...2  | 10...50              |
| Майин янчиш     | 10...2                                  | 2...0,075   | ~...100              |
| Ўта майин янчиш | 10...0,075                              | 0,075...0,0001                                    | -                    |

**Майдалаш усуллари**



1-расм. Майдалаш усуллари. а-эзиш; б-ёриш; в-синдириш; г-қирқиш; д-арралаш; е - ейилиш; ж - сиқик зарба; з-эркин зарба.

Турли саноат корхоналарида қўлланиладиган майдалаш усуллари 1-расмда келтирилган.

Одатда, қаттиқ жисм-ларни майдалаш учун кўпинча эзиш, ёриш, сиқик ва эркин зарба бериш усуллари кенг қўламда фойдаланилади.

Лекин, соф холда ҳеч қайси усул саноатда учрамайди. Масалан, эзиш, ёриш, зарба билан майдалаш кетидан келадиган жараён бу ейилиш ёки едирилишдир. Ейилиш жараёнида кўпинча кўпинча чанг ҳосил бўлади ва материалнинг ўта майдаланиш каби зарарли ҳоллар ҳам учрайди.

Шунинг учун, майдалаш усулини танлаш материал бўлақларининг катталиги ва мустаҳкамлигига боғлиқ.

Мустаҳкам ва мўрт материаллар эзиш ва зарба, мустаҳкам ва эгилувчанлари - эзиш, ўртача мустаҳкам, эгилувчан материаллар - зарба, ейилиш ёки ёриш усулида майдаланади.

Майдалаш бир ёки бир неча усулларда, очиқ ва ёпиқ циклларда амалга оширилади. Ундан ташқари, майдалаш жараёнини қуруқ ёки нам усулларда ҳам ўтказса бўлади.

Айрим ҳолларда, материал хусусиятларига қараб: ультратовуш, гидравлик зарба тўлқини, юқори ва паст температураларни тез алмаштириш, электрогидравлик зарба, босимни тезда ўзгартириш, юқори температурада қиздириш усуллари хам қўллана бўлади.

Майдалаш жараёнларида катта миқдорда энергия сарфланади. Энергия сарфи мавжуд майдалаш назариялари асосида топилиши мумкин.

**Юза назариясига** биноан, майдалаш жараёнидаги иш, материални парчаланиш юзаси бўйича молекулалар тортишиш кучини енгишга сарфланади. Ушбу назарияга кўра, майдалаш учун зарур иш, майдаланиш натижасида янги хосил бўлаётган юзаларга пропорционалдир.

**Хажмий назарияга** биноан, майдалаш жараёнидаги иш материал деформациясига, яъни энг юксак парчаланиш деформациясига етказиш учун сарф бўлади.

Майдалаш жараёнида ташқи кучлар таъсирида бажарилган хамма иш  $A$  Риттингер тенгламаси орқали аниқланади:

$$A = A_d + A_{ю} = K_1 \Delta V + K_2 \cdot \Delta F \quad (6)$$

бу ерда  $A_d$ - парчаланаётган бўлак хажмининг деформациясига сарфланаётган иш, Ж;  $A_{ю}$ - янги юза хосил қилиш учун сарфланаган иш, Ж;  $K_1$ -жисмнинг хажм бирлигини деформация қилиш учун сарф бўлган ишга тенг пропорционаллик коэффициенти;  $K_2$ -янги юза хосил қилиш учун сарфланган ишга тенг пропорционаллик коэффициенти;  $\Delta V$  - парчаланаётган жисм хажмининг ўзгариши;  $\Delta F$ - янги хосил бўлган юза.

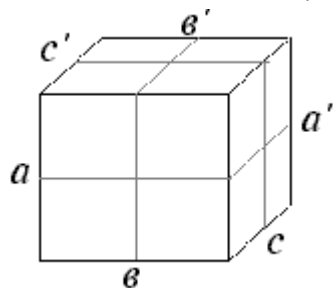
Риттингер майдалаш гипотезасига биноан, иш майдалаш пайтидаги хосил бўлган юза қийматида тўғри пропорционалдир.

Майдалаш даражаси катта майдалаш жараёнида жисм бўлаги деформациясига сарфланаётган ишни ҳисобга олмаса бўлади. Унда  $\Delta F \sim D^2$  эканлигини назарда тутиб, ушбу формулани оламиз:

$$A = K_2 \cdot \Delta F = K_2^1 \cdot D^2 \quad (7)$$

бу ерда  $D$  - жисм бўлагининг ўлчами;  $K_2^1$  - пропорционаллик коэффициенти.

Риттингер назарияси қуйидаги ҳолатлардан келиб чиқади: масалан, куб қиррасининг узунлиги  $n$ , майдалангандан сўнг эса  $1/n$  бўлади.



2-расм. Кубни майдалашга оид.

Майдалаш жараёнини ташқи кучлар таъсирида жисм қирраларга параллел текисликлар бўйлаб парчаланadi деб қараш мумкин.

Агар парчаланиш  $aa', bb'$  ва  $cc'$  текисликлар бўйича парчаланса, унда 8 та  $n/2$  узунликка эга қиррали янги кублар хосил бўлади (2-расм).

Агар,  $n/3$  бўлса 27 та,  $n/4$  да эса 64 янги майда кублар олиш мумкин.

Демак, майдалаш учун сарфланаётган иш, майдалаш даражасига пропорционал:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{i}{i_1} \quad (8)$$

бу ерда

$$i = \frac{1}{a}, \quad i_1 = \frac{1}{b}$$

Унда, майдалаш учун сарфланаётган иш, майдалаш натижасида хосил бўлаётган бўлақларнинг чизикли ўлчамларига тескари пропорционал:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{b}{a} \quad (9)$$

Майдалаш даражаси кичик, лекин йирик майдалаш жараёнида янги юза хосил қилиш учун сарфланаётган ишни ҳисобга олмаса бўлади. Унда,  $\Delta V \sim D^3$  эканлигини инобатга олсак, қуйидаги формулани оламиз:

$$A = K_1 \cdot \Delta V = K_1^1 \cdot D^3 \quad (10)$$

(10) тенглама Кик-Кирпичев гипотезасини ифодалайди, яъни майдалаш жараёнидаги иш, майдаланаётган бўлак хажмига тўғри пропорционал.

(6) формуладаги қўшилувчиларни ҳисобга олмасликнинг иложи бўлмаса, қуйидаги тенгламани келтириб чиқариш мумкин:

$$A = K_3 \sqrt{D^3 \cdot D^2} = K_3 \cdot D^{2.5} \quad (11)$$

Ушбу тенглама **Бонд тенгламаси** деб номланади, яъни майдалаш жараёнидаги иш, хажм ва юзаларнинг ўртача геометрик қийматига тўғри пропорционал.

Махсулотларни кесиб майдалашдан мақсад, унга зарур шакл, ўлчам ва юзаларини сифатли қилишдир. Материалларни кесиш жараёнида чегаравий қатлам бузилади ва натижасида бўлақларга ажралади. Материал парчаланишдан аввал эластик ва қайишқоқ деформацияларга дучор бўлади. Ушбу деформациялар кесувчи асбобга кўрсатилаётган маълум куч таъсирида хосил бўлади. Таъсир этаётган кучланиш материалнинг вақтинча қаршилигига тенг бўлган ҳолдагина материалнинг парчаланиши бошланади.

Кесиш учун сарфланган иш эластик ва қайишқоқ деформациялар, ҳамда кесиш асбобининг материалга ишқаланишини енгишга сарфланади.

Жисмларни кесиш учун сарфланган иш  $A$  акад.Прячкин В.П. формуласи орқали ифодаланиши мумкин:

$$A = A_c + A_\phi \quad (12)$$

бу ерда  $A_c$ -махсулотни сиқиш учун сарфланган иш, Ж;  $A_\phi$ -кесиш фойдали иши, Ж. Сиқиш учун сарфланган иш  $A_c = \mathcal{E}h_c/h$ , бу ерда  $\mathcal{E}$  - кесувчи пичоқ билан материални сиқиш шартли модули, Ж;  $h_c$  - сиқилган қатлам баландлиги, м;  $h$  - қатламнинг бошланғич баландлиги, м; Фойдали иш  $A_\phi = F_{кес}(h-h_c)$ , бу ерда  $F_{кес}$ -кесиш кучланиши.

Озиқ-овқат саноатида кесиш учун турли хил ва шаклдаги пичоқлар қўлланилади: тўғри бурчакли, дискли, лентали, ўроқсимон ва бошқалар. Кесиш асбоблари кўзгалмас, тебранма, айланма, илгарилама-қайтма ҳаракатли бўлиши мумкин.

#### **Текшириш учун саволлар:**

1. Майдалаш деб нимага айтилади?
2. Майдалаш усулларига нималар киради?
3. Майдалаш назарияси нима?

### **30<sup>А</sup>- МАЪРУЗА**

#### **МАЙДАЛАГИЧ ВА ТЕГИРМОНЛАР КОНСТРУКЦИЯЛАРИ. СОЧИЛУВЧАН МАТЕРИАЛЛАР КЛАССИФИКАЦИЯСИ. КЛАССИФИКАТОР КОНСТРУКЦИЯЛАРИ.**

#### **РЕЖА:**

1. Майдалагич конструкциялари.
2. Авзалликлари ва камчиликлари.

#### **Майдалагичлар конструкциялари**

Майдалаш машиналари икки хил бўлади: майдалагич ва тегирмонлар.

Майдалагичлар йирик ва ўрта майдалаш учун, ўрта, майда, майин ва ўта майин майдалаш учун эса, тегирмонлардан фойдаланилади.

Турли хил даражада майдалаш учун хилма-хил машиналар ишлатилади (1-расм).

Кесиш машиналари пластинали, дискли, роторли, оқимчали ва бошқа турли бўлади. Хамма майдалаш ва кесиш машиналарига қуйидаги талаблар қўйилади: майдаланган материал бўлаклари бир хил бўлиши; майдаланган бўлаklar ишчи бўшлиғидан чиқарилиши; минимал чанг ҳосил бўлиши; узлуксиз ва автоматик тўкилиши; майдаланиш даражасини ростлаш шароити; тез-едириладиган ишчи қисмлар осон алмаштириш шароити; энергия сарфи кичик бўлиши зарур.

Жағли майдалагичларда кўзғалмас ва ҳаракатчан плиталарнинг узлукли яқинлашишидан ҳосил бўлган конусли камерада материални эзиш ва ёриш усуллари билан амалга оширилади (2-расм).

Майдаланган материал ҳаракатчан плита орқага юриши пайтида майдалагичдан тўкилади.

Майдалагич жағлари осон ечиладиган, едирилишга чидамли, қиррали плиталар билан қопланган бўлиши керак. Ҳаракатчан плита кўзғалмас ўкга маҳкамланади ва эксцентрик ўк орқали шатун ёрдамида тебранма ҳаракатга келтирилади. Ўз навбатида шатун шарнир дастак 12 орқали ҳаракатчан плита ва ростловчи поналар 8 ва 11 лар билан боғланган. Ушбу поналарни сурилиши ростловчи болтлар ёрдамида амалга оширилади ва чиқиш йўли энини керакли ўлчамда ўрнатилишига олиб келади. Бу эса тўғридан-тўғри материални майдалаш даражасига таъсир этади. Тяга 13 ва пружина 9 лар ёрдамида плита 1 нинг қайтар ҳаракатига эришилади. Шатун 7 ва йириб турувчи плиталар тирсакли дастакни ташкил қилади. Майдалагич конструкциясининг асоси бўлиб тирсакли дастак ҳисобланади ва юқори босимлар ҳосил қилади.

Жағли майдалагичлар тузилиши содда ва иш жараёнида ишончли. Аммо, унинг таркибида тебранувчи массалар (яъни ҳаракатланувчи плита, тирсакли дастак ва хоказо) бўлгани учун уни оғир пойдеворларга ўрнатиш зарур. Жағли майдалагич ишининг асосий параметрлари: илинтириш бурчаги; ўкнинг айланиш частотаси; иш унумдорлиги ва энергия сарфи.

Материалнинг майдаланиш даражасига илинтириш бурчаги  $\alpha$  катта таъсир кўрсатади. Агар,  $\alpha$  катта бўлса, майдаланиш даражаси  $i$  ортади.

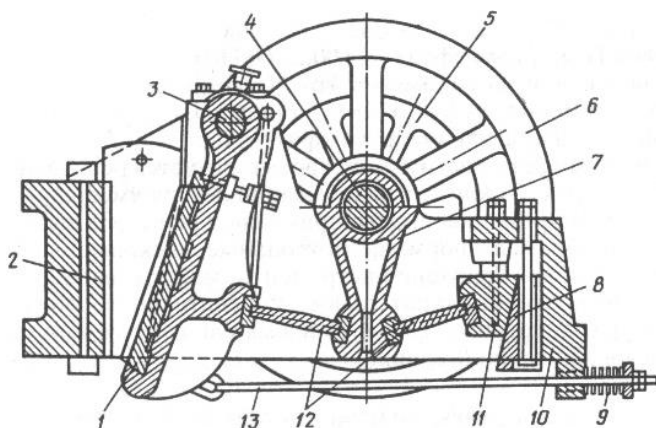


### 1-расм. Майдалагичлар классификацияси.

Одатда, ушбу бурчак қиймати  $\alpha=15...22^\circ$  оралигида бўлади.

Харакатчан плитанинг бир ҳолатдан иккинчисига ўтиш даври  $\tau=30/n$ . Бу вақт ичида материал  $S=g\tau^2/2=(g/2)(30/n)^2=450g/n^2$  масофани босиб ўтади.

Агар, харакатчан плита тебраниш йўли  $l$  (см) бўлса, майдалагич камерасидаги материал баландлиги  $h=l/tg\alpha$  га тенг бўлади.



**2-расм. Жағли майдалагич.** 1-харакатчан плита; 2-қўзғалмас плита; 3-харакатчан плита ўқи; 4-эксцентрик ўқ; 5-шкив; 6-маховик; 7-шатун; 8,11-ростловчи поналар; 9-пружина; 10-станина; 12-дастаклар; 13-тяга.

Оғирлик кучи таъсири остида материалнинг тўкилиши  $l/tg\alpha \leq 450g/n^2$  бўлган шарт бажарилса амалга ошади.

Харакатчан плитанинг жуфт тебраниш сони  $n$  (мин<sup>-1</sup>) ушбу формуладан топилади:

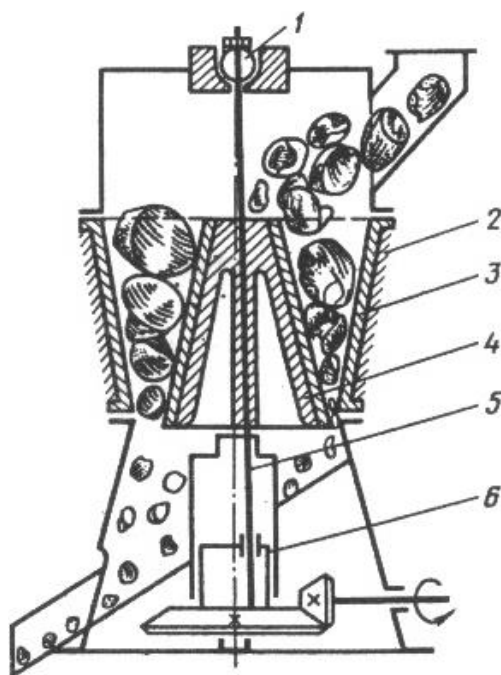
$$n \leq \sqrt{\frac{450 \cdot g \cdot tg\alpha}{l}} \quad (1)$$

$\alpha=22^\circ$  бўлган ҳолда майдалагичнинг иш унумдорлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

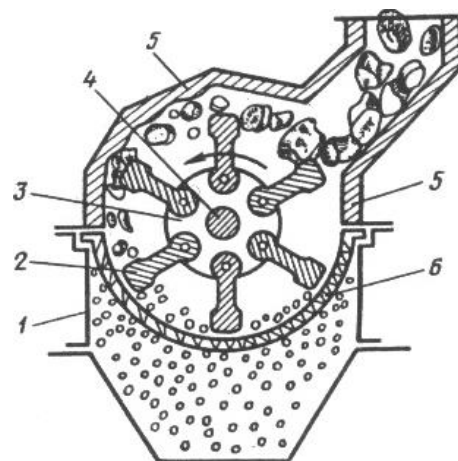
$$Q = 0,15 \mu \cdot d_{yp} l b n \rho_k \quad (2)$$

бу ерда  $\mu$  - майдаланган материалнинг юмшаш коэффициенти ( $\mu=0,2...0,65$ );  $d_{yp}$  - майдаланган материал бўлақларининг ўртача ўлчами, см;  $l$  - плита юриш йўли-нинг узунлиги, см;  $b$  - тўқиш тирқишининг узунлиги, см;  $n$  - 1 минут ичида жуфт тебранишлар сони;  $\rho$  - материал зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Майдалагичнинг 1 т/соат иш унумдорлигида учун 400...1500 Вт энергия сарфи тўғри келади. Ушбу майдалагич афзалликлари: оддий ва ихчам, унча катта жой эгалламайди; ишлатиш



**3-расм. Конусли майдалагич.** 1-шарсимон таянч; 2-қобик; 3-зирхли плита; 4-каллак; 5-вертикал ўқ; 6-эксцентрик.



**4-расм. Болғали майдалагич.** 1-қобик; 2-майдаловчи болға; 3-диск; 4-ўқ; 5-зирхли плита; 6-колосникли тўр парда.

осон ва турли сохаларда кенг тарқалган.

Камчиликлари: оғир пойдевор талаб қилади; бинони тебрантиради; зарба ва шовқин билан ишлайди.

**Конусли майдалагич** материалларни йирик, ўрта ва майда янчиш учун ишлатилади. Жараён асосан эзиш ва синдириш усулларида олиб борилади. Майдалаш қурилма қобиғи ва конуссимон шаклдаги айланувчи каллак орасида амалга оширилади (3-расм).

Конуссимон, айланувчи конус қурилма ўртасидан маълум масофада четга ўрнатилган, эксцентрик айланма ҳаракат қилади. Айланувчи конус қобиғининг бир томониغا яқинлашса, иккинчи томонида қобиқ ва конус каллак орасидаги масофа кўпаяди ва у ердан майдаланган материаллар тўкилади.

Афзалликлари - унумдорлиги катта, материал узлуксиз эзиш ва букиш натижасида майдаланилади, бир меъёрда, шовқинсиз ишлайди (маховик керак эмас) ва майдалаш даражаси юқори.

Камчиликлари - қурилма мураккаб, нархи қиммат, тикка конусли қурилманинг баландлиги катта.

**Болғали майдалагич** хайвон суяклари ва бошқа қаттиқ жисмларни майдалаш учун қўлланилади (4-расм). Ушбу машина сиқик зарба бериш усулида ишлайди. Унда, болға 2 тез айланадиган диск 3 га шарнир орқали бириктирилган. Материал бункер орқали машинага юкланади ва болғалар билан майдаланади. Майдаланган материал колосникли панжара 6 дан ўтиб, машинадан тўкилади. Майдаланган материал ўлчамлари колосникли панжара тешиklarининг ўлчамлари билан белгиланади.

**Жували майдалагичлар** иккита параллел цилиндрик жувадан иборат бўлиб, бир-бирига қараб айланади ва эзиш усулида материалларни майдалайди.

Текис жували майдалагичлар станина 1 ва жува 3,5 лардан таркиб топган (5-расм). Жува 1 нинг подшипниклари кўзгалмас қилиб маҳкамланса, жува 2 эса ҳаракатчан подшипникларда ўрнатилади ва у силжиши мумкин. Жува 3 пружиналар 2 ёрдамида маълум бир ҳолатда ушлаб турилади. Агар, майдалагичга катта ва мустаҳкам бўлак тушиб қолса, пружина сиқилади ва жувалар тирқиши ортиши натижасида ушбу бўлак машинадан ўтиб кетади. Кўпинча, ҳар бир жува алоҳида ҳаракатга келтирилиши мумкин.

Бу турдаги майдалагичларнинг асосий характеристикаларига: жува диаметри  $D$  ва унинг узунлиги  $L$  киради.

Текис жували майдалагичлар ўртача ва майда янчиш учун ишлатилади, чунки у илантирадиган бўлакнинг ўртача ўлчами  $0,05 \cdot D$  дан кичик.

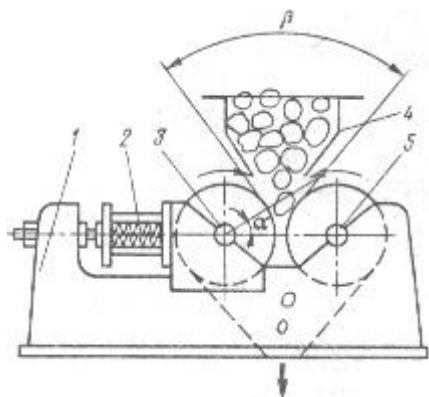
Ўртача мустаҳкамликдаги мўрт материалларни майдалаш учун тишли, жували машиналар қўлланилади.

Ўртача мустаҳкамликдаги мўрт материалларни жували машиналарди қайта ишланганда  $i = 10 \dots 15$  майдалаш даражасини олиш мумкин. Юқори мустаҳкамликдаги материалларни майдалашда эса,  $i = 3 \dots 4$  дан ортмайди.

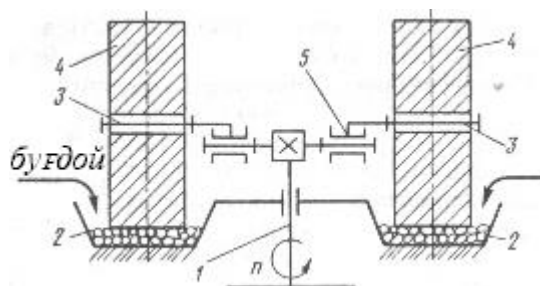
Жували майдалагичлар қуйидаги афзалликларга эга: содда ва ихчам; эксплуатацияда ишончли.

Камчиликлари: майдаланган материаллар ясси бўлаклардан иборат; юқори мустаҳкамликка эга материалларни майдалаш учун кам яроқли.

Жували майдалагични ҳисоблаш қуйидаги параметрларни илантириш бурчаги,



5-расм. Жували тегирмон. 1-станина; 2-пружина; 3-ҳаракатланадиган жува; 4-бункер; 5-кўзгалмас жува.



6-расм. Юғурувчи тегирмон. 1-вертикал ўқ; 2-жомлар; 3-горизонтал ўқлар; 4-тегирмон тошлари; 5-кривошип.

илинтирилаётган бўлакнинг энг катта ўлчами, жувалар тезлиги ва иш унумдорлигини аниқлашдан иборат.

**Югурувчи тегирмон**, одатда 2 та тегирмон тоши ва майдаланаётган материал солинадиган жом 2 лардан таркиб топган.

Тегирмон тошлари вертикал ўқларга ўрнатилади ва у билан бирга айланади.

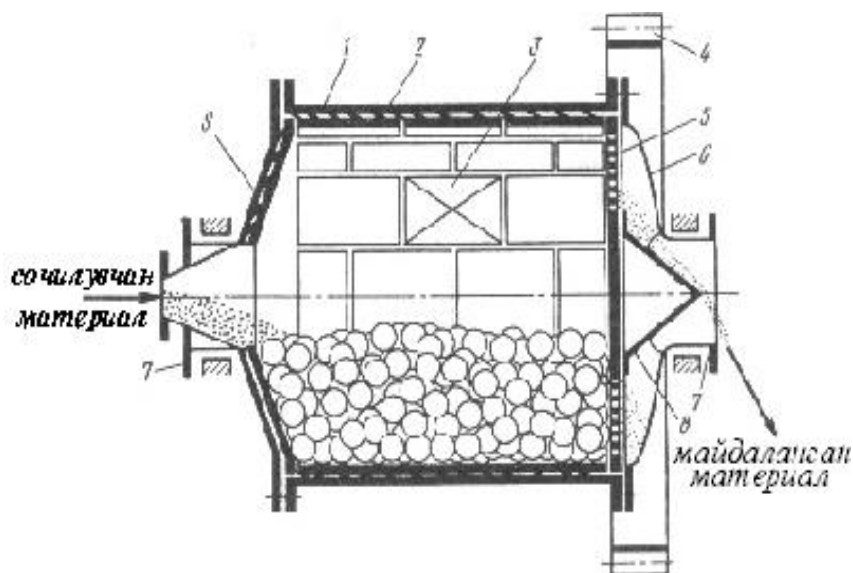
Ундан ташқари, жом учудаги материал билан ишқаланиш натижасида тегирмон тошлари горизонтал ўқи атрофида ҳам айланади. Майдалаш жараёни эзиш ва едирилиш усулларини ҳисобига бўлади.

Кўзгалмас жомли ва узатмадан айланувчи тегирмон тошли, ҳамда узатмадан айланувчи жомли ва кўзгалмас тегирмон тошли югурувчи тегирмонлар бор. Охирги турдаги тегирмон тез юрар ( $20...50 \text{ мин}^{-1}$ ) машина деб ҳисобланади. Ушбу машиналарда майдаланган материални тўкиш, марказдан қочма куч таъсирида, автоматик равишда амалга оширилади.

**Шарли тегирмонлар** майин янчиш учун ишлатилади (7-расм).

Ушбу тегирмонлар бир вақтнинг ўзида шар ва материал билан юкланади. Шарлар кўпинча пўлат, диабаз, чинни ва бошқа материаллардан ясалади. Уларнинг диаметри майдаланаётган материал ўлчамларига боғлиқ.

Одатда пўлат шарлар диаметри  $35...175 \text{ мм}$  бўлади ва тегирмон хажмининг  $30...35\%$  шарлар билан тўлдирилади.



**7-расм. Шарли тегирмон.** 1-барабан қобиғи; 2-зирхли плита; 3-люк; 4-узатма шестерняси; 5-панжара; 6,9 коққок; 7-ичи бўш цапфалар; 8-йўналтирувчи конус.

Тегирмон айланиши пайтида, девор ва шарлар ишқаланиши натижасида шарлар айланиш йўналишида тепага кўтарилиб боради. Ушбу хол, кўтарилиш бурчаги материалнинг табиий қиялик бурчагидан ортмагунча давом этади, сўнг эса шарлар пастга қараб думалайди.

Айланиш тезлиги ортиши билан марказдан қочма куч ва кўтарилиш бурчаги кўпаяди. Шарлар оғирлиги марказдан қочма кучдан кўпайиши билан шарлар пастга, параболик траектория бўйлаб тушиб кетади.

Агарда, айланиш тезлигини янада оширсак, марказдан қочма кучлар шунчалик кўпаядики, шарлар тегирмон билан биргаликда айлана бошлайди.

Шарлар тушиб кетмайдиган тегирмоннинг чегаравий айланиш частотаси қуйидаги формуладан топади:

$$n_c = \sqrt{\frac{900 \cdot g}{\pi^2 R}} = \frac{42,3}{\sqrt{D}} \quad (3)$$



Одатда тегирмоннинг айланиш частотаси  $n_c$ нинг 75% га тенг деб қабул қилинади ва ушбу формуладан аниқланади.

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} \quad (4)$$

бу ерда  $D$  - барабан диаметри, м.

Тегирмоннинг иш унумдорлиги  $Q$  ( $m/coam$ ) куйидаги тахминий формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Q = V K D^{0,6} \quad (5)$$

бу ерда  $V$ -барабан ҳажми, м;  $K$  - хом-ашё бўлақларининг ўртача ўлчамига боғлиқ пропорционаллик коэффициенти,  $K=0,41...1,31$ .

Афзалликлари: универсал, майдалаш даражаси юқори, ишлатишда хавфсиз ва қулай.

Камчиликлари: кўпол, оғир, фойдали иш коэффициенти кичик, янчиш воситалари ҳам уқаланиб майдаланилаётган материални ифлослантиради.

#### Текшириш учун саволлар:

1. Жағли майдалагичнинг ишлаш принципи қандай? Камчилиги ва авзалликлари.
2. Шарли тегирмон қандай ишлайди ва авзалликлари нималардан иборат?
3. Конусли майдалагич билан болғали майдалагич қандай ишлайди?

#### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.:Химия, 1973.-754 с.
2. Плановский А.Н., Рамм Б.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1968.– 847 с.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарк, 2003. – 644 б
4. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. - Т.: НИСИМ, 1999. - 351 б.
5. Дитнерский Й.И. Дипломное и курсовое проектирование по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - М.: Химия, 1986.- 290 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии.-М.-Л.:Химия, 1983.- 5
7. Салимов З.С., Тўйчиев И.С. Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари. - Т.:Ўқитувчи,1987 - 407. б.
8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р., Зокиров С.Г., Маннонов У.В. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Жаҳон, 2000. -231 б.
9. Нурмухамедов Х.С., Гулямова Н.У., Кимёвий технологиянинг гидромеханик, иссиқлик масса алмашиниш жараёнлари бўйича лаборатория ишлари.- Ташкент, ТашПИ, 1989. - 84б.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА  
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ  
ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ  
КАФЕДРАСИ**

**«АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ»  
фанидан**

амалий машғулотларни бажариш учун

***МАСАЛАЛАР ВА МАШҚЛАР  
ТЎПЛАМИ***

**ГУЛИСТОН – 2021**

# 1-AMALIY ISH: GIDROMEXANIK JARAYONLAR (2 soat)

1. Solishtirma og'irlik (xajm birligining og'irligi)  $\gamma$  va zichlikning (xajm birligining massasi)  $\rho$  o'zaro bog'liqligi:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

bu yerda:  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  erkin tushish tezlanishi.

Nisbiy zichlik (nisbiy solishtirma og'irlik)  $\Delta$  deb modda zichligi (solishtirma og'irligi) ning suv zichligi (solishtirma og'irligi) ga nisbatiga aytiladi:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_{suv}} = \frac{\gamma}{\gamma_{suv}}$$

2. Klayperon<sup>1</sup> tenglamasi asosida, T temperaturadagi va R bosimdagi ixtiyoriy gazning zichligi  $\rho$  ni quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

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

bu yerda:  $\rho_0 = M/22,4 \text{ kg/m}^3$  gazning normal sharoitdagi zichligi<sup>2</sup>; M--gazning mol massasi, kg/kmol; T--temperatura, K.

R va  $R_0$  bosimlarning o'lchov birliklari bir xilda bo'lishi shart.

Gaz aralashmalarining zichligi:

$$\rho_{ar} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 + \dots$$

bu yerda:  $u_1, u_2, \dots$  gaz aralashmasining xajmiy ulushlari;  $\rho_1, \rho_2, \dots$  mos keluvchi komponentlarning zichligi.

3.  $\rho$  zichlikka va h suyuqlik ustuni balandligiga ega bo'lgan suyuqlikning R bosimini quyidagicha topish mumkin:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

bu yerda: R--bosim Pa da;  $\rho \text{ kg/m}^3$  da;  $g-- \text{m/s}^2$  da; h-- m da ifoda etilgan.

Ushbu tenglamadan kelib chiqqan xolda, bosim birliklari o'rtasidagi quyidagi o'zaro bog'liqliklarni keltirib chiqaramiz:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm sim. us.} = \rho g h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,033 \cdot 10^4 \text{ mm suv}$$

$$\text{us.} = 1,033 \cdot 10^4 \text{ kgk/m}^2 = 1,033 \text{ kgk/sm}^2;$$

$$1 \text{ kgk/sm}^2 = 10^4 \text{ kgk/m}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 735 \text{ mm sim. us.} = 10^4 \text{ mm suv us.}$$

4. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

bu yerda: R -- suyuqlik ustidan h (m da) balandlikdagi gidrostatik bosim, Pa;  $R_0$  -- suyuqlik ustidagi bosim, Pa.

Tekis devorga suyuqlikning bosim kuchi:

$$P = [(P)_0 + \rho \cdot g \cdot h_c] \cdot F$$

bu yerda:  $P_0$  - suyuqlik ustidagi bosim, Pa;  $h_c$ --suyuqlik satxi tagidagi devorga yuklashish og'irlik markazi balandligi, m;  $\rho$  -- suyuqlikning zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ; F -- devorning ko'ndalang kesim yuzasi,  $\text{m}^2$ .

5. Suyuqliklarning har xil temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini ilovadagi IX jadvaldan yoki V rasmda keltirilgan nomogrammadan topish mumkin.

1 кмоль газ учун Клайперон тенгламасида  $p \cdot v = R \cdot T$  газ доимийси

$$R = \frac{p_0 \cdot v_0}{T_0} = \frac{760 \cdot 133,3 \cdot 22,4}{273} = 8310 \frac{\text{Ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$

Яъни  $T_0 = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$  ва  $P_0 = 760 \text{ mm sim. us.} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti  $v$  ( $m^2/s$ ) dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti  $\mu$  bilan quyidagi nisbat orqali bog'langan:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

6. Gazlarning har xil temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini ilovadagi VI rasmda keltirilgan nomogrammadan topish mumkin.

Gaz aralashmalarining dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\mu_{ar} = \frac{y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{kr1}} + y_2 \cdot \mu_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{kr2}} + \dots}{y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{kr1}} + y_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{kr2}} + \dots}$$

bu yerda:  $\mu_{ar}$  – gaz aralashmasining  $t$  temperaturadagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti;  $\mu_1, \mu_2, \dots$  – komponentlarning  $t$  temperaturadagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlari;  $y_1, y_2, \dots$  – komponentlarning aralashmadagi xajmiy ulushlari;  $M_1, M_2, \dots$  – komponentlarning mol massalari;  $T_{kp1}, T_{kp2}, \dots$  – komponentlarning kritik temperaturalari, K.

Ilovadagi XI jadvalda ba'zi gazlar uchun  $\sqrt{MT_{kp}}$  qiymatlari keltirilgan.

Gazlarning temperatura bo'yicha dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\mu_t = \mu_0 \cdot \frac{273 + C}{T + C} \cdot \left( \frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Bu yerda  $\mu_0$  – gazning  $0^\circ$  C dagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti;  $T$  – temperatura, K;  $C$  – Saterlend doimiysi (ilovadagi V jadval).

### MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-MASALA.** Ortiqcha bosimi  $R_{or} = 10 \text{ kgk/sm}^2$  va temperaturasi  $t = 20^\circ\text{S}$  bo'lgan azot ikki oksidining zichligini SI sistemasida topilsin. Atmosfera bosimi  $760 \text{ mm sim. us.}$

**Masalaning ishlanishi.** SI sistemasida azot ikki oksidining zichligini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$\rho = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{46 \cdot 273 \cdot 11,03}{22,4 \cdot 293 \cdot 1,033} = 20,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### MASALALAR

- 1.1. Neftning nisbiy solishtirma og'irligi  $0,89$ . Neftning zichligini SI sistemasida topilsin. ( $890 \text{ kg/m}^3$ )
- 1.2. Vakuum bosimidagi  $440 \text{ mm sim. us.}$  havoning zichligi aniqlansin. Havoning temperaturasi  $t = -40^\circ\text{S}$ . Ushbu xolatda atmosfera bosimini  $750 \text{ mm sim. us.}$  deb qabul qilinsin. Havoning tarkibi  $79\%$  azot va  $21\%$  kislorod. ( $0,615 \text{ kg/m}^3$ )
- 1.3. Temperaturasi  $t = 30^\circ\text{S}$  va bosimi  $R_{abs} = 5,28 \text{ kgk/sm}^2$  bo'lgan uglerod to'rt oksidining kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlansin. ( $1,66 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )
- 1.4. Tarkibi:  $\text{SO}_2$ - $16\%$ ,  $\text{O}_2$ - $5\%$ ,  $\text{N}_2$ - $79\%$  bo'lgan o'txona gazlarining dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlansin. Gazlarning temperaturasi  $t = 400^\circ\text{S}$  va bosimi  $R_{abs} = 1 \text{ kgk/sm}^2$ . ( $0,034 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ )
- 1.5. Temperaturasi  $t = 90^\circ\text{S}$  va bosimi  $R_{abs} = 1,2 \text{ kgk/sm}^2$  bo'lgan gazning mol massasi va zichligi topilsin. Gaz quyidagi tarkibga ega:  $\text{N}_2$ - $50\%$ ,  $\text{SO}$ - $40\%$ ,  $\text{N}_2$ - $5\%$ ,  $\text{SO}_2$ - $5\%$ . ( $0,616 \text{ kg/m}^3$ )
- 1.6. Temperaturasi  $t = 85^\circ\text{S}$  va bosimi  $R_{or} = 2 \text{ kgk/sm}^2$  bo'lgan uglerod to'rt oksidining zichligi aniqlansin. Atmosfera bosimi  $750 \text{ mm sim. us.}$  ( $4,43 \text{ kg/m}^3$ )
- 1.7. Suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti  $30 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  va nisbiy zichligi  $0,9$ . Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini topilsin. ( $0,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ )
- 1.8. Tarkibida  $75\%$  vodorod va  $25\%$  azot bo'lgan azot-vodorod aralashmasining  $20^\circ\text{S}$  temperaturadagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini topilsin. ( $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ )

## 2-AMALIY ISH: GIDRAVLIKA ASOSLARI VA UNING AMALIYOTDA QO‘LLANILISHI

Sarf tenglamalari.

Suyuqlik yoki gazning xajmiy sarfi  $V$  ( $m^3/s$ ):

$$V = w \cdot F$$

1. Suyuqlik yoki gazning massaviy sarfi  $G$  ( $kg/s$ ):

$$G = V \cdot \rho = w \cdot F \cdot \rho$$

bu yerda  $F$ -oqimning ko‘ndalang kesim yuzasi,  $m^2$ ;  $w$ -oqimning o‘rtacha tezligi,  $m/s$ ;  $\rho$ -suyuqlik yoki gazning zichligi,  $kg/m^3$ .

2. Dumaloq kesimli trubalar uchun xajmiy sarf tenglamasi quyidagi xolda bo‘ladi:

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

3. Berilgan  $V$  sarf va qabul qilingan  $w$  tezlikdagi truba diametrini quyidagi tenglama orqali topiladi:

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

Ushbu tenglama orqali IV nomogramma tuzilgan.

4. Oqimning uzluksizlik tenglamasi:

$$V = w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = w_3 \cdot f_3 = \dots$$

5. Suyuqlik yoki gazning trubadagi o‘rtacha tezligini sarf tenglamalaridan keltirib chiqarilgan xolda quyidagicha topiladi:

yoki

### MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-MASALA.** Sarfi  $G=3000$   $kg/soat$  va temperaturasi  $t=20^0S$  bo‘lgan suv, ichki diamtri  $30$   $mm$  bo‘lgan truba orqali uzatilmoqda. Suvning trubadagi o‘rtacha tezligini aniqlansin.

**Masalaning ishlanishi.**  $t=20^0S$  dagi suvning zichligini IV jadvaldan topamiz:  $\rho=998$   $kg/m^3$ . Trubaning ko‘ndalang kesim yuzasini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,030^2}{4} = 0,00070 \text{ m}^2$$

Suvning trubadagi o‘rtacha tezligini quyidagi tenglamadan aniqlaymiz:

### MASALALAR

**2.1.** Issiqlik almashinish qurilmasi diametri  $76X3$   $mm$  bo‘lgan po‘lat trubalardan tayyorlangan. Trubalardan atmosfera bosimi ostida gaz uzatilmoqda. Ushbu gazning tezlikni, sarfni, hamda trubalar sonini o‘zgartirmagan xolda faqat bosimini  $R_{or}=5$   $kg \cdot k/sm^2$  ga o‘zgartirilsa trubaning kerakli diametri aniqlansin. ( $\sim 29$   $mm$ )

**2.2.** Sarfi  $V=1700$   $m^3/soat$  (normal sharoitda) va temperaturasi  $t=30^0S$  bo‘lgan metan gazi, ichki diamtri  $200$   $mm$  bo‘lgan truba orqali uzatilmoqda. Metan gazining trubadagi o‘rtacha tezligini aniqlansin. ( $16,7$   $m/s$ )

**2.3.** Bir yo‘lli qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining trubalari (trubalar soni  $n=100$ , diametri  $20X2$   $mm$ ) orqali havo uzatilmoqda. Havoning o‘rtacha temperaturasi  $50^0S$  va bosimi  $2$   $kg \cdot k/sm^2$  (manometr ko‘rsatkichi bo‘yicha), tezligi  $9$   $m/s$ . Barometrik bosim  $740$   $mm$  *sim. us.* Quyidagilarni aniqlansin: a) havoning massaviy sarfi; b) havoning ishchi sharoitdagi hajmiy sarfi; v) havoning normal sharoitdagi hajmiy sarfi. (*-a*)  $0,57$   $kg/s$ ; (*-b*)  $0,18$   $m^3/s$ ; (*-v*)  $0,44$   $m^3/s$ )

**2.4.** Sovutkich diametri  $20X2$   $mm$  bo‘lgan  $19$  *dona* trubadan iborat. Sovutkichning truba kanallariga suv diametri  $57X3,5$   $mm$  bo‘lgan truba orqali kirmoqda. Suvning ushbu trubadagi tezligi  $1,4$   $m/s$ . Suvning truba kanallaridagi tezligini topilsin. ( $0,72$   $m/s$ )

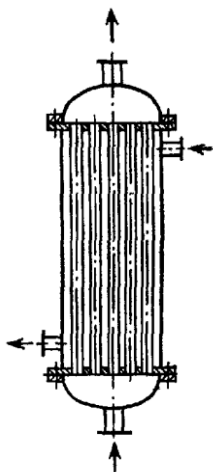
2.5. Diametri  $16 \times 1,5$  mm, 379 dona trubadan iborat bo‘lgan issiqlik almashinish qurilmasidan  $6400 \text{ m}^3/\text{soat}$  (normal sharoitda) sarf bilan azot uzatilmoqda. Azotning bosimi  $R_{ort}=3 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ . Azot qurilmaga  $120^\circ\text{S}$  temperatura bilan kirib,  $30^\circ\text{S}$  temperatura bilan chiqib ketmoqda. Qurilma trubalariga kirish va chivishdagi azotning tezligini aniqlansin. ( $13,1 \text{ m/s}$ ;  $10,1 \text{ m/s}$ )

2.6. “Truba ichida truba” tipidagi sovutkichning ichki trubasi diametri  $29 \times 2,5$  mm va tashqi trubasi diametri  $54 \times 2,5$  mm. Ichki truba orqali  $3,73 \text{ t}/\text{soat}$  sarf bilan zichligi  $1150 \text{ kg}/\text{m}^3$  bo‘lgan eritma (rassol) harakatlanmoqda. Trubalararo bo‘shliqda esa  $160 \text{ kg}/\text{soat}$  sarf va  $R_{abs}=3 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$  bosim bilan temperaturasi  $0^\circ\text{S}$  bo‘lgan gaz harakatlanmoqda. Gazning  $0^\circ\text{S}$  temperatura va  $760 \text{ mm sim. us.}$  dagi zichligi  $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Sovutkichdagi suyuqlik va gazning tezligi hisoblab topilsin. ( $2,0 \text{ m/s}$ ;  $10,4 \text{ m/s}$ )

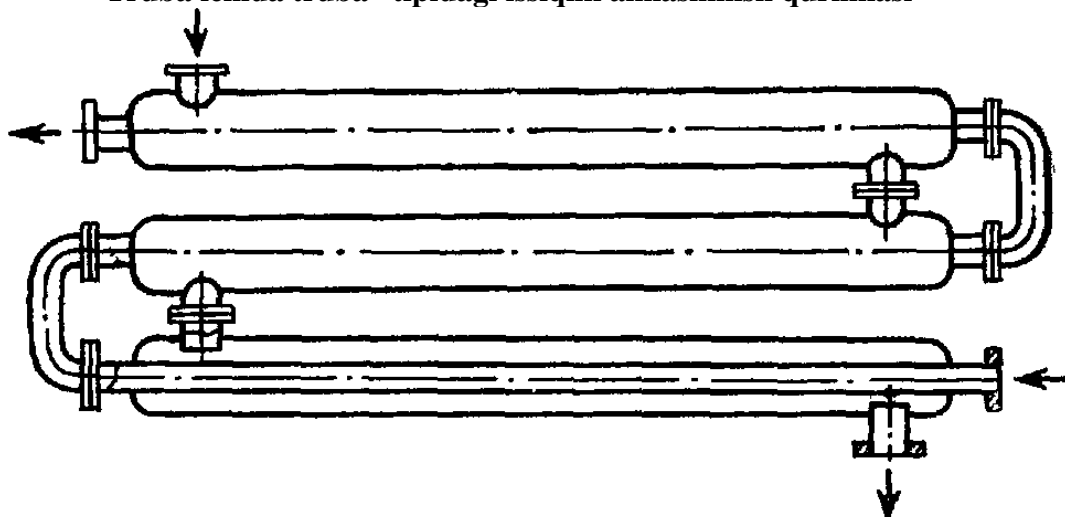
2.7. 2.6 masala sharti bo‘yicha, agar gaz atmosfera bosimi ostida, lekin o‘sha tezlik va o‘sha massaviy sarf bilan harakatlansa, trubaning zaruriy tashqi diametri topilsin. ( $73 \text{ mm}$ )

2.8. Massaviy sarfi  $120 \text{ kg}/\text{soat}$  bo‘lgan vodorod gazini uzatish uchun truba quvurining diametri aniqlansin. Trubaning uzunligi  $1000 \text{ m}$ . Bosimning ruxsat etilgan pasayishi  $\Delta R=110 \text{ mm suv us.}$  Vodorodning zichligi  $0,0825 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Ichki ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda=0,03$ . ( $0,2 \text{ m}$ )

### Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasi



### “Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi



### 3-AMALIY ISH: GIDRODINAMIKA. TRUBALARDA SUYUQLIKLARNING OQISHI

Truba va kanallar orqali oqib o'tuvchi oqimlarning gidrodinamik asosiy kriteriyalari.

Reynolds kriteriyasi, gidrodinamik rejimni xarakterlaydi, hamda inersiya kuchlari va oqimdagi ichki ishqalanish kuchlarining nisbati o'lchami hisoblanadi:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

bu yerda:  $w$  – oqimning o'rtacha tezligi, m/s;  $d$  – truba quvuri diametri, m;  $\rho$  – suyuqlikning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\mu$  – dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s;  $\nu$  – kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m<sup>2</sup>/s.

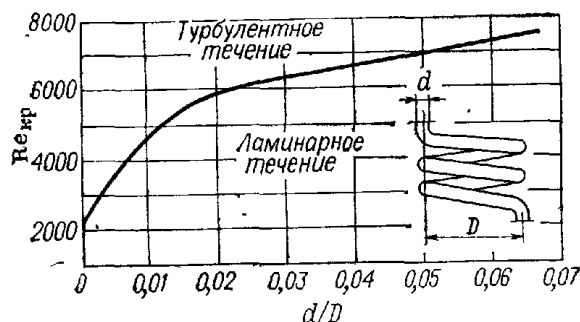
Tekis trubalar orqali uzatilayotgan oqimlar uchun Reynolds kriteriyasining quyidagi qiymatlari o'rinli:

Laminar rejim  $Re < 2300$

O'tish rejimi

Turbulent rejim  $Re > 10000$

Zmeyerovlikli trubalar orqali uzatilayotgan oqimlar uchun Reynolds kriteriyasining son qiymati tekis trubalardagiga nisbatan yuqoriroq bo'lib,  $d/D$  nisbatga bog'liq. Bu yerda  $d$  – zmeyerovlikli trubaning ichki diametri,  $D$  – zmeyerovlik o'ramining diametri. Ushbu bog'liqlik 3.1-rasmda ko'rsatilgan.



3.1-rasm. Zmeyerovlikli trubalarda  $Re$  kriteriyasining  $d/D$  nisbatiga bog'liqligi.

Dumaloq kesimga ega bo'lmagan trubalar uchun Reynolds kriteriyasiga ekvivalent diametr qo'yiladi. Ekvivalent diametr gidravlik radiusni to'rtga ko'paytirilganiga teng. Gidravlik radius  $r_g$  oqimning ko'ndalang kesim yuzasi  $F$  ning oqim bilan xo'llangan perimetr  $P$  ga nisbatiga teng:

$$r_g = \frac{F}{P}$$

Ekvivalent diametr:

$$d_e = 4 \cdot r_g = 4 \cdot \frac{F}{P}$$

Frud kriteriyasi, oqimdagi inersiya va og'irlik kuchlarining nisbatlarini ifodalaydi:

$$Fr = \frac{w^2}{g \cdot d}$$

bu yerda  $g$  – erkin tushish tezlanishi, m/s<sup>2</sup>.

Eyler kriteriyasi, oqimdagi bosim kuchlari va inersiya kuchlarining nisbatlarini ifodalaydi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$$

bu yerda  $\Delta R$  – bosimlar farqi (gidravlik qarshiliklarga yo'qotilgan bosim), Pa.

#### MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Temperaturasi 300S bo'lgan suv 1 m/s tezlik bilan diametri 43X2,5 mm bo'lgan trubada harakatlanmoqda. Suvning oqish rejimini aniqlansin.

Masalaning ishlaniishi. Suvning 30C temperaturadagi zichligi va dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini jadvallar orqali topamiz:

$\rho=995$  kg/m<sup>3</sup>;  $\mu=0,8 \cdot 10^{-3}$  Pa·s

So'ng Reynolds kriteriyasini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,038 \cdot 995}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 47500 \text{ turbulent rejim.}$$

### MASALALAR

- 3.1. “Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo‘shlig‘idagi suyuqlikning oqish rejimi aniqlansin. Qurilma ichki trubalarining diametri 25X2 mm, tashqi trubalarining diametri 51X2,5 mm; suyuqlikning massaviy sarfi 3730 kg/soat, suyuqlikning zichligi 1150 kg/m<sup>3</sup>, dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti 1,2·10<sup>-3</sup> Pa·s. (turbulent rejim 15500)
- 3.2. Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasi trubalararo bo‘shlig‘ining ekvivalent diametri aniqlansin. Qurilma diametri 38X2,5 mm bo‘lgan 61 dona trubalardan tashkil topgan. Qobiqning ichki diametri 625 mm. (de=0,105 m.)
- 3.3. Xalqa, kvadrat, to‘g‘ri to‘rtburchak, teng yonli uchburchak ko‘ndalang kesimli truba quvurlari uchun umumiy ko‘rinishda gidravlik radiusni aniqlang.
- 3.4. Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo‘shlig‘ida anilin 0,5 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Issiqlik almashinish qurilmasi 19 dona diametri 26X2,5 mm bo‘lgan trubalardan iborat. Qobiqning ichki diametri 200 mm. Anilin suv bilan 1000S dan 400S gacha sovitilmoqda. Anilinning trubalararo bo‘shliqdagi oqish rejimi aniqlansin. (turbulent rejim 14600)
- 3.5. “Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining xalqasimon bo‘shlig‘ida xarakterlanayotgan suvning oqish rejimini aniqlansin. Tashqi truba – 96X3,5 mm, ichki truba – 57X3 mm, suvning sarfi 3,6 m<sup>3</sup>/soat, temperaturasi 200S. (o‘tish rejimi.)
- 3.6. Etil spirtining oqish rejimini aniqlansin: a) diametri 40X2,5 mm bo‘lgan to‘g‘ri trubada; b) xuddi shunday zmeyevikli trubada. Zmeyevik o‘ramining diametri 570 mm. Spirtning tezligi 0,13 m/s, o‘rtacha temperaturasi 520S. (a) o‘tish, b) laminar.)

### TRUBALARDA SUYUQLIKLARNING OQISHI. DROSSEL ASBOBLARDA SUYUQLIKLARNING SARFI VA TEZLIGINI O‘LCHASH

Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g}$$

Real (haqiqiy) suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g} + h_y$$

bu yerda  $z$  - geometrik napor, m;  $R/\rho \cdot g$  - statik napor, m;  $w^2/2 \cdot g$  - dinamik napor, m;  $h_y$  – qarshiliklarga yo‘qotilgan napor, m.

Trubadagi o‘rtacha tezlik  $w$  va maksimal (o‘qdagi) tezlik  $w_{max}$  orasidagi bog‘liqlik:

a) laminar rejimda  $w = 0,5 \cdot w_{max}$  □

b) turbulent rejimda  $w = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{max}$  □

Suyuqlikning idish tagidagi yoki devoridagi teshikdan oqib chiqish tezligi  $w$  (m/s):

$$w = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

bu yerda  $\varphi$  – tezlik koeffitsiyenti, o‘lchovsiz;  $g$  – erkin tushish tezlanishi, m/s<sup>2</sup>;  $H$  – teshik tepasidagi suyuqlikning balandligi, m.

Agar idishdagi suyuqlik bosimi ( $R_0$ , Pa) va suyuqlik oqib chiqayotgan idishdan tashqaridagi bosim ( $R$ , Pa) bir xil bo‘lmasa, yuqoridagi tenglamadagi  $H$  ni o‘rniga quyidagi kattalikni kiritiladi:

$$H' = H + \frac{P_0 - P}{\rho \cdot g}, \text{ bu yerda } \rho - \text{idishdagi suyuqlikning zichligi, kg/m}^3.$$

Ko‘ndalang kesim yuzasi  $f_0$  (m<sup>2</sup>) bo‘lgan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlikning sarfi  $V$  (m<sup>3</sup>/s) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$V = \alpha \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

bu yerda  $\alpha$  – sarf koeffitsiyenti, tezlik koeffitsiyenti  $\varphi$  va oqimchaning siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon$  ning ko‘paytmasidan iborat:

$$\alpha = \varphi \cdot \varepsilon$$

O‘zgarmas  $f$  ko‘ndalang kesim yuzasiga ega bo‘lgan ochiq idishdagi suyuqlikning  $f_0$  yuzali teshik orqali to‘la bo‘shash vaqti  $\tau$  (s) ni quyidagi tenglamadan aniqlanadi:



$$\tau = \frac{2 \cdot f \cdot \sqrt{H}}{\alpha \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g}}$$

bu yerda  $N$  – teshik tepasidagi suyuqlikning boshlang'ich balandligi, m.

Suyuqlik yoki gazning sarfini normal diafragma orqali o'lchash.

Suyuqlik yoki gazning xajmiy sarfi  $V$  (m<sup>3</sup>/s):

$$V = \alpha \cdot k \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} = \alpha \cdot k \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}$$

bu yerda  $\alpha$  – diafragmaning sarf koeffitsiyenti (XV jadval);  $k$  – truba devorlarining g'adir-budirligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsiyenti (XV1 jadval), gidravlik silliq trubalar uchun  $k=1$ ;  $f_0=0,785 \cdot d_0^2$  – diafragma teshigining yuzasi, m<sup>2</sup>;  $d_0$  – teshik devori, m;  $N$  – diafragmaga ulangan difmanometrda suyuqlik balandliklarining farqi, m;  $\rho_m$  – difmanometrda suyuqlik zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\rho$  – truba orqali uzatilayotgan suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m<sup>3</sup>.

Diafragmaning sarf koeffitsiyenti  $\alpha$ ,  $Re=w \cdot d \cdot \rho / \mu$  kriteriyasiga bog'liq, lekin  $Re$  qiymati oldindan ma'lum bo'lmagani uchun sarf  $V$  ni o'lchashda  $\alpha$  ning o'rtacha qiymatini berilgan  $t$  uchun XV jadval bo'yicha qabul qilinadi. So'ng sarf  $V$  ni aniqlab,  $Re$  ni topiladi,  $\alpha$  ning qiymatini aniqlashtiriladi va kerak bo'lsa hisob boshqatdan qilinadi.

Suyuqlik yoki gazning sarfini Pito-Prandtl pnevmometrik naychalari yordamida o'lchash.

Pito-Prandtl naychalarini truba quvurining o'qiga joylashtiriladi va unga ulangan difmanometr yordamida

quyidagi kattalikni topiladi:  $\Delta P = H \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g$ . So'ng oqimning maksimal (o'qidagi) tezligini

$$w_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}, \quad Re = w_{max} \cdot d \cdot \frac{\rho}{\mu}$$

hisoblab topiladi

oqim rejimiga ko'ra o'rtacha tezlik  $w$  topiladi:

a) laminar rejimda  $w = 0,5 \cdot w_{max}$  □

b) turbulent rejimda  $w = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{max}$  □

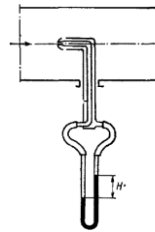
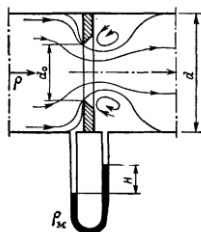
Suyuqlik yoki gazning sarfi  $V$  (m<sup>3</sup>/s) quyidagicha topiladi:

$$V = w \cdot F$$

bu yerda  $F$  - truba quvurining ko'ndalang kesim yuzasi, m<sup>2</sup>.

Normal diafragma

Pito-Prandtl naychalari



## MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Ochiq rezervuarda nisbiy zichligi 1,23 bo'lgan suyuqlik bor. Rezervuarda ma'lum bir nuqtasiga ulangan manometr  $R_{0t}=0,31$  kgk/sm<sup>2</sup> bosimni ko'rsatmoqda. Rezervuardagi suyuqlik satxi ushbu nuqtadan qancha balandlikda bo'ladi?

Masalaning ishlaniishi. Manometr ulangan nuqtadan tepadagi suyuqlik balandligini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{P - P_0}{\rho \cdot g}$$

masalaning sharti bo'yicha  $R-R_0=0,31$  kgk/sm<sup>2</sup> $=0,31 \cdot 10^4 \cdot 9,81$  Pa

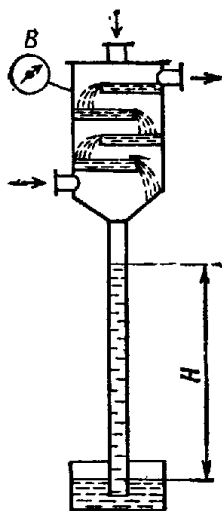
suyuqlikning zichligi  $\rho=1,23 \cdot 1000=1230$  kg/m<sup>3</sup>

bundan

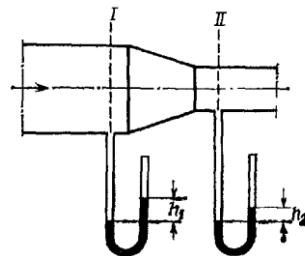
$$h = \frac{0,31 \cdot 10^4 \cdot 9,81}{1230 \cdot 9,81} = 2,52 \text{ m.}$$

## MASALALAR

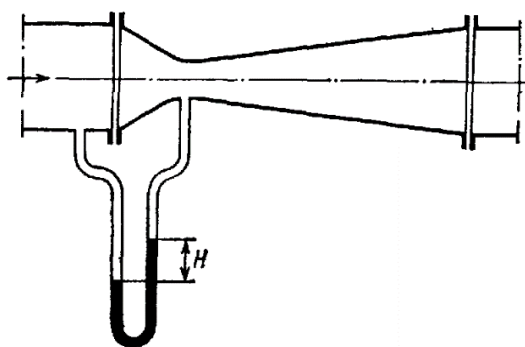
- 4.1. Barometrik kondensator dagi vakuummetr 60 mm sim. us. siyraklanishni ko'rsatmoqda. Barometrik bosim 748 mm sim. us. Aniqlansin: a) kondensator dagi bosim Pa va kgk/sm<sup>2</sup> da aniqlansin; b) barometrik trubada suv qanday N balandlikka ko'tariladi? (a) 19700 Pa, 0,201 kgk/sm<sup>2</sup>; b) 8,16 m).
- 4.2. Ichki diametri 200 mm bo'lgan trubada asta sekin torayish orqali diametri 100 mm bo'lgan trubaga o'tish bor. Trubadan sarfi 1700 m<sup>3</sup>/soat (normal sharoitda) va temperaturasi 300S bo'lgan metan gazi uzatilmoqda. Trubaning keng qismida o'rnatilgan U-simon suvli manometr 40 mm suv us. ortiqcha bosimni ko'rsatmoqda. Xuddi shunday manometrning trubaning tor qismidagi ko'rsatkichi aniqlansin. Atmosfera bosimi 760 mm sim. us. (-98 mm suv us. yoki 961 Pa).
- 4.3. Diametri 1 m bo'lgan silindrik bak 2 m balandlikka suv bilan to'ldirilgan. Bakning tagidagi suv oqib chiqishi uchun mo'ljallangan teshik 3 sm diametrga ega. Bakning to'la bo'shish vaqti topilsin. (1180 s yoki 20 min).
- 4.4. Ichki diametri 152 mm bo'lgan gorizontall silliq truba orqali suv oqib o'tmoqda. Suvning o'rtacha tezligi 1,3 m/s, temperaturasi 200S. Trubada diametri 83,5 mm teshikli diafragma o'rnatilgan. Diafragmadagi simobli difmanometr ko'rsatkichini ko'rsatkichi aniqlansin. (0,188 m).
- 4.5. Havo uzatilayotgan trubaga o'rnatilgan Pito-Prandtl naychalarining suvli difmanometri ko'rsatkichi 13 mm ni tashkil qiladi. Agar, havoning temperaturasi 400S, trubaning diametri 159X6 mm bo'lsa, havoning sarfi aniqlansin. (0,217 m<sup>3</sup>/s yoki 780 m<sup>3</sup>/soat).
- 4.6. Sarfi 200 dm<sup>3</sup>/soat, temperaturasi 380S bo'lgan uksus kislotasi haraktlanayotgan truba diametri 57X3,5 mm ni tashkil etadi. Uksus kislotasining truba o'qidagi tezligini aniqlansin. (0,056 m/s).
- 4.7. Ichki diametri 320 mm bo'lgan trubada Pito-Prandtl naychalari o'rnatilgan. Naychalardagi suvli difmanometr N=5,8 mm farqni ko'rsatmoqda. Trubadan atmosfera bosimi ostida, temperaturasi 210S bo'lgan havo harakatlanmoqda. Havoning massaviy sarfi topilsin. (2840 kg/soat).
- 4.8. Bak tagidagi diametri 10 mm bo'lgan teshik orqali 1 soat davomida 750 dm<sup>3</sup> miqdorda suyuqlik oqib chiqmoqda. Bakning usti ochiq va bakda suyuqlik satxi o'zgarmas balandlik 900 mm da ushlab turiladi. Sarf koeffitsiyenti topilsin. Bakning diametri 800 mm. Agar bakka suyuqlik uzatishni to'xtatilsa, uning to'la bo'shish vaqtini hisoblab topilsin. ( $\tau=1$  soat 13 min;  $\alpha=0,632$ ).
- 4.9. Ko'ndalang kesim yuzasi 3 m<sup>2</sup> bo'lgan bakka suv uzatilmoqda. Bakning tagida suvni chiqarib yuborish uchun teshik bor. Turg'un xolatda uzatilayotgan suvning sarfi teshikdan oqib chiqayotgan suvning sarfi bilan teng va suvning satxi 1m balandlikda o'rnatiladi. Agar, bakka suv uzatishni to'xtatilsa, 100 s dan keyin bak to'la bo'shaydi. Bakka uzatilayotgan suvning miqdori aniqlansin. (0,06 m<sup>3</sup>/s).
- 4.10. Ichki diametri 200 mm bo'lgan gorizontall truba orqali nisbiy zichligi 0,9 bo'lgan mineral yog' uzatilmoqda. Trubada diafragma o'rnatilgan (sarf koeffitsiyenti 0,61). Diafragma teshigining diametri 76 mm. Diafragma ulangan simobli difmanometr 102 mm farqni ko'rsatmoqda. Trubadagi yog'ning tezligi va sarfi aniqlansin. (0,47 m/s; 47800 kg/soat).
- 4.11. Diametri 160X5 mm bo'lgan trubada "Venturi trubasi" o'rnatilgan. "Venturi trubasi" ning tor qismining diametri 60 mm. Truba orqali atmosfera bosim ostida va 250S temperaturada etan gazi uzatilmoqda. Venturi trubasiga ulangan suvli difmanometr N=32 mm farqni ko'rsatmoqda. Sarf koeffitsiyentini 0,97 deb qabul qilgan xolda trubadagi etan gazining massaviy sarfini kg/soat da aniqlansin. (280 kg/soat).



(4.1 masala uchun)  
Venturi trubasi



(4.2 masala uchun)



(4.11 masala uchun)

#### 4-AMALIY ISH: QO‘ZG‘ALMAS VA MAVHUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI

Qattiq zarrachalar qo‘zg‘almas qatlami uchun g‘ovaklik, ya’ni qattiq faza bilan band bo‘lgan xajmning nisbiy ulushi:

$$\varepsilon_0 = \frac{V_q - V}{V_q}$$

Agar, zarrachalar orasidagi qatlam zichligini ahamiyatga olinmasa, u xolda:

$$\varepsilon_0 = 1 - \left(\frac{\rho_t}{\rho}\right)$$

Bu yerda  $V$  va  $V_q$  – zarrachalar band qilgan hajm va qatlam hajmi,  $m^3$ ;  $\rho$  va  $\rho_t$  – zarrachalar zichligi va qatlam zichligi (to‘kilma zichlik),  $kg/m^3$ .

Odatda, bir xil diametrga ega bo‘lgan sharsimon zarrachalarning qo‘zg‘almas to‘kilma qatlami g‘ovakligi 0,38 – 0,42 oralig‘ida bo‘ladi; hisoblarda o‘rtacha qiymat 0,40 qabul qilinadi.

Qattiq zarrachalar mavhum qaynash qatlami uchun g‘ovaklik:

$$\varepsilon = \frac{V_{m.q.} - V}{V_{m.q.}}$$

bu yerda  $V_{m.q.}$  – mavhum qaynash qatlam hajmi,  $m^3$ .

1. Muhit bosim kuchlarining va qatlam og‘irligining muvozanati qattiq zarrachalar qo‘zg‘almas qatlamining mavhum qaynash xolatiga o‘tish sharti bo‘lib xizmat qiladi.

Mavhum qaynash qatlamining asosiy gidrodinamik xarakteristikasi  $\Delta R_q$  doimiysidan iborat:

$$\Delta P_q = \frac{G_q}{S} = const$$

bu yerda  $G_q$  – qatlamdagi material og‘irligi,  $N$ ;  $S$  – ko‘ndalang kesim yuzasi,  $m^2$ .

Qattiq zarrachalar mavhum qaynash qatlami orqali uzatiluvchi oqim uchun bosimlar farqi ( $Pa$  da) quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta P_q = (\rho - \rho_m) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = (\rho - \rho_m) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h_0$$

bu yerda  $h$  va  $h_0$  – mavhum qaynash va qo‘zg‘almas qatlam balandligi,  $m$ ;  $\rho$  va  $\rho_m$  – qattiq zarrachalar va muhitning zichligi,  $kg/m^3$ .

Agar muhit gaz bo‘lsa ( $\rho_m \ll \rho$ ), u xolda:

$$\Delta P_q = \rho \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = \rho \cdot g \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h_0$$

3. Muhit bosim kuchlarining va qatlam og‘irlik kuchlarining muvozanat holati, ya’ni qattiq zarrachalar qo‘zg‘almas qatlamining mavhum qaynash xolatiga o‘tishiga to‘g‘ri keladigan oqim tezligi birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynash tezligi deyiladi. Bir xil diametrga ega bo‘lgan sferik zarrachalar qatlami uchun birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynash tezligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Re_{m,q} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$$

Ushbu tenglama qo‘zg‘almas qatlam o‘rtacha g‘ovakligi  $\varepsilon_0=0,4$  uchun keltirib chiqarilgan va  $\pm 20\%$  xatolikni beradi. Bunda

$$Re_{m,q} = \frac{w_{m,q} \cdot d \cdot \rho_m}{\mu_m}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho - \rho_m) \cdot \rho_m}{\mu_m^2}$$

bu yerda  $w_{m,q}$  – mavhum qaynash tezligi,  $m/s$ ;  $d$  – zarrachalar diametri,  $m$ ;  $\rho$  va  $\rho_m$  – qattiq zarrachalar va muhitning zichligi,  $kg/m^3$ ;  $\mu_m$  – muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti,  $Pa \cdot s$ .

Agar muhit gaz bo‘lsa ( $\rho_m \ll \rho$ ), u xolda:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho \cdot \rho_m}{\mu_m^2}$$

Noto‘g‘ri shaklga ega bo‘lgan zarrachalar uchun oqimning kritik tezligini shakl faktorini hisobga olgan holda aniqlash mumkin:

$$F = 0,207 \cdot \frac{S}{V^{\frac{2}{3}}}$$

bu yerda  $V$  – zarracha hajmi,  $m^3$ ;  $S$  – zarrachaning yuzasi,  $m^2$ .

## MASALALAR

6.1 Dengiz sathidan 300 m balandliqla joylashgan zavodda porshsnli nasos o‘rnatilgan bo‘lib, umumiy surish balandligi bo‘yicha yo‘qotilgan napor qiymati 5,5 mm.suv.ust.ni tashkil etadi.

Geomstrik surish balandlik 3,6 m ga teng. Suvning qaysi maksimal temperaturasida, suyuqlikni surilishi mumkin bo'lmaydi?

6.2 Plunjer bosib o'tadigan masofa 480 mm, aylanishlar soni minutiga 60 ga teng. Uzatish koeffitsiyenti esa 0.85. Plunjerli nasosning pog'onasi plunjerning har bir tomoniga uzatayotgan suyuqlik miqdorini va differensial porshenli nasosning ish unumdorligini (sarfini) quyidagi shartlar bo'yicha aniqlang. Pog'onali plunjer, katta diametri 340 mm kichigi esa 240 mm ga teng.

6.3 Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli nasos, diametri 3 m va balandligi 2,6m bo'lgan idishni 26,5 minutda to'ldirmoqda. Nasos plunjerining diametri 180 mm, shtokning diametri 50 mm, krivoship radiusi esa 145 mm. Aylanishlar chastotasi minutiga 55 ga teng. Nasosning uzatish koeffitsiyentini toping.

## 5-AMALIY ISH: SUYUQLIKLARNI UZATISH VA UNING QURILMALARI

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizontalar va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suv, neft, benzin, eg'-moylar, sut, vino, pivo va boshqa suyuqliklarni uzatish uchun muljallangan mashinalar nasoslar deyiladi. Elektr dvigatelning mexanik energiyasini suyuqlikning uzatilish energiyasiga aylantiruvchi va uning bosimini oshiruvchi va gidravlik mashinalar nasoslar deb ataladi. Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuktalaridagi bosimlar farqi trubalardan suyuqlikning oqishi uchun xarakatlantiruvchi kuch hisoblanadi.

Nasoslar asosan ikki turga: dinamik va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Dinamik nasoslarda suyuqlik tashqi kuch ta'sirida harakatga keltiriladi. Nasos ichidagi suyuqlik nasosga kirish va chiqish trubalari bilan uzluksiz bo'langan bo'ladi. Suyuqlikka ta'sir kiladigan kuchning turiga ko'ra, dinamik nasoslar parrakli va ishqalanish kuchi yordamida ishlaydigan nasoslarga bo'linadi. Sanoatda suyuqliklarni sikilgan gaz (yoki xavo) yordamida uzatish uchun gazliftlar va monteiyular ham ishlatiladi.

Nasosning asosiy parametrlari:

Nasosning vakt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlikning miqloriga ish unumdorligi (yoki sarfi) deyiladi  $Q$ , ( $m^3/s$ ).

1. Vakt birligida surilgan suyuqlik xajmi  $Q$  ni nasosning sarfi deb ataladi. Surish  $m^3/s$ ,  $l/s$  va boshka birliklarda o'lchanadi.

Markazdan qochma nasoslarning sarfi quyidagicha hisoblanadi:

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

yoki

(2.1)

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

$w_1$ ,  $w_2$  - ish g'ildiragiga kirish va chiqishdagi nisbiy tezliklar;

$d_1$ ,  $d_2$  - nasos g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari;

$\delta$  - nasos kuraklariing qalinligi;

$z$  - kuraklar soni;

$b_1, b_2$  - kuraklarning kirshi va chiqishdagi eni;

$\beta_1, \beta_2$  - kuraklarning kirish va chiqishdagi egrilik burchaklari.

Eng sodsa porshenli nasosning sarfi ushbuga teng:

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

bu yerda  $F$  - porshen ko'ndalang kesimining yuzasi;  $L$  - porshenning yurishi (bir borib kelishda bir tomonga yurgan yo'lining uzunligi);  $n$  - porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship-shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko'p yulli porshen nasosining sarfi

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

bu yerda  $i$  - nasos silindrlarining soni.

Ikki yulli bir porshenli nasosning sarfi.:

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

bu yerda  $f$  - shtok ko'ndalang kesimining yuzasi, m<sup>2</sup>.

Nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimi olgan solishtirma energiyasi nasosning bosimi deb ataladi va suyuqlik ustunining metrlari hisobida o'lchanadi.

$$H = H_r + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + h_{um} \quad (2.5)$$

$H_{um} = h_c + h_x$  — trubaning umumiy gidravlik qarshiligi;

$H_G = H_S + H_X$  - geometrik balandlik.

Nasosning vaqt birligida bajargan ishi uning quvvati deyiladi. Quvvatning o'lchov birligi (Vt) va quyidagi formula yerdamida aniqlanadi:

$$N_f = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.6)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, ya'ni:

$$N_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot F}{\eta_H} \quad (2.7)$$

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi g'ildiraklarning aylanish tezligiga bog'liq bo'ladi. Nasos ishga tushirilishidan ilgari surish trubasi, ish g'ildiragi va qobiq

uzatilayotgan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Agar ish g'ildiragi bilan qobiq oralarida bo'shliq bo'lsa, ishchi g'ildiragining aylanishi natijasida yetarli siyraklanish hosil bo'lmaydi.

Nasosning ish unumdorligi, napori, iste'mol qiladigan quvvati, ish g'ildiraklarining aylanish chastotasining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi, ya'ni: aylanishlar chastotasi  $n_1$  dan  $n_2$  ga ortsa, uning ish unumdorligi, napori va iste'mol kiladigan quvvati quyidagicha o'zgaradi:

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

Ish g'ildiraklarining aylanishlar chastotasi  $n$  o'zgarmas bo'lganda nasos ish unumdorligi  $Q$  ning napori  $N$  nasosning o'z quvvati  $N$  va foydali ish koeffitsiyenti  $\eta_N$  bilan o'zaro grafik usulidagi bog'liqligi chasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi.

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Shesternali nasos shesternasining 12 ta tishi bo'lib, uning eni 42 mm. har bir tishning ko'ndalang kesimining yuzasi qo'shni shesternaning tashqi aylanasi bilan chegaralangan bo'lib 980 mm<sup>2</sup> tengdir. Nasosning ish unumdorligi 0,312 m<sup>3</sup>/min bo'lsa, nasosning uzatish koeffitsiyenti aniklansin.

Yechish:

Shesternali nasosning ish unumdorligi ushbu formula orqali hisoblab topiladi:

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

Nazariy uzatilgan suyuqlik miqdori:

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

Haqiqiy uzatilgan suyuqlik miqdori:

$$Q = 0,312 / 60 = 0,0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bunda, uzatish koeffitsiyenti quyidagig teng bo'ladi:

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

### MASALALAR

7.1 Nasos 30% li sulfat kislotani bir joydan ikkinchi joyga uzatib bermoqda. Uzatish trubasidagi manometr ko'rsatkichi 1,8 kg·k/sm<sup>2</sup> (0,18 MPa), surish trubasidagi vakuummetr ko'rsatkichi 29 mm.sim.ust. Manometr vakuummetrdan 0,5 m balandda joylashgan. Surish va uzatish trubalarining diametrlari bir xil. Nasos xosil qilayotgan naporni aniqlang.

Nasos atmosfera bosimi ostidagi rezervuardan, 37 kg·k/sm<sup>2</sup> (3,7 MPa) bosimga ega, nisbiy zichligi 0,79 bo'lgan etil spirti qurilmaga uzatilmoqda. Ko'tarilish balandligi 16 m. Surish va uzatish trubalarining umumiy qarshiligi 65,6 m. Nasos hosil qilayotgan umumiy napor topilsin.

Nasos nisbiy zichligi 0,91 ga teng bo'lgan pista yog'i 380 dm<sup>3</sup>/min. hajmiy sarf bilan uzatmoqla. Nasos dvigateli iste'mol qilayotgan quvvati 2,5 kVt. Umumiy napor 30,8 m. Nasos qurilmasining foydali ish koeffitsiyentini aniqlang.

7.4. Nisbiy zichligi 1,16 ga teng bo'lgan suyuqlikni nasos 14 dm<sup>3</sup>/s miqdordagi sarf bilan uzatmoqla. Umumiy napor 58 m. Nasosning f.i.k.= 0,64, uzatishning f.i.k. = 0,97, elektredvigatelning f.i.k. = 0,95. O'rnatilishi kerak bo'lgan dvigatel quvvati qanday bo'ladi?

## NASOSLARNING HISOBI

1-MASALA. Temperaturasi 20°C bo'lgan suvni ochiq idishdan 0,1 MPa bosim ostida ishlayotgan qurilmaga uzatib berish uchun nasos tanlansin. Suvning sarfi 1,2·10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/s. Suvni geometrik ko'tarilish balandligi 15 m. Tortish liniyasida truba uzunligi 10 m, xaydash liniyasida 40 m. Tortish trubasida 2 ta to'g'ri ventil, 4 ta 90° li burilish (R0/d=6) bor. Xaydash trubasida 2 ta 120° li (R0/d=6) va 10 ta 90° li burilishlar (R0/d=6) hamda 2 ta normal ventil bor.

Truba quvurini tanlash

Tortish va xaydash trubalari uchun suvning oqish tezligini bir xil va 2 m/s deb qabul qilamiz. U holda trubaning diametrini quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 2}} = 0,088 \text{ m}$$

Standart d=0,100 m bo'lgan, ozgina korroziyaga uchragan po'lat truba quvurini tanlaymiz. U holda suvning trubadagi xaqiqiy tezligi:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{0,785 \cdot 0,100^2} = 1,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Ishqalanish va mahalliy qarshiliklar hisobiga yo'qotilgan bosimni aniqlash.

Reynolds kriteriysini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,53 \cdot 0,100 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 151934 \quad (\text{Turbulent rejim,})$$

Bu yerda:  $\rho$  – suvning 20°C dagi zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\mu$  – suvning 20°C dagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s.

Truba quvurining absolyut g'adir-budirligini  $\Delta=2 \cdot 10^{-4}$  m deb qabul qilamiz. U holda:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,100} = 0,002$$



$$560 \cdot \frac{1}{ye} = 280000; \quad 10 \cdot \frac{1}{ye} = 5000;$$

Truba quvurida aralash ishqalanish bo'lgani sababli ichki ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda$  ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( 0,002 + \frac{68}{151934} \right)^{0,25} = 0,024$$

Tortish va haydash trubalari uchun mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini yig'indisini aniqlaymiz.

Tortish trubasi uchun:

| №  | Mahalliy qarshilik ko'rinishi   | Soni, dona | $\zeta$                                     |
|----|---------------------------------|------------|---|
| 1. | Trubaga kirish (o'tkir qirrali) | 1          | $\zeta_1=0,5$                               |
| 2. | To'g'ri ventil                  | 2          | $\zeta_2=\zeta \cdot k=0,5 \cdot 0,92=0,46$ |
| 3. | 90O li burilish                 | 4          | $\zeta_3=A \cdot V=1 \cdot 0,09=0,09$       |

Tortish trubasidagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarining yig'indisi:  $\sum \zeta = \zeta_1 + 2 \cdot \zeta_2 + 4 \cdot \zeta_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,46 + 4 \cdot 0,09 = 1,78$

Tortish trubasidagi yo'qotilgan napor:

$$h_{y.s.} = \left( \lambda \frac{l_c}{d} + \sum \zeta \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left( 0,024 \cdot \frac{10}{0,100} + 1,78 \right) \cdot \frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81} = 0,498 \text{ m}$$

Haydash trubasi uchun:

| № | Mahalliy qarshilik ko'rinishi | Soni, dona | $\zeta$                                   |
|---|-------------------------------|------------|---|
| 1 | 120O li burilish              | 2          | $\zeta_1=A \cdot V=1,17 \cdot 0,09=0,105$ |
| 2 | 90O li burilish               | 10         | $\zeta_2= A \cdot V=1 \cdot 0,09=0,09$    |
| 3 | Normal ventil                 | 2          | $\zeta_3=4,1$                             |
| 4 | Trubadan chiqish              | 1          | $\zeta_4=1$                               |

Haydash trubasidagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini yig'indisi:

$$\sum \zeta = 2 \cdot \zeta_1 + 10 \cdot \zeta_2 + 2 \cdot \zeta_3 + \zeta_4 = 2 \cdot 0,105 + 10 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,1 + 1 = 10,31$$

Haydash trubasidagi yo'qotilgan naporni quyidagicha topamiz:

$$h_{y,x.} = \left( \lambda \frac{l_x}{d} + \sum \zeta \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left( 0,024 \cdot \frac{40}{0,100} + 10,31 \right) \cdot \frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81} = 2,375 \text{ m}$$

Umumiy yo'qotilgan napor:

$$h_y = h_{y,s.} + h_{y,x.} = 0,498 + 2,375 = 2,873 \text{ m}$$

v) Nasos tanlash.

Nasosning napori:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} + H_z + h_y = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 15 + 2,873 = 28,08 \text{ m}$$

$$Q = V = 1,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ushbu 2 ta parametrga asoslanib 8.1- jadvaldan quyidagi markazdan qochma nasos tanlanadi:

Nasos markasi – X45/31

Nasosning ish unumdorligi –  $Q=1,25 \cdot 10^{-2}$

Nasosning napori –  $H=31 \text{ m}$

Nasosning aylanishlar chastotasi –  $n=48,3 \text{ s}^{-1}$

Nasosning f.i.k. --  $\eta=0,60$

Elektrodvigatel turi – A02-52-2;

Quvvati –  $N=13 \text{ kVt}$

FIK –  $\eta_{dv}=0,89$

## MASALALAR

8.1. Temperaturasi 200S bo'lgan atsetonni ochiq idishdan 0,2 MPa bosim ostida ishlayotgan qurilmaga uzatib berish uchun nasos tanlansin. Suyuqlikning sarfi 30 m<sup>3</sup>/soat. Geometrik ko'tarilish balandligi 5 m. So'rish trubasi uzunligi 10 m, haydash trubasi uzunligi 12 m. Quyidagi mahalliy qarshiliklar mavjud: so'rish trubasida to'g'ri ventil 1ta; 200 li burilish 2 ta; (R0/d=1); diafragma 1 ta (d0=40 mm) va haydash trubasida normal ventil 1ta; 90oli burilish 2 ta. Truba quvurining absolyut g'adir-budirliigi  $\Delta=2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .

8.1-Jadval

Markazdan qochma nasoslarning texnik xarakteristikalari

| Marka  | Q, m <sup>3</sup> /s  | N, m<br>suyuqlik<br>ustuni | n, 1/s | η <sub>n</sub> | Elektrodvigatel |                      |                 |
|--------|-----------------------|----------------------------|--------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|        |                       |                            |        |                | tip             | N <sub>n</sub> , kVt | η <sub>dv</sub> |
| X2/25  | 4,2·10 <sup>-4</sup>  | 25                         | 50     | -              | AOL-12-2        | 1,1                  | -               |
| X8/18  | 2,4·10 <sup>-3</sup>  | 11,3                       | 48,3   | 0,40           | AO2-31-2        | 3                    | -               |
|        |                       | 14,8                       |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 18                         |        |                | VAO-31-2        | 3                    | 0,82            |
| X8/30  | 2,4·10 <sup>-3</sup>  | 17,7                       | 48,3   | 0,50           | AO2-32-2        | 4                    | -               |
|        |                       | 24                         |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 30                         |        |                | VAO-32-2        | 4                    | 0,83            |
| X20/18 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 10,5                       | 48,3   | 0,60           | AO2-31-2        | 3                    | -               |
|        |                       | 13,8                       |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 18                         |        |                | VAO-31-2        | 3                    | 0,82            |
| X20/31 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 18                         | 48,3   | 0,55           | AO2-41-2        | 5,5                  | 0,87            |
|        |                       | 25                         |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 31                         |        |                | VAO-41-2        | 5,5                  | 0,84            |
| X20/53 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 34,4                       | 48,3   | 0,50           | AO2-52-2        | 13                   | 0,89            |
|        |                       | 44                         |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 53                         |        |                | VAO-52-2        | 13                   | 0,87            |
| X45/21 | 1,25·10 <sup>-2</sup> | 13,5                       | 48,3   | 0,60           | AO2-51-2        | 10                   | 0,88            |
|        |                       | 17,3                       |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 21                         |        |                | VAO-51-2        | 10                   | 0,87            |
| X45/31 | 1,25·10 <sup>-2</sup> | 19,8                       | 48,3   | 0,60           | AO2-52-2        | 13                   | 0,89            |
|        |                       | 25                         |        |                |                 |                      |                 |
|        |                       | 31                         |        |                | VAO-52-2        | 13                   | 0,87            |
| X45/54 | 1,25·10 <sup>-2</sup> | 32,6                       | 48,3   | 0,60           | AO2-62-2        | 17                   | 0,88            |
|        |                       | 42                         |        |                | AO2-71-2        | 22                   | 0,88            |

|           |          |      |       |      |          |     |      |
|-----------|----------|------|-------|------|----------|-----|------|
|           |          | 54   |       |      | AO2-72-2 | 30  | 0,89 |
| X90/19    | 2,5·10-2 | 13   | 48,3  | 0,70 | AO2-51-2 | 10  | 0,88 |
|           |          | 16   |       |      | AO2-52-2 | 13  | 0,89 |
|           |          | 19   |       |      | AO2-62-2 | 17  | 0,88 |
| X90/33    | 2,5·10-2 | 25   | 48,3  | 0,70 | AO2-62-2 | 17  | 0,88 |
|           |          | 29,2 |       |      | AO2-71-2 | 22  | 0,90 |
|           |          | 33   |       |      | AO2-72-2 | 30  | 0,90 |
| X90/49    | 2,5·10-2 | 31,4 | 48,3  | 0,70 | AO2-71-2 | 22  | 0,88 |
|           |          | 40   |       |      | AO2-72-2 | 30  | 0,89 |
|           |          | 49   |       |      | AO2-81-2 | 40  | -    |
| X90/85    | 2,5·10-2 | 56   | 48,3  | 0,65 | AO2-81-2 | 40  | -    |
|           |          | 70   |       |      | AO2-82-2 | 55  | -    |
|           |          | 85   |       |      | AO2-91-2 | 75  | 0,89 |
| X160/29/2 | 4,5·10-2 | 20   | 48,3  | 0,65 | VAO-72-2 | 30  | 0,89 |
|           |          | 24   |       |      | AO2-72-2 | 30  | 0,89 |
|           |          | 29   |       |      | AO2-81-2 | 40  | -    |
| X160/49/2 | 4,5·10-2 | 33   | 48,3  | 0,75 | AO2-81-2 | 40  | -    |
|           |          | 40,6 |       |      | AO2-82-2 | 55  | -    |
|           |          | 49   |       |      | AO2-91-2 | 75  | 0,89 |
| X160/29   | 4,5·10-2 | 29   | 24,15 | 0,60 | AO2-81-4 | 40  | -    |
|           |          |      |       |      | AO2-82-4 | 55  | -    |
| X280/29   | 8·10-2   | 21   | 24,15 | 0,78 | AO2-81-4 | 40  | -    |
|           |          | 25   |       |      | AO2-82-4 | 55  | -    |
|           |          | 29   |       |      | AO2-91-4 | 75  | 0,92 |
| X280/42   | 8·10-2   | 29,6 | 24,15 | 0,70 | AO2-91-4 | 75  | 0,92 |
|           |          | 35   |       |      |          |     |      |
|           |          | 42   |       |      | AO2-92-4 | 100 | 0,93 |

|         |                      |    |       |      |          |     |      |
|---------|----------------------|----|-------|------|----------|-----|------|
| X280/72 | 8·10 <sup>-2</sup>   | 51 | 24,15 | 0,70 | AO-101-4 | 125 | 0,91 |
|         |                      | 62 |       |      | AO-102-4 | 160 | 0,92 |
|         |                      | 72 |       |      | AO-103-4 | 200 | 0,93 |
| X500/25 | 1,5·10 <sup>-1</sup> | 19 | 16    | 0,80 | AO2-91-6 | 55  | 0,92 |
|         |                      | 22 |       |      |          |     |      |
|         |                      | 25 |       |      | AO2-92-6 | 75  | -    |

## 5-AMALIY ISH: GAZLARNI SIQISH VA KOMPRESSORLAR. CHO'KTIRISH, SENTRAFUGALASH VA ARALASHTIRISH. FILTRLASH.

### GAZLARNI SIQISH VA KOMPRESSORLAR

Gazlarni sikish va uzatish uchun kompressor mashinalardan foydalaniladi. Xuddi suyuqliklar kabi gazlar ham bosimlar farqi bo'lganidagina uzatiladi. Siqilgan gaz bosimi  $R_2$  ning siqilmagan gaz bosimi  $R_1$  ga nisbati siqish darajasi deyiladi. .

1. Ventilyatorlarda  $P_2/P_1 < 1,1$  - ko'p miqdordagi gazlarni uzatish uchun foydalaniladi.
2. Gazoduvkalar  $1,1 < R_2/R_1 < 3$  - gaz trubalarida katta qarshilik bo'lganida ishlatiladi.
3. Kompressorlar  $P_2/P_1 > 3$  - yuqori bosim hosil qilish uchun ishlatiladi.

Vakuu nasoslar bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgan gazlarni surish uchun ishlatiladi. Ishlash prinsipiga ko'ra kompressorlar hajmiy va parrakli bo'ladi. Gazning hajmi, bosimi va temperaturasi o'rtasidagi bog'lanish

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

$R$  - gazning bosimi,  $N/m^2$ ;  $v$  - gazning colishtirma hajmi  $m^3/kg$ ;  $R = 8314/M$  - gazlarnig universal konstantasi,  $J/kg \cdot s$ ;  $M$  — molekulyar massa,  $kg/kmol$ ;  $T$  - temperatura,  $K$ .

$a$  va  $b$  koeffitsiyentlarning miqdori qshllanmalarda berilmasa, u kritik temperatura  $T_{kr}$ , va bosim  $R_{kr}$  orqali quyidagicha topiladi:

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

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

Bir pog'onali kompressorda 1 kg gazni adiabatik siqish paytidagi nazariy ish  $L$  ( $J/kg$ ) miqdori quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$L_{ad} = \frac{1}{k-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{1}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.14)$$

yoki

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

Adiabatik siqish jarayoni oxiridagi gazning temperaturasi ushbu tenglamadan topiladi:

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

(2.14-2.16) formulalarda:

k - adiabat ko'rsatkichi;

$P_1$  va  $R_2$  - gazning boshlang'ich va oxirgi bosimi, Pa

V - gazning boshlang'ich sharoitidagi solishirma hajmi, ya'ni  $P_1$  va  $T_1$  bo'lganda,  $m^3/kg$ ;

$i_1$  va  $i_2$  - gazning boshlang'ich va oxirgi entalpiyalari, J/kg;

R = 8310/M - gaz konstantasi, J/kg Q

M - gazning molyar massasi.

### MASALARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-MASALA.** Havo quvuri orqali ventilyator yordamida  $w=15$  m/s tezliqla  $Q=2,5$   $m^3/s$  hajmiy sarfda qavo uzatilmoqda.

Havo quvurining diametri va zarur napor miqdorlari topilsin. Quvurdagi 2ta tirsak  $R/D=2$  nisbatda tayyorlangan.

#### Yechish:

Havo quvurining diametri ushbu formuladan aniqlanadi:

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

Havo oqimining harakat rejimini hisoblaymiz:

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

Demak havo harakati turbulent oqim rejimiga to'g'ri keladi.  $Re > 10^5$  bo'lgani uchun, ishqalanish koeffitsiyenti ushbu formuladan hisoblanadi:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,003 + \frac{0,221}{505000^{0,237}} = 0,013$$

Berilgan miqdordagi havoni uzatish uchun zarur umumiy napor quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g} \cdot \left( 1 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum \xi \right) + \rho \cdot H$$

bu yerda  $L=4+6+3=13$  m - truba quvurining uzunligi.

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

$$\Delta P = \frac{1,29 \cdot 15^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left( 1 + 0,013 \cdot \frac{13}{0,47} + 0,3 \right) + 1,29 \cdot 6 = 32 \text{ mm.suv.ust.}$$

### MASALAR

9.1 Vodorodni bir va ikki pog'onali siqish paytida bosim 1,5 dan 17 atm. (absolyut) gacha ko'tarish uchun nazariy ish miqdori hisoblansin. Vodorodning boshlang'ich temperaturasi  $20^\circ C$  ga teng.

9.2 4,5 atm. bosimda siqilgan havo uzatilishi lozim. Massaviy sarfi 80 kg/soat ga teng. Agarda silindr diametri 180 mm, porshen yo'lining uzunligi  $l = 200$  mm va aylanish chastotasi 240 ayl/min bo'lsa, bir pog'onali kompressordan shu sharoitda ishlatish mumkinmi. Silindrning zararli, bo'sh hajmi 5% ni tashkil etadi. Hajmiy kengayish koeffitsiyentining qiymati 1,25 teng.

### CHO'KTIRISH

a) Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish.

1. Tinch holatdagi chegaralanmagan muhitda sharsimon zarrachalarni cho'ktirish jarayonini kriterial shaklda izohlash uchun quyidagi o'xshashlik kriteriyalari qo'llanilishi mumkin: Arxi-med Ag, Lyashenko Ly va Reynolds Re.

Kriterial bog'liqlikni eng qulay va to'g'ri ko'rinishi  $Ly=f(Ar)$  dir.

2. Agar kriteriyalar qiymati  $Ar < 3,6$ ;  $Ly < 2 \cdot 10^3$ ;  $Re < 0,2$ , bo'lsa, yani cho'ktirish laminar rejimda olib borilganda Stoks tomonidan sharsimon zarrachalarning cho'ktirish tezligi  $w_{ch}$  (m/s) quyidagi nazariy formula taklif etiladi:

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

Gazli muhitda zarralarni cho'ktirish uchun (3.1) formula quyidagicha soddalashgan ko'rinishga ega.

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

bunda  $\rho \ll \rho_k$  bo'lgani uchun  $\rho$  ni hisobga olmasa ham bo'ladi

$d$  - sharsimon zarracha diametri, m;  $\rho_k$  g zarracha zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ,  $\rho$  - muhit zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ;  $\mu$  — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s; ya'ni  $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$ , yoki  $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ .

Stoke formulasini  $Ag$  va  $Ly$  kriteriyalarining son qiymatlari katta bo'lganda ham qo'llash mumkin.

### ZARRACHALARNING SUYUQLIKLARDA VA GAZLARDA CHO'KISH TEZLIGINI ANIQLASH

Umumiyashtirilgan holatda tinch chegaralanmagan muhitda sharsimon zarrachalarni cho'ktirish quyidagicha bo'ladi.

Arximed kriteriyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

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

Galiley kriteriyasi:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr}$$

Gazli muhitda cho'ktirish uchun:

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

Aniqlangan  $Ag$  kriteriyasi bo'yicha  $Re$  va  $Ly$  kriteriyalari aniqlanadi (3.1 rasm):

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

Yoki

$$Ly = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \rho_k \cdot \mu}$$

Keyin esa cho'ktirish tezligi hisoblanadi

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

4. Cho'ktirish tezligi ma'lum bo'lsa, sharsimon zarracha diametri teskari yul bilan aniqlanadi, ya'ni Lyashenko kriteriyasi orqali hisoblanadi.

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

Undan so'ng Arximed kriteriyasi 3 – rasmdan aniqlanadi.

6. Chang o'tkazish kamerasi yoki suspenziya (aralashma) uchun tindirgichning cho'ktirish yuzasi  $F$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$F_{ch} = \frac{V}{w_{ch}} \quad (3.7)$$

$V$  - qurilma cho'ktirish yuzasiga parallel holda o'tayotgan suyuqlikning hajmiy sarfi,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $w$ , - zarrachaning o'rtacha hisobiy cho'ktirish tezligi m/s.

7. Uzluksiz ishlaydigan tindirgich uchun (3.7) formula quyidagi qo‘rinishga egadir:

$$F_{ch} = \frac{G_b \left(1 - \frac{s_b}{s_0}\right)}{w_{ch} \cdot \rho} \quad (3.8)$$

$F$  - tindirgichning cho‘ktirish yuzasi,  $m^2$ ;

$G_b$  - boshlang‘ich konsentratsiyali suspenziyaning massaviy sarfi,  $kg/s$ ;

$s_b$  - boshlang‘ich suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiyasi  $kg/kg$ ;

$s_0$  - quyulashirilgan suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi,  $kg/kg$ ;

$\rho$  - tozalangan suyuqlik zichligi;

$w_{ch}=0,5 \cdot w_4$  — cho‘kish tezligi,  $m/s$ ;

CHO‘ktirish qurilmalarining ish unumdorligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

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

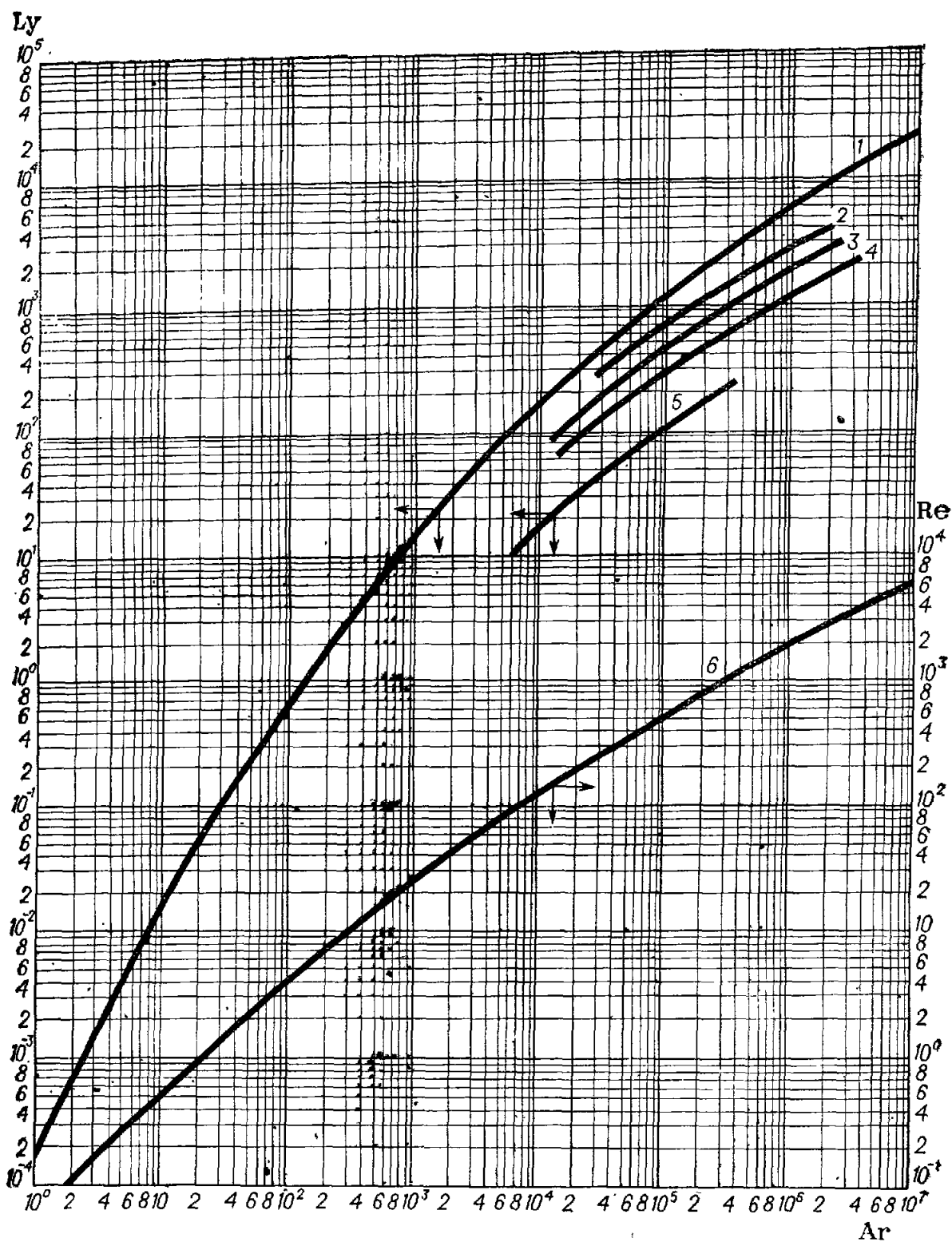
bu yerda  $F$  — cho‘ktirish yuzasi yoki rezervuarining ko‘ndalang kesimi,  $m^2$ ;  $h$  - suyuqlik ustunining balandligi,  $m$ ;  $\tau$  — cho‘ktirish vaqti.  $s$ .

Sharsimon shaklga ega bo‘lmagan zarrachalarning cho‘kish tezligi, sharsimon zarrachalarnikiga qaraganda kamroq bo‘ladi. Shuning uchun, bu xildagi zarrachalarning cho‘kish tezligi ushbu tenglamadan topiladi:

$$w_{ch} = \varphi \cdot w_n \quad (3.10)$$

$\varphi$  - zarracha shakliga bog‘liq tuzatish koeffitsiyenti.





3.1 – rasm. Qo‘zg‘almas qatlamda qattiq zarrachaning cho‘kish xoli uchun Re va Ly kriteriylarining Ar kriteriysiga bog‘liqligi 1,6 – sharsimon zarrachalar; 2 – dumaloq; 3 – burchaksimon; 4 – cho‘zinchoq; 5 – plastinasimon.

3.1 - jadval

| Zarracha shakli | $\varphi$ |
|-----------------|-----------|
| Dumaloqsimon    | 0,77      |
| Burchakli       | 0,66      |
| CHo‘zinchoq     | 0,58      |
| Plastinkasimon  | 0,43      |

Noto‘g‘ri shaklli zarrachalar odatda ekvivalent diametr orqali ifodalanadi:

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

M - zarracha massasi, kg;  $\rho$  - zichlik kg/m<sup>3</sup>. Qattiq jism faza miqdori 10% dan ko‘p bo‘lgan turli jinsli sistemalarni siqilgan holatdagi cho‘kish tezligini ushbu formuladan topish mumkin:

$$w_{sch} = w_{ch} \left[ \sqrt{20,25 \cdot c_0 \cdot (1 - c_0)^2 - 4,5 \cdot c_0} \right] \quad (3.12)$$

w<sub>4</sub> - (3.1) formula orqali hisoblab topiladi; s<sub>0</sub>— suspenziya tarkibidagi zarrachalarning hajmiy konsentratsiyasi.

## SENTRIFUGALASH

### Hisoblash formulalari va asosiy bog‘liqliklar

21. Sentrifugalash paytida hosil bo‘ladigan markazdan qochma kuch G (N) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

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

bu yerda M - sentrifuga barabanidagi cho‘kma va suyuqlik massasi kg; w - burchak tezligi, s<sup>-1</sup>; D = 2 R - baraban diametri, m; n - sentrifuga aylanish chastotasi, s<sup>-1</sup>.

Sentrifugalash paytida filtrlash bosimi quyidagi formuladan hisoblanadi:

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

bu yerda  $\rho_s$  - suspenziya zichligi, kg/m<sup>3</sup>; D<sub>1</sub> = 2R<sub>1</sub> – suyuqlik ichki qatlamining diametri, m; D<sub>2</sub>=2R<sub>2</sub> - barabanning ichki diametri, m; p - sentrifuganing chastotasi, s<sup>-1</sup>.

Sentrifugada hosil bo‘layotgan markazdan qochma kuchlar miqdorining og‘irlik kuchi tezlanishdan necha marta ko‘pligini ko‘rsatuvchi kattlik ajratish koeffitsiyent deyiladi:

$$k_a = \frac{w^2}{R \cdot g} \approx 20 \cdot Fr_{ch} \quad (3.31)$$

R - baraban radiusi, m; sh - aylanayotgan barabanning burchak tezligi, s<sup>-1</sup>.

Sentrifuga barabanining va uni yurg‘izish paytida yuklash inersiyasiga sarf bo‘ladigan quvvat N (Vt), ushbu tenglamadan topiladi:

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

$\tau$  - yurg‘izish payti davomiyligi, s; T<sub>1</sub> va T<sub>2</sub> - baraban va yuklash inersiyasi yengish uchun sarf bo‘ladigan ish, J.

Valning podshipnikda ishqalanishi uchun sarf bo‘ladigan quvvat N<sub>2</sub> (Br) quyidagicha aniqlanadi:

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

bu yerda  $\lambda$  - ishqalanish koeffitsiyenti, 0,07-0,1 oraliqda bo‘ladi; M - aylanishda ishtrok etuvchi materiallar og‘irligi, kg; w<sub>B</sub> - val sapfasining aylanish tezligi, m/s.

Baraban devorining havoga ishqalanishida sarf bo‘ladigan quvvat N<sub>3</sub> ushbu formuladan hisoblanadi:

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

$\rho_h$  - havo zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\beta$  - qarshilik koeffitsiyenti, o‘rtacha qiymati 2,3 ga teng.

Sentrifugani yurg'izish paytidagi to'liq quvvati:

$$N_{\tau} = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3.35)$$

Uzatish qurilmasining f.i.k.  $\eta_u$  hisobga olinsa, unda

$$N = \frac{N_{\tau}}{\eta_u}$$

Sentrifugalarni o'rnatilish quvvati zarur bo'lgan quvvatdan 10-20% ko'proq qilib belgilanadi.

Cho'ktiruvchi sentrifuga ish unumdorligi quyidagi tenglama orqali aniklanadi:

NOGSH tipidagi sentrifuganing suspenziya bo'yicha ish unumdorligi V ushbu formuladan topiladi:

$$V = \frac{J \cdot 5 h D^2 \cdot L_r \cdot [p_k - p] d^2 n^2}{R} \quad (3.38)$$

$G > x$  va  $L_t$  - fugatni chiqarish silindrining diametri va uzunligi, m;  $d$  — cho'kayotgan eng kichik zarrachalar diametri, m;  $p$  - rotorning aylanish chastotasi, ayl/min;  $s$  — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa s.

Trubasimon, yuqori samarali sentrifuga ish unumdorligi quyidagi ko'rinishdagi tenglamadan topiladi:

$$V = \frac{w - V}{s \cdot h} \quad (3.39)''$$

$w$  - zarrachalarning markazdan qochma kuch maydonida cho'kish tezligi, m/s;  $V_c = 0,785 (D^2 - D_0^2) L$  - barabandagi suyuqlik hajmi, m;  $h$  - barabandagi oqim chuqurligi, m;  $D$  - barabandning ichki diametri, m;  $D_0$  - fugatni chiqarish trubasining diametri, m.

## ARALASHTIRISH JARAYONLARI

### Aralashtirgich hisobi.

Aralashtirgich ustunining boshqaruvchi klapaniga katalizator ustunidagi zich qatlamning bosimi, aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining bosimi va uning ustidagi gaz-bu fazaning bosimi ta'sir ko'rsatadi:

$$\pi_1 = N_2 \cdot \gamma_2 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1$$

bu yerda  $\pi_1$  - boshqaruvchi klapaniga tushadigan umumiy bosim, kg/sm<sup>2</sup>;  $N_2$  - ustunning balandligi, sm;  $\gamma_2$  - ustundagi katalizatorning solishtirma oirligi, kg/sm<sup>3</sup>;  $N_1$  - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi, sm;  $\gamma_1$  - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining solishtirma oirligi, kg/sm<sup>3</sup>;  $\Delta R_1$  - bu-gaz faza bosimining siklonda pasayishi,  $\Delta R_1 = 0,01 - 0,02$  kg/sm<sup>2</sup>;  $R_1$  - bu-gaz fazaning aralashtirgichdan chiqishdagi bosimi, kg/sm<sup>2</sup>;  $N_1 \gamma_1$  - katalizator mavhum qaynash qatlamining bosimi, kg/sm<sup>2</sup>;  $N_2 \cdot \gamma_2$  - katalizator zich qatlamining bosimi, kg/sm<sup>2</sup>.

Aralashtirgich ustunidagi boshqaruvchi klapaning keyingi bosim, katalizator harakatlanayotgan yo'lda, taqsimlash panjarasida, aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamida, aralashtirgichdagi siklonlar sistemasida va tutun gazlarining aralashtirgichdan chiqishidagi bosim so'qotilishlarning yiindisiga teng:

$$\pi_2 = \Delta R_6 + \Delta R'_3 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1$$

bu yerda  $\pi_2$  - aralashtirgich ustuniga o'rnatilgan boshqaruvchi klapaning keyingi bosim, kg/sm<sup>2</sup>;  $\Delta R_6$  - katalizator harakatlanuvchi yo'lda bosimning pasayishi, kg/sm<sup>2</sup>;  $\Delta R'_3$  - taqsimlash panjarasida bosimning pasayishi, kg/sm<sup>2</sup>;  $N'_1$  - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi, kg/sm<sup>2</sup>;  $\gamma'_1$  - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining solishtirma oirligi, kg/sm<sup>3</sup>;  $\Delta R'_1$  - aralashtirgichdagi siklon sistemasida bosimning pasayishi, kg/sm<sup>3</sup>;  $R'_1$  - tutun gazlarining aralashtirgichdan chiqishdagi bosimi, kg/sm<sup>2</sup>.

Sistemaning boshqaruvchi klapandan oldingi bosimi klapandan keyingi bosimdan 0,25-0,30 atm. ga ortiq bo'lganda katalizator aralastirgichdan aralastirgich tomonga harakatlanadi, ya'ni:

$$\pi_1 = \pi_2 + (0,25 \div 0,30) \text{ yoki}$$

$$N_2 \cdot \gamma_2 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1 = \Delta R_6 + \Delta R'_3 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1 + (0,25 \div 0,30)$$

Bu formuladan aralastirgich ustunining balandligi  $N_2$  aniqlanadi. Aralastirgichning ustunidagi boshqaruvchi klapanga ustundagi katalizatorning zichligi katta bo'lgan qatlarning bosimi, aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlarning bosimi va uning tepasidagi gaz fazaning bosimi ta'sir ko'rsatadi:

$$\pi'_1 = N'_2 \cdot \gamma'_2 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1$$

bu yerda:  $\pi'_1$  - aralastirgichning ustunidagi boshqaruvchi klapanga ta'sir qiladigan bosim,  $\text{kg}/\text{sm}^2$ ;  $N'_2$  - aralastirgich ustunining balandligi, sm;  $\gamma'_2$  - aralastirgich ustunidagi katalizatorning solishtirma oirligi,  $\text{kg}/\text{sm}^3$ ; qolgan qiymatlar formuladagidek.

Aralastirgich ustunidagi boshqaruvchi klapandan keyingi bosim tashuvchi yo'ldagi bu katalizator fazadagi, taqsimlash panjaradagi, aralastirgichdagi katalizatorning mavhum qaynash qatlamidagi, siklon sistemasidagi bosimlarning pasayishi va aralastirgichdan chiqayotgan gaz faza bosimining yiindisiga teng:

$$\pi'_2 = \Delta R'_6 + \Delta R_3 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1$$

bu yerda:  $\pi'_2$  - boshqaruvchi klapandan keyingi bosim,  $\text{kg}/\text{sm}^2$ ;  $\Delta R'_6$  - harakatlanuvchi yo'ldagi bosimning pasayishi,  $\text{kg}/\text{sm}^2$ ;  $\Delta R_3$  - aralastirgichdagi taqsimlash panjarasida bosimning pasayishi,  $\text{kg}/\text{sm}^2$ .

Sistemaning aralastirgich ustunidagi boshqaruvchi klapanga bosimi klapandan keyingi bosimdan 0,25-0,30 atm. yuqori bo'lganda katalizator aralastirgichdan aralastirgichga harakatlanadi, ya'ni:

$$\pi_1 = \pi_2 + (0,25 \div 0,30) \text{ yoki}$$

$$N'_2 \cdot \gamma'_2 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1 = \Delta R'_6 + \Delta R_3 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1 + (0,25 \div 0,30)$$

Bu formuladan aralastirgich ustunining balandligi ( $N'_2$ ) aniqlanadi.

Formulalardan ustunning balandligi katalizator ustuni solishtirma oirligiga teskari proporsional ekanligi ko'rinib turibdi. Katalizatorning ustundagi solishtirma oirligi 0,000550-0,000650  $\text{kg}/\text{sm}^3$  bo'lishi kerak. Ustundagi katalizatorning zichligini zarur darajaga keltirish uchun zarur bo'ladigan inert gazning hajmi quyidagicha aniqlanadi.

Ustundagi gaz hajmiy konsentratsiyasini  $x$ , katalizatorning hajmiy konsentratsiyasini ( $1-x$ ), katalizatorning haqiqiy zichligini  $\rho_k$ , qurilmadan chiqadigan katalizatorning oirligini  $G_k$ , gazning zichligini  $\rho_g$ , ustunga beriladigan gaz hajmini  $V$ , harakatlanayotgan katalizatorning zichligini  $\rho_2$  bilan belgilab quyidagi formulani olamiz:

$$(1-x) \cdot \rho_k + x \cdot \rho_g = \rho_2$$

Bundan gazning hajmiy konsentratsiyasini topamiz:  $x = (\rho_k - \rho_2) / (\rho_k - \rho_g)$

Aralastirgichdan chiqadigan katalizatorning hajmi:  $V_1 = G_k / \rho_k$

Katalizator zichligini  $\rho_2$  gacha pasaytirish uchun kerak bo'ladigan inert gazning hajmi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V = (G_k / \rho_k) \cdot (x / 1-x) = (G_k / \rho_k) \cdot (\rho_k - \rho_2) / (\rho_k - \rho_g)$$

Harakatlanuvchi yo'lda bosimning pasayishi asosan katalizatorning konsentratsiyasiga va uning uzunligiga bog liq. Harakatlanuvchi yo'lning 1 m uzunligida bosim, katalizatorning gaz-katalizator fazadagi konsentratsiyasiga qarab 2 dan 3,5 mm.sim.ust. gacha o'zgaradi.

Taqsimlovchi teshikli panjarada bosimning pasayishi asosan katalizatorning konsentratsiyasiga baliq bo'lib, 18-35 mm.sim.ust. ga teng bo'ladi.

Aralastirgich va aralastirgichlarning harakatlanuvchi yo'ldagi bug va gaz fazalarining chiziqli tezligi 6,5-7,5 m/s, undagi katalizatorning konsentratsiyasi 12-18  $\text{kg}/\text{m}^3$ , aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlarning solishtirma oirligi 410-470  $\text{kg}/\text{m}^3$ , aralastirgichda 400-450  $\text{kg}/\text{m}^3$ , harakatlanuvchi yo'ldagi sirpanish koeffitsiyenti 1,6-2,0.

Sirkulyatsion harakatlanadigan changsimon katalizator bilan ishlaydigan katalitik kreking qurilmasidagi aralastirgichga yuklangan sintetik alyumosilikat katalizatorining miqdorini va aralastirgichning diametrini aniqlash, uning unumdorligi xom-ashyoga hisoblanganda (kerosin-solyar fraksiyasi) 1200 t/sutka.

Bu fraksiyani kreking qilinganda quyidagi mahsulotlar olinadi (% oirl. xom-ashyoga nisbatan):

|                     |    |
|---------------------|----|
| benzin.....         | 25 |
| kerosin.....        | 30 |
| flegma .....        | 26 |
| kreking-gaz.....    | 14 |
| koks.....           | 4  |
| yo'qotilishlar..... | 1  |

Fraksiyalarning molekulyar ogirliklari quyidagicha:  $M_b = 110$ ,  $M_{ker}=180$ ,  $M_f = 260$ ,  $M_g = 32$ . Aralastirgichga desorbsiya uchun xom-ashyoga nisbatan 2% miqdorda suv bui beriladi. Reaksiya zonasida katalizatorning temperaturasi  $450^0S$ , katalizator mahum qaynash qatlamining ustidagi bosim 1050 mm.sim.ust. ga teng.

Yechish:

Qurilmaning unumdorligi:  $G_x = (1200 \cdot 1000): 24 = 50000$  kg/soat

Olinayotgan benzinning miqdori:

$G_b = 0,25 \cdot G_x = 0,25 \cdot 50000 = 12500$  kg/soat yoki  $12500/3600 = 3,47$  kg/s

Kerosinning miqdori:

$G_{ker} = 0,30 \cdot G_x = 0,30 \cdot 50000 = 15000$  kg/soat yoki  $15000/3600 = 4,16$  kg/s

Flegmaning miqdori:

$G_f = 0,26 \cdot G_x = 0,26 \cdot 50000 = 13000$  kg/soat yoki  $13000/3600 = 3,61$  kg/s

Kreking-gazning miqdori:

$G_g = 0,14 \cdot G_x = 0,14 \cdot 50000 = 7000$  kg/soat yoki  $7000/3600 = 1,94$  kg/s

Koksning miqdori:  $G_{koks} = 0,04 \cdot G_x = 0,04 \cdot 50000 = 2000$  kg/soat.

Sarflanadigan suv bugining miqdori:  $G_z = 0,02 \cdot G_x = 0,02 \cdot 50000 = 1000$  kg/soat yoki  $1000/3600 = 0,278$  kg/s

Aralastirgichga uzatilayotgan xom-ashyoning ogirlik tezligini  $s = 0,7$  soat<sup>-1</sup> deb qabul qilib, reaksiya zonasidagi katalizator miqdorini formula yordamida aniqlaymiz:  $G_k = G_x/s = 50000/0,7 = 71450$  kg.

Aralastirgichdagi bug ning sekundli hajiy sarfini formula orqali topamiz:

$$V_{sek} = (G_g/M_g + G_b/M_b + G_{ker}/M_{ker} + G_f/M_f + G_p/18) \cdot 22,4/3600 \cdot (273 + t_k)/273 \cdot 760/\pi = (1,94/32 + 3,47/110 + 4,16/180 + 3,61/260 + 0,278/18) \cdot 22,4 \cdot (273 + 450)/273 \cdot 760/1050 = 6,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aralastirgichning erkin ko'ndalang kesimidagi buning chiziqli tezligini  $v = 0,3$  m/s deb qabul qilamiz, bunda formuladan aralastirgichning diametrini topamiz:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{mz}}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,25}{3,14 \cdot 0,3}} = 5,15 \text{ m}$$

Tajribadan katalizator mavhum qaynash qatlamining zichligini  $420 \text{ kg/m}^3$  deb qabul qilamiz va uning aralastirgichdagi hajmini formuladan hisoblab aniqlaymiz:

$$V_k = G_x/s \cdot \rho_k = 50000/0,7 \cdot 420 = 170 \text{ m}^3$$

Aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligini formuladan topamiz:  $H_1 = 4 \cdot V_k / \pi \cdot D^2 = 4 \cdot 170 / 3,14 \cdot 5,15^2 = 8,17 \text{ m}$ .

Shuncha koksni yondirish uchun zarur havoning miqdori formula orqali hisoblanadi,  $g_{xavo} = 13 \text{ kg/kg}$  deb qabul qilamiz:

$G_{xavo} = G_{koks} \cdot g_{xavo} = 2000 \cdot 13 = 26000$  kg/soat yoki  $26000/1,29 = 20200 \text{ m}^3/\text{soat}$  ( $0^0S$  va  $760 \text{ mm.sim.ust.}$ )

Aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining hajmini aniqlaymiz, koks hosil bo'lish  $\sigma = 14 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{soat}$ :

$$V'_k = G_{\text{koks}} / \sigma = 2000 / 14 = 143 \text{ m}^3$$

Tajribadan, katalizator mavhum qaynash qatlamining zichligini  $410 \text{ kg/m}^3$  deb qabul qilib, aralashtirgichdagi miqdorini hisoblaymiz:

$$G'_k = V'_k \cdot \rho'_k = 143 \cdot 410 = 58600 \text{ kg}$$

Aralashtirgichdagi tutun gazlarining miqdori:

$$G_{t.g.} = G_{\text{koks}} + G_{\text{xavo}} = 2000 + 26000 = 28000 \text{ kg/soat}$$

$$V_{t.g.} = G_{t.g.} / \rho_{t.g.} = 28000 / 1,29 = 21700 \text{ m}^3/\text{soat}$$

Aralashtirgichda bir sekund ichida hosil bo'ladigan tutun gazlarining hajmi:

$$V_{t.g.}^{\text{sek}} = (V_{t.g.} / 3600) \cdot (273 + t_p) / 273 \cdot 760 / \pi = 21700 / 3600 \cdot (273 + 550) / 273 \cdot 760 / 1000 = 13,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aralashtirgichning erkin ko'ndalang kesimidagi tutun gazlarining chiziqli tezligini  $0,4 \text{ m/s}$  deb qabul qilamiz va aralashtirgichning diametrini hisoblaymiz:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{mz}}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,8}{3,14 \cdot 0,4}} = 6,64 \text{ m}$$

Aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi aniqlanadi

$$H'_1 = 4 \cdot V'_k / \pi \cdot D^2 = 4 \cdot 143 / 3,14 \cdot 6,64^2 = 4,13 \text{ m}$$

#### FILTRLASH (4 soat)

##### Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar.

$\tau$  vaktida  $1 \text{ m}^2$  filtrlash yuzasi orqali  $\Delta P = \text{const}$  bo'lganda  $V$  filtrlash hajmi va filtrlash jarayoniniig davomiyligi bilan bog'liqlik tengligi ushbu qo'rinishga ega:

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

bu yerda  $S$  - filtr to'siqning gidravlik qarshiligini tavsif qiluvchi filtrlash doimiysi,  $\text{m}^3/\text{m}^2$ ;  $K$  - cho'kma va suyuqlikni fizik-kimyoviy xossalarni va filtrlash jarayoni rejimini hisobga oluvchi filtrlash doimiysi,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;  $\tau$  - filtrlash davomiyligi, s.

$K$  va  $S$  doimiylar tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

13. Berilgan holatdagi filtrlash tezligi ushbu tenglama orqali aniqlanadi:

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

yokn (3.14) tenglamani quyidagi boshqa ko'rinishda ifoda etsa bo'ladi:

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta V} = \frac{2 \cdot V}{K} + \frac{2 \cdot C}{K} \quad (2.15)$$

$d\tau/dV$  va  $V$  kattalakar orasidagi bog'liqlik to'g'ri chizig'i orqali  $K$  va  $S$  doimiylklar tajriiba yo'li bilan aniqlanadi. O'lchangan  $V_1$   $V_2$ , kattaliklarni absissa o'kiga, ordinata o'qiga esa  $\Delta \tau_1/V_1$   $\Delta \tau_2/V_2$  qiymatlari qo'yiladi. Bu olingan nuqtalar orqali o'tgan to'g'ri chiziq yordamida  $K$  va  $S$  lar quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

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

14.  $\Delta P = \text{const}$  bo'lganda  $1 \text{ m}^2$  filtrlash yuzasiga nisbatan olingan filtrlash doimiysi  $K$  cho'kma solishtirma qarshiligi quyidagicha bog'liqlikda bo'ladi:

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

bu yerda  $\Delta P$  - filtrlash jarayonidagi bssimlar farki, Pa;  $\mu$  - filtratning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s;  $g$ — cho'kmaning solishtirma qarshiligi (cho'kma tarkibidagi  $1 \text{ kg}$  qattiq

quruq moddalar hisobida), m/kg; s - filtrlash yuzasi orqali 1 m<sup>3</sup> filtrat o'tganda hosil bo'lan quruq qattiq modda massasi, kg/m<sup>3</sup>.

15. 3.17 formuladagi s parametr suspenziyaning konsentratsiyasi x orqali ifodalanishi mumkin:

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

x - suspenziyadagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg; m - 1 kg quruq modda hisobida olingan cho'kmaning namligi, kg/kg.

18. Chukmadagi **quruq** modda miqdori G (kg) yig'ib olingan filtrat miqdori V, uning zichligi  $\rho$ , cho'kmaning namligi m, suspenziyadagi qattiq zarrachalar massaviy qismi x bog'liqlik bo'lib, quyidagi formula yordamida ifodalanadi:

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

19, Suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiya x uning zichligi  $\rho_s$  ga bog'liq bo'lib, ushbu formula orqali topiladi:

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

20. Suspenziya zichligi esa:

$$\rho = \frac{n + 1}{\frac{1}{\rho_k} + \frac{1}{\rho}} = \frac{\rho(1 + n) \cdot \rho_k}{\rho + \rho_k^2} \quad (3.21)$$

x - suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg;  $\rho_s$  - suspenziya zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\rho$  - suyuq faza zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\rho_k$  - qattiq faza zichligi, kg/m<sup>3</sup>; n - suspenziyadagi bir qism qattiq faza og'irligiga to'g'ri keladigan suyuq faza og'irligi (K:S=1:n). Uzlukli ishlaydigan filtrlarning ish unumdorligi quyidagi formuladan topiladi:

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

V - filtrat hajmi, m<sup>3</sup>;  $\tau$  - filtrlash jarayoni bir siklining vaqti, s.

$$\sum \tau = \tau_f + \tau_{yord} \quad (3.23)$$

$\tau_f$  - filtrlash vaqi, s,  $\tau_{yord}$  - filtrni jarayonga tayyorlash va to'ldirish vaqti, s.

Agarda, filtrlash tezligi w ma'lum bo'lsa, filtr qurilmasining ish unumdorligi

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

F - filtrlash yuzasi, m<sup>2</sup>; w - filtrlash tezligi, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>s (vinolar uchun w = 0,00007 - 0,00025 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · s).

Kerakli filtrlash plastinalar soni ushbu formuladan aniqlanadi:

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

f<sub>0</sub> - bitta plastina yuzasi, m<sup>2</sup>.

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

bu yerda a - kvadrat plita tomoni, m; b - plita eni, m.

Zarur filtrlar soni z pastda keltirilgan tenglikdan hisoblab topiladi:

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

n<sub>0</sub> - bitta filtrdagi plastinkalar soni.

Suyuqlik tomonidan plaschinkaga tushayotgan bosim kuchi r ushbu tenglikdan aniqlanadi:

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

r<sub>p</sub> - filtrlash jarayonining bosimi, Pa; F<sub>ef</sub> - nligalarga suyuqlik ta'sir qilayotgan yuz, m<sup>2</sup>

## 7-AMALIY ISH: ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI.

1. Суюқлик сарф тенгламаси.

1.1 Ҳажмий сарф  $V_c$  куйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V_c = w \cdot S \quad (4.33)$$

Бу ерда  $S$ -трубанинг қишлоқ кесими ва у ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$S = \frac{n \cdot d_2^2 \cdot n}{4 \cdot m} \quad (4.34)$$

формуладаги  $m$ -кожух труба қурилманинг йўллар сони.

2.2 Массавий сарф куйидаги 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 муҳитнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

9. Иссиқлик ўтказувчанлик.

9.1. Бир қаватли текис девордан ўтаётган иссиқлик оқимининг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси куйидагидир:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{F} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_n - t_c) \quad (4.36)$$

бу ерда  $q$ -иссиқлик оқимининг зичлиги,  $\text{Вт/м}^2$ ;  $Q$ -иссиқлик оқими,  $\text{Вт}$ ;  $F$ -девор юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $t_n$  ва  $t_c$  – иссиқ ва совуқ деворлар юзасининг температураси,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $r = \delta/\lambda$ -деворнинг термик қаршилиги,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;  $\delta$ -девор қалинлиги,  $\text{м}$ ;  $\delta/\lambda$ -иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини,  $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$ .

9.2. Кўп қаватли текис девор орқали ўтган иссиқлик миқдори эса куйидагича ҳисобланади:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{\sum r} = \frac{t_n - t_c}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

9.3. Цилиндрсимон деворнинг ўтказувчанлик тенгламаси:

Бу ерда  $\delta = (d_2 - d_1)/2$ . Цилиндрсимон деворнинг ўртача юзаси куйидаги формуладан топилади:

$d_1$  ва  $d_2$  – труба қишлоқ ва ташқи диаметрлари,  $\text{м}$ ;  $L$ -труба узунлиги,  $\text{м}$ . Агарда  $d_1/d_2 < 2$  бўлса,  $F_{\text{ўр}}$  ни (4.3) формуладан эмас, балки юқори аниқликка эга ушбу формуладан топса бўлади:

9.4. Кўп қаватли цилиндрсимон девордан ўтаётган иссиқлик миқдори куйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_n - t_c)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_n - t_c)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

9.5. Температура  $30^{\circ}\text{C}$  атрофида бўлганда, тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, суюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$c$ - суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими,  $\text{Ж/(кг} \cdot \text{К)}$ ;  $\rho$ - суюқлик зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $M$  – суюқлик моляр массаси,  $\text{кг/кмоль}$ ;  $A$  – суюқликнинг ассоциацияланиш даражасига боғлиқ коэффициент,  $\text{м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-0.33} \cdot \text{с}^{-1}$  (сув учун  $A = 3,5 \cdot 10^{-6}$ , бензол учун  $A = 4,22 \cdot 10^{-6}$ ).

Исталган  $t$  температурадаги суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги куйидаги формуладан топилади:

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

бу ерда  $\varepsilon$  – температуравий коэффициент.

Баъзи суюқликлар учун  $\varepsilon \cdot 10^3$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) қийматлари:



|              |     |                 |     |
|--------------|-----|-----------------|-----|
| Анилин       | 1,4 | Пропил спирти   | 1,4 |
| Ацетон       | 2,2 | Уксус кислотаси | 1,2 |
| Бензол       | 1,8 | Хлорбензол      | 1,5 |
| Гексан       | 2,0 | Хлороформ       | 1,8 |
| Метил спирти | 1,2 | Этилацетат      | 2,1 |
| Нитробензол  | 1,0 | Этил спирти     | 1,4 |

Сувли эритмаларнинг температурадаги иссиқлик ўтказувчанлиги:

бу ерда  $\lambda_s$  ва  $\lambda_c$  – эритма ва сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

9.6. Газларнинг паст босимлардаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

бу ерда  $\mu$  - газнинг динамик ковушқоқлиги, Па·с;  $B=0,25 \cdot (9 \cdot k - 5)$ ,  $k=c_p/c_v$  – адиабата кўрсаткичи;  $c_p$  ва  $c_v$  – газнинг ўзгармас босим ва ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); Бир атомли газлар учун  $B=2,5$ , икки атомликлар учун  $B=1,9$  ва уч атомликлар учун  $B=1,72$ .

#### МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

4-1. Сув спиртининг 75% ли буғи ректификация колоннасининг конденсаторида конденсацияланмоқда. Совитувчи сув 10°C температура қурилмага кириб, 50°C га исимокда. Конденсаторнинг диаметри

35x1,5 мм ва узунлиги 1,3 бўлган 121 та трубадан йиғилган. Қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти 400 Вт/(м²·К). Конденсацияланаётган буғнинг сарфи топилсин.

##### Ечиш:

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Иссиқлик ўтказиш юзаси (4.32) формула ёрдамида ҳисобланади:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ м}^2$$

2. Буғнинг параметрлари 22-жадвалдан топилади. Буғнинг концентрацияси 75% бўлганда конденсацияланиш температураси  $t=82,8^\circ\text{C}$ , буғланиш иссиқлиги  $r=1210$  кЖ/кг, зичлиги эса  $\rho=1,145$  кг/м³.

3. Ўртача температуралар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\begin{array}{l} 82,8 \rightarrow 82,8 \\ 10 \rightarrow 50 \end{array}$$

Дастлаб

$$\Delta t_{ka}=82,8-10=72,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{ki}=82,8-50=32,8^\circ\text{C}$$

$\Delta t_{ka}/\Delta t_{ki}>2$  бўлгани учун,  $\Delta t_{\text{ўр}}$  (4.7) формула орқали ҳисобланади:

4. Конденсаторнинг иссиқлик юқламаси (4.1) формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Вт}$$

5.  $\theta_{\text{конд}}=t_6$  деб қабул қилиб, конденсацияланаётган буғнинг массавий сарфи (4.3) формуладан топилади:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ кг/с} = 994 \text{ кг/соат}$$

6. Бугнинг хажмий сарфи эса (4.35) тенгламадан топилади:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \text{ м}^3/\text{соат}$$

4-2. Кожух-трубали иссиқлик алмасиниш қурилмасининг диаметри  $d=25 \times 2$  мм ли 13та трубадан ясалган. Кожухнинг ички 273 мм. Қурилмада соатига 10 т сув  $10^\circ\text{C}$  дан  $70^\circ\text{C}$  гача иситилмоқда. Сув труба ичидан ва трубалараро бўшлиқдан ўтаётган пайтидаги иссиқлик бериш коэффициентини топилсин.

**Ечиш:**

Ҳисоблаш қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади:

1. Иловадаги 4-жадвалдан  $t_{yp}=40^\circ\text{C}$  да сувнинг физик характеристикалари аниқланади:  $\rho_2=992 \text{ кг/м}^3$ ;  $c_2=4,18 \text{ кЖ/кг}$ ;  $\lambda_2=0,634 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ;  $\mu=657 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; Прандтл критерийси  $Pr=4,31$ .
2. Труба ичида оқётган сувнинг тезлиги ушбу формула бўйича ҳисобланади:

3. Рейнольдс критерийси (4.14) формуладан топилади:

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

4.  $Re > 10000$  бўлгани учун,  $\epsilon_1=1$  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 коэффициенти қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

5. Сувнинг трубалараро бўшлиқдаги тезлиги (4.29) формуладан топилади:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ м/с}$$

бу ерда  $S=0,052 \text{ м}^2$  - трубалараро бўшлиқнинг кўндаланг кесим юзаси:

$d_{ин}$  ва  $d_{т}$  – трубанинг ички ва ташқи диаметрлари, м.

6. Трубалараро бўшлиқнинг эквивалент диаметрини (4.21) формуладан топиш мумкин:

$$d_э = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ м}$$

7. Рейнольдс критерийси эса (4.14) формула бўйича ҳисобланади:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8967,7$$

8. Рейнольдс сони  $2300 < Re < 10000$  бўлгани учун  $Nu$  қиймати (4.23) формула ёрдамида аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

иссиқлик бериш коэффициенти эса,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

9.  $\varepsilon_1=1$  ва  $(Pr/Pr_d)=1$  инobatга олиб, турбулент ҳаракат режими учун (4.22) ва (4.23a) формулалар ёрдамида иссиқлик бериш коэффициентлари ҳисобланади.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

10. Агар  $Re=8968,7$  бўлса,  $\varepsilon_1=0,975$  (10-жадвалга қаралсин), унда ўтиш соҳаси учун иссиқлик бериш коэффициентлари қуйидагича топилади:

Улар орасидаги фарқ 2,9% ни ташкил этади.

4-3. Диаметри 1,8 м ва баландлиги 2,6 м ўлчамларга эга бўлган цилиндрик резервуарнинг 80% қувватланган вино билан тўлдирилган. Ушбу винони 15°C дан 57°C гача иситиш учун қанча иссиқлик миқдори сарф бўлади? Иссиқликнинг атроф муҳитга исроф бўлиши ҳисобга олинмасин.

**Ечиш:**

Резервуарнинг тўла ҳажмини ушбу формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Резервуардаги вино ҳажми:

$$V_B = \varphi \cdot V$$

формуладан аниқланади. Унинг миқдори эса,

$$M = V_B \cdot \rho$$

бу ерда  $\rho=1010 \text{ кг/м}^3$ . Унда,

$$M = \varphi \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ кг}$$

Иситиш учун зарур иссиқлик миқдори

$$Q = M \cdot c_B \cdot \Delta t_B = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ Кж}$$

## 8-AMALIY ISH: ISSIQLIK O'TISHNING TURLARI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK. KONVEKSIYA VA NURLANISH, YUZALI ISITGICHLARGA ISSIQLIK BERISH. ISSIQLIK O'TKAZISH.

Иссиқлик асосан 3 усулда узатилиши мумкин. *Иссиқлик о'тказувчанлик, конвексиya ва иссиқлик нurlanishi.*

Иссиқлик баланси. Агар, иссиқлик елтиқичнинг massaviy sarfi  $G_1$ , uning qurilmaga kirish entalpiyasi  $I_{1b}$  va chiqishdagisi esa  $I_{1ch}$ , sovuqlik елтиқичнинг sarfi  $G_2$  qurilmaga kirishdagi entalpiyasi  $I_{2b}$  v chiqishdagisi  $I_{2ch}$  bo'lganda (4.1) tenglikni ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q = G_1(I_{1\delta} - I_{1\epsilon}) = G_2(I_{2\epsilon} - I_{2\delta})$$

### Иссиқлик о'тказувчанлик

**Furye qonuni.** Qattiq jismlarda иссиқлик tarqalish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida Furye (1768-1830) иссиқлик о'тказувчанlikning asosiy qonunini kashf etdi. Ushbu qonunga binoan, иссиқлик о'тказувчанlik orqali uzatilgan иссиқлик miqdori  $dQ$  temperatura gradiyenti  $\frac{d}{dn}$ , vaqt  $d\tau$  ga va иссиқлик oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi  $dF$  ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau$$

formuladagi proporsionallik koeffitsiyenti  $\lambda$  иссиқлик о'тказувчанlik koeffitsiyenti deb ataladi.

Bu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda] = \left[ \frac{dQ\partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[ \frac{\mathcal{K} \cdot \mathcal{M}}{K \cdot \mathcal{M}^2 \cdot c} \right] = \left[ \frac{Bm}{\mathcal{M} \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti issiqlik almashinish yuza birligidan ( $1 \text{ m}^2$ ) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan  $1 \text{ m}$  uzunlikka to'g'ri kelgan temperaturalarning  $1 \text{ K}$  ( $^{\circ}\text{S}$ ) ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

### Issiqlik nurlanishi

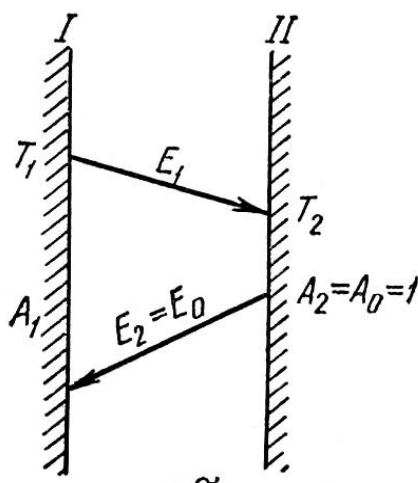
**Stefan-Bolsman qonuni** jismning nur chiqarish qobiliyati  $YE$  va jismdan  $1$  soat mobaynida  $F$  yuzasidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori  $Q$  orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (4.41)$$

Nurlanish energiyasi to'lqin uzunligi va jismning temperaturasi bog'liq bo'ladi. Absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyati va temperaturasi orasidagi bog'liqlik ushbu formuladan topiladi:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{yoki} \quad E_0 = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (4.42)$$

bu yerda  $K_0 = (4,19 \dots 5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$  – absolyut qora jismning nur chiqarish konstantasi;  $S_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19 \dots 5,67 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ .



4.9-рasm. Кирхгоф қонунига оид схема.

$$Q_{\text{ай}}/Q_{\text{нур}} = Q_{\text{т}}/Q_{\text{нур}} = 1.$$

**Kirxgof qonuni** kul rang jismlarning nur tarqatish va uni yutish qobiliyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Bir-biriga parallel joylashgan, kul rang  $I$  va absolyut qora  $II$  jismlarni ko'rib chiqamiz (4.9-rasm).

Kul rang jismning yutish qobiliyatini  $A_1$ , absolyut qora jismnikini esa  $A_2 = A_0 = 1$ . Kul rang jism temperaturasi absolyut qoranikidan katta, ya'ni  $T_1 > T_2$  deb qabul qilamiz. Bunda, kul rang jismdan nurlanish usulida uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (4.44)$$

Ikkala jismning temperaturasi tenglashganda, issiqlik muvozanat holati yuzaga keladi va  $q = 0$  bo'ladi.

Demak:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (4.45)$$

bundan

$$\frac{E_1}{A_1} = E_0 \quad (4.45a)$$

Ushbu xulosani umumlashtirib, bir nechta parallel joylashtirilgan jismlar uchun ushbu ifodani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (4.46)$$

(4.46) tenglama Kirxgof qonunini xarakterlaydi. Ushbu tenglamaga binoan, ma'lum biror temperatura uchun istalgan bir jismning nur tarqatish qobiliyati, uning nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyatiga tengdir.

### Issiqlik berish

Issiqlik berish jarayoni issiqlik berish koeffitsiyenti  $\alpha$  bilan belgilanadi.

Ushbu qonunga binoan, issiqlik almashinish suyuqlik (gaz) ga uzatilgan issiqlik miqdori  $dQ$ , devorning yuzasi  $dF$ , yuza  $t_w$  va muhit temperaturalari  $t_f$  ning farqi  $(t_w - t_f)$ , hamda jarayonning davomiyligi  $d\tau$  ga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha (t_w - t_f) \cdot dF \cdot d\tau \\ dQ &= \alpha (t_f - t_w) \cdot dF \cdot d\tau \end{aligned} \right\} \quad (4.51)$$

(4.51) tenglamadan issiqlik berish koeffitsiyentining o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin:

$$\alpha = \left[ \frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[ \frac{\mathcal{K}}{m^2 \cdot coam \cdot K} \right] = \left[ \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

### Issiqlik o'tkazish

Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} Q &= K \Delta t_{yp} F \\ K &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \end{aligned} \quad (4.96)$$

bu yerda  $K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti,  $Vt/(m^2 \cdot K)$ .

### ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK

1. Bir qavatli tekis devordan o'tayotgan issiqlik oqimining issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagichadir:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_c}{F} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_i - t_c) \quad (4.36)$$

bu yerda  $q$ -issiqlik oqimining zichligi,  $Vt/m^2$ ;  $Q$ -issiqlik oqimi,  $Vt$ ;  $F$ -devor yuzasi,  $m^2$ ;  $t_i$  va  $t_c$  – issiqlik va sovuq devorlar yuzasining temperaturasi,  $^0S$ ;  $r = \delta/\lambda$ -devorning termik qarshiligi,  $m^2 \cdot K/Vt$ ;  $\delta$ -devor qalinligi,  $m$ ;  $\delta/\lambda$ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti,  $Vt/m \cdot K$ .

2. Ko'p qavatli tekis devor orqali o'tgan issiqlik miqdori esa quyidagicha hisoblanadi:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_s}{\sum r} = \frac{t_i - t_s}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

3. Silindrsimon devorning o'tkazuvchanlik tenglamasi:

Bu yerda  $\delta = (d_2 - d_1)/2$ . Silindrsimon devorning o'rtacha yuzasi quyidagi formuladan topiladi:

$d_1$  va  $d_2$  – trubaning ichki va tashqi diametrlari,  $m$ ;  $L$ -truba uzunligi,  $m$ . Agarda  $d_1/d_2 < 2$  bo'lsa,  $F_{o'r}$  ni (4.3) formuladan emas, balki yuqori aniqlikka ega ushbu formuladan topsa bo'ladi:

4. Ko'p qavatli silindrsimon devordan o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

5. Temperatura  $30^0S$  atrofida bo'lganda, tajribaviy ma'lumotlar yo'q bo'lsa, suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

$c$ - suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi,  $J/(kg \cdot K)$ ;  $\rho$ - suyuqlik zichligi,  $kg/m^3$ ;  $M$  – suyuqlik molyar massasi,  $kg/kmol$ ;  $A$  – suyuqlikning assotsiatsiyalanish darajasiga bog'liq koeffitsiyent,  $m^3 \cdot kmol^{-0,33} \cdot s^{-1}$  (suv uchun  $A = 3,5 \cdot 10^{-6}$ , benzol uchun  $A = 4,22 \cdot 10^{-6}$ ).

Istalgan  $t$  temperaturadagi suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

bu yerda  $\varepsilon$  – temperaturaviy koeffitsiyent.

Ba'zi suyuqliklar uchun  $\varepsilon \cdot 10^3$  ( $^{\circ}\text{S}^{-1}$ ) qiymatlari:

|              |     |                 |     |
|--------------|-----|-----------------|-----|
| Anilin       | 1,4 | Propil spirti   | 1,4 |
| Atseton      | 2,2 | Uksus kislotasi | 1,2 |
| Benzol       | 1,8 | Xlorbenzol      | 1,5 |
| Geksan       | 2,0 | Xloroform       | 1,8 |
| Metil spirti | 1,2 | Etilatsetat     | 2,1 |
| Nitrobenzol  | 1,0 | Etil spirti     | 1,4 |

Suvli eritmalarning  $t$  temperaturadagi issiqlik o'tkazuvchanligi:

$$\lambda_{\theta t} = \lambda_{330} \cdot \frac{\lambda_{s1}}{\lambda_{s30}} \quad (4.44)$$

bu yerda  $\lambda_e$  va  $\lambda_s$  – eritma va suvning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.

6. Gazlarning past bosimlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini ushbu formulada hisoblash mumkin:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

bu yerda  $\mu$  - gazning dinamik qovushqoqligi, Pa·s;  $V=0,25 \cdot (k-5)$ ,  $k=c_p/c_v$  – adiabatada ko'rsatkichi;  $c_p$  va  $c_v$  – gazning o'zgarmas bosim va hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K); Bir atomli gazlar uchun  $V=2,5$ , ikki atomliklar uchun  $V=1$ , va uch atomliklar uchun  $V=1,72$ .

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Suv spirtining 75% li bug'i rektifikatsiya kolonnasining kondensatorida kondensatsiyalanmoqda. Sovituvchi suv  $10^{\circ}\text{S}$  temperatura qurilmaga kirib,  $50^{\circ}\text{S}$  ga isimoqda. Kondensatorning diametri  $35 \times 1,5$  mm va uzunligi 1,3 bo'lgan 121 ta trubadan yig'ilgan. Qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $400 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi topilsin.

**Yechish:**

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

7. Issiqlik o'tkazish yuzasi (4.32) formula yordamida hisoblanadi:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ m}^2$$

8. Bug'ning parametrlari 22-jadvaldan topiladi. Bug'ning konsentratsiyasi 75% bo'lganda kondensatsiyalanish temperaturasi  $t=82,8^{\circ}\text{C}$ , bug'lanish issiqligi  $r=1210 \text{ kJ/kg}$ , zichligi esa  $\rho=1,145 \text{ kg/m}^3$ .

9. O'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} &82,8 \rightarrow 82,8 \\ &10 \rightarrow 50 \end{aligned}$$

Dastlab

$$\Delta t_{ka} = 82,8 - 10 = 72,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{ki} = 82,8 - 50 = 32,8^{\circ}\text{C}$$

$\Delta t_{ka} / \Delta t_{ki} > 2$  bo'lgani uchun,  $\Delta t_{or}$  (4.7) formula orqali hisoblanadi:

10. Kondensatorning issiqlik yuklamasi (4.1) formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Vt}$$

11.  $\theta_{\text{kond}}=t_b$  deb qabul qilib, kondensatsiyalanayotgan bug'ning massaviy sarfi (4.3) formuladan topiladi:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 994 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

12. Bug'ning hajmiy sarfi esa (4.35) tenglamadan topiladi:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \frac{\text{m}^3}{\text{soat}}$$

### MASALALAR

18.1. Ko'ndalang kesimi kvadrat, tomoni  $d=10\text{mm}$ , uzunligi  $l=1600\text{mm}$  bo'lgan kvadrat ko'ndalang kesimdan  $w=4\text{m/s}$  tezlikda suv oqmoqda. Kanal yuzasining temperaturasi  $90^\circ\text{C}$ , suvning o'rtacha temperaturasi  $40^\circ\text{C}$  bo'lganda devor yuzasidan suvga issiqlik berish koeffitsiyenti aniqlansin.

18.2. "Truba ichidagi truba" issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo'shlig'ida o'rtacha temperatura  $10^\circ\text{C}$  va  $w=3\text{m/s}$  tezlikda suv o'tmoqda. Agarda ichki trubaning tashqi yuzasi  $70^\circ\text{C}$  bo'lsa, issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsiyenti va issiqlik quvvati topilsin. Ichki trubaning diametri  $d=26 \times 3\text{mm}$ , uzunligi  $l=1,4\text{m}$ .

18.3. Simob  $w=2,5\text{m/s}$  tezlikda diametri  $d=14\text{mm}$  va uzunligi  $l=900\text{mm}$  bo'lgan trubadan oqib o'tmoqda. Simobning o'rtacha temperaturasi  $t=250^\circ\text{C}$ . Devorning o'rtacha temperaturasi  $t=220^\circ\text{C}$  bo'lganda, simobning devorga issiqlik berish koeffitsiyenti, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, issiqlik oqimining zichligini va vaqt birligi ichida uzatilayotgan issiqlik miqdori topilsin.

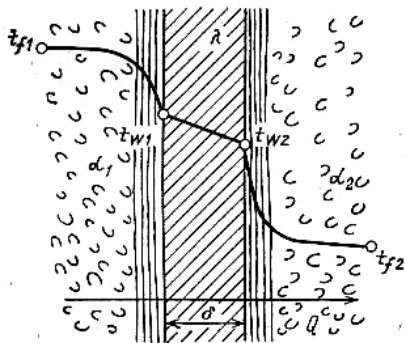
### ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

#### Issiqlik o'tkazish

Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K \Delta t_{\text{ur}} F \quad (4.92)$$

bu yerda  $K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti,  $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;  $\Delta t_{\text{ur}}$  – issiqlik va sovuqlik eltichlar temperaturalarining farqi,  $\text{K}$ ;  $F$  – ajratib turuvchi devor yuzasi,  $\text{m}^2$ .



4.13-расм. Текис девор орқали иссиқлик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш

**Текис деворнинг иссиқлик о'тказиши.** 4.13-расмда қалинлиги  $\delta$  ва materialining иссиқлик о'тказувчан-лик кoeffitsiyenti  $\lambda$  bo'lgan текис девор tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan temperaturasi  $t_{f1}$  (oqim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltich, ikkinchi tomonidan esa - temperaturasi  $t_{f2}$  bo'lgan sovuqlik eltich oqib o'tmoqda.

Devor yuzalarining temperaturasi  $t_{w1}$  va  $t_{w2}$ . Issiqlik berish koeffitsiyentlari  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$ .

Turg'un jarayonda  $F$  yuza orqali birinchi issiqlik eltich o'zagidan devorga uzatilayotgan issiqlik miqdori, devordan o'tgan va devordan ikkinchi issiqlik eltich o'zagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

Ushbu issiqlik miqdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$Q = \alpha_1(t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2(t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$\begin{aligned} t_{f1} - t_{w1} &= \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F} \\ t_{w1} - t_{w2} &= \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \\ t_{w2} - t_{f2} &= \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F} \end{aligned} \quad (4.93)$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.94)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (4.95)$$

(4.92) va (4.95) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.96)$$

bu yerda  $K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti,  $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Unda, tekis devor uchun issiqlik eltkichning o'zgarmas temperaturalarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.97)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.98)$$

(4.97) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining o'lchov birligi:

$$K = \left[ \frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[ \frac{\mathcal{K}}{\mathcal{M} \cdot \mathcal{C} \cdot K} \right] = \left[ \frac{Bm}{\mathcal{M}^2 \cdot K} \right]$$

(4.96) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.99)$$

Shunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $K$  temperaturasi yuqori bo'lgan issiqlik eltkichdan, temperaturasi past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning  $1\text{m}^2$  yuzasidan eltkichlar temperaturasi  $1\text{K}$  bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

### MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Diametri 1,8 m va balandligi 2,6 m o'lchamlarga ega bo'lgan silindrik rezervuarining 80% quvvatlangan vino bilan to'ldirilgan. Ushbu vinoni  $15^{\circ}\text{S}$  dan  $57^{\circ}\text{S}$  gacha isitish uchun qancha issiqlik miqdori sarf bo'ladi? Issiqlikning atrof muhitga isrof bo'lishi hisobga olinmasin.

**Yechish:**

Rezervuarining to'la hajmini ushbu formuladan hisoblash mumkin:



$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Rezervuardagi vino hajmi:

$$V_v = \varphi \cdot V$$

formuladan aniqlanadi. Uning miqdori esa,

$$M = V_v \cdot \rho$$

bu yerda  $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$ . Unda,

$$M = \varphi \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ kg}$$

Isitish uchun zarur issiqlik miqdori

$$Q = M \cdot c_v \cdot \Delta t_v = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ kJ}$$

$$\Delta t_v = t_{2v} - t_{1v} = 57 - 15 = 42^\circ\text{C}$$

## MASALALAR

19.1 Agarda devorning usti 0,5mm qalinlikda emal bilan qoplangan bo'lsa, diametri 38x2,5 mm li po'lat zmeyevik devorining termik qarshiligi necha barobar ortadi? Devor tekis deb hisoblansin. Emalning issiqlik o'tkazuvchanligi 1,05 Wt/(m·K) ga teng.

19.2 Uzunligi 40m, diametri 51x2,5 mm li bug' uzatuvchi truba 30 mm li qalinlikda tashqi truba bilan ajratilgan (izolyatsiya), qoplamaning tashqi tomondagi temperaturasi  $t = 45^\circ\text{C}$ , ichki tomonida esa  $t = 175^\circ\text{C}$ . Bug' o'tkazuvchi (uzatuvchi) trubaning 1 soatda atrofga yo'qalayotgan issiqlik miqdori aniqlansin. Qoplamaning issiqlik o'tkazuvchanligi 0,116 Wt/(m·K) ga teng deb qabul qilinsin.

19.3 Diametri 60x3 mm po'lat truba qalinligi 30 mm li po'kak va uning ustidan 40 mm li qalinlikda sovelit (85% magneziy + 15% asbest) li qatlam bilan qoplangan. Truba devorining temperaturasi  $110^\circ\text{C}$ , qoplam tashqi devorining temperaturasi  $10^\circ\text{C}$ . Trubaning 1 m uzunligida 1 soat mobaynida yo'qotilayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

19.4. Qurilma g'ishtli qoplama bilan qoplangan bo'lib, ularning tutashgan joyidagi qoplama yuzasidagi temperaturasi aniqlansin. Qoplama tashqi yuzasining temperaturasi  $35^\circ\text{C}$ . G'isht qoplama qalinligi 260 mm. Qoplamaning tashqi yuzasidan 50 mm chuqurlikda o'rnatilgan termometr  $70^\circ\text{C}$  ni ko'rsatmoqda.

## ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Issiqlik berish koeffitsiyentining o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin:

$$\alpha = \left[ \frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[ \frac{\mathcal{K}}{\text{m}^2 \cdot \text{coam} \cdot \text{K}} \right] = \left[ \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

Agar, issiqlik almashinish yuzasi bo'ylab issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati o'zgarmas ( $\alpha = \text{const}$ ) bo'lsa, (4.51) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha (t_w - t_f) \cdot F \cdot \tau \\ Q &= \alpha (t_f - t_w) \cdot F \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (4.52)$$

Demak, issiqlik berish koeffitsiyenti  $\alpha$  devorning  $I \text{ m}^2$  yuzasidan suyuqlikka  $I \text{ s}$  vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarining farqi  $I \text{ K}$  bo'lganda uzatilgan issiqlik miqdorini bildiradi. Ushbu, issiqlik berish koeffitsiyentining miqdori bir nechta parametrlarga bog'liqdir, ya'ni suyuqlikning harakat rejimi  $w$ , uning zichligi  $\rho$ , qovushoqligi  $\mu$ , solishtirma issiqlik sig'imi  $s$ , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti  $\lambda$ , hajmiy kengayish koeffitsiyenti  $\beta$ , devorning shakli va o'lchamlari (truba diametri  $d$  va uzunligi  $L$ ), hamda g'adir-budurliigi  $ye$  va hokazolarga.

Yuqorida aytilganlarni quyidagi funksiya holatida yozish mumkin:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, \dots) \quad (4.53)$$

Umumiy ko'rinishga ega bo'lgan issiqlik berish koeffitsiyenti tenglamasi ko'rinishidan sodda bo'lsa ham,  $\alpha$  ni aniqlash juda murakkab. Chunki, (4.53) dan ko'rinish turibdiki,  $\alpha$  juda ko'p

parametrlarga bog'liq. Shuning uchun, tajriba natijalarini o'xshashlik nazariyasi yordamida umumlashtirish yo'li bilan issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash kriterial formulasini keltirib chiqarish mumkin.

Issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash uchun suyuqlikda temperatura taqsimlanishini bilish zarur. Undan tashqari, issiqlik almashinish jarayonini hisoblash uchun issiqlik berish koeffitsiyentini o'zgaruvchi parametrlar bilan bog'liq tenglamasiga ega bo'lishi kerak.

Bunday tenglama bo'lib konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasi xizmat qiladi. Lekin, ushbu tenglama devor va suyuqlik chegarasidagi shartlarni xarakterlovchi tenglama bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak.

### MASALALRNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametri  $d=25 \times 2$  mm li 13ta trubadan yasalgan. Qobiqning ichki 273 mm. Qurilmada soatiga 10 t suv  $10^{\circ}\text{S}$  dan  $70^{\circ}\text{S}$  gacha isitilmoqda. Suv truba ichidan va trubalararo bo'shliqdan o'tayotgan paytidagi issiqlik berish koeffitsiyenti topilsin.

#### Yechish:

Hisoblash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Ilovadagi 4-jadvaldan  $t_{0,r}=40^{\circ}\text{S}$  da suvning fizik xarakteristikalari aniqlanadi:  
 $\rho_2=992 \text{ kg/m}^3$ ;  $s_2=4,18 \text{ kJ/kg}$ ;  $\lambda_2=0,634 \text{ Wt/m}\cdot\text{K}$ ;  $\mu=657 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ; Prandtl kriteriyasi  $Pr=4,31$ .
2. Truba ichida oqayotgan suvning tezligi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{ich}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \frac{m}{s}$$

3. Reynolds kriteriyasi (4.14) formuladan topiladi:

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

4.  $Re > 10000$  bo'lgani uchun,  $\varepsilon_1=1$  va  $(Pr/Pr_d)=1$  deb qabul qilib, Nusselt  $Nu$  qiymati (4.22) tenglama orqali aniqlanadi:

$$Nu = 0,021 \cdot 19658,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

unda issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \frac{Wt}{m^2 \cdot K}$$

5. Suvning trubalararo bo'shliqdagi tezligi (4.29) formuladan topiladi:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \frac{m}{s}$$

bu yerda  $S=0,052 \text{ m}^2$  - trubalararo bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi:

$$S = 0,785 \cdot (d_{ich}^2 - d_t^2)$$

$d_{ich}$  va  $d_t$  - trubaning ichki va tashqi diametrlari, m.

6. Trubalararo bo'shliqning ekvivalent diametrini (4.21) formuladan topish mumkin:

$$d_g = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ m}$$

7. Reynolds kriteriyasi esa (4.14) formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8967,7$$

8. Reynolds soni  $2300 < Re < 10000$  bo'lgani uchun  $Nu$  qiymati (4.23) formula yordamida aniqlanadi:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

issiqlik berish koeffitsiyenti esa,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \frac{Vt}{m^2} \cdot K$$

9.  $\varepsilon_1=1$  va  $(Pr/Pr_d)=1$  inobatga olib, turbulent harakat rejimi uchun (4.22) va (4.23a) formulalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyenti hisoblanadi.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \frac{Vt}{m^2} \cdot K$$

10. Agar  $Re=8968,7$  bo'lsa,  $\varepsilon_1=0,975$  (10-jadvalga qaralsin), unda o'tish sohasi uchun issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 370,6 \frac{Vt}{m^2} \cdot K$$

Ular orasidagi farq 2,9% ni tashkil etadi.

### MASALALAR

20.1 Bug'latuvchi qurilmadan chiqayotgan quyuqlashtirilgan (konsentrlangan) eritma temperaturasi  $106^\circ\text{C}$  bo'lib, u suyultirilgan sovuq eritmani  $50^\circ\text{C}$  gacha isitish uchun foydalanilmoqda. Sovituvchi agentning (boshlang'ich) dastlabki temperaturasi  $30^\circ\text{C}$ . Quyuqlashtirilgan eritma  $60^\circ\text{C}$  gacha sovitilmoqda. Oqim yo'nalishlari to'g'ri va qarama-qarshi bo'lgan holatlar uchun o'rtacha temperaturalar farqini aniqlang.

20.2 Yuzasi  $6 \text{ m}^2$  bo'lgan qarama-qarshi yo'nalishli issiqlik almashinish qurilmada  $1930 \text{ kg/soat}$  sarf bilan o'tayotgan butil spirtini  $90^\circ\text{C}$  dan  $50^\circ\text{C}$  gacha sovitish kerak. Issiq muhit temperaturasi  $18^\circ\text{C}$  bo'lgan suv bilan sovitilmoqda. Issiqlik almashinish qurilmasidagi issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati  $230 \text{ Vt/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;  $\Delta t$  o'rtacha arifmetik xolda hisoblansin. Issiqlik almashinish qurilmasi orqali 1 soatda necha metr suv oqib o'tishi kerak?

20.3 Uzunligi  $1,2 \text{ m}$  diametri  $18 \times 2 \text{ mm}$  li 19 ta latun trubadan tayyorlangan qobiq trubali issiqlik almashinish qurilma asbob-uskuna (jixoz)lar omborida saqlanmoqda. Suvning boshlang'ich temperaturasi  $15^\circ\text{C}$  va oxirgisi  $15^\circ\text{C}$  bo'lsa, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $700 \text{ Vt/(m}^2\cdot\text{K)}$  ga teng bo'lganda, soatiga  $350 \text{ kg}$  to'yingan etil spirti bug'ini kondensatsiyalash (suyuqlikka aylantirish) uchun qurilmaning yuzasi yetarli bo'ladimi? Suyultirilgan spirt qurilmadan kondensatsiyalanish temperaturasida chiqazib olinmoqda, jarayon esa atmosfera bosimi ostida olib borilmoqda.

## 9-AMALIY ISH: KO'P KOMPONENTLI SISTEMALARNI AJRATISH.

### BUG'LATISH JARAYONLARI

1. Bug'latish jarayonining moddiy balans tenglamasi:

$$G_{bosh} = G_{ox} + W \quad (5.1)$$

$$G_{bosh} \cdot X_{bosh} = G_{ox} \cdot X_{ox} \quad (5.2)$$

bu yerda  $G_{bosh}$ ,  $G_{ox}$  – eritmaning (dastlabki) boshlang'ich va oxirgi (bug'latilgan) moddiy sarfi,  $\text{kg/s}$   $X_{bosh}$ ,  $X_{ox}$  – eritmaning boshlang'ich va oxirgi eritilgan moddadagi moddiy ulushlari,  $W$  – bug'latilayotgan suvning moddiy sarfi,  $\text{kg/s}$

2. Bug'latish qurilmasining issiqlik balans tenglamasi:

$$Q + G_{bosh} \cdot C_{bosh} \cdot t_{bosh} + G_{ox} \cdot c_{ox} \cdot t_o + W \cdot i_{kk} + Q_{yuk} + Q_{deg} \quad (5.4)$$

bu yerda  $Q$  – bug'latishga sarfdangan issiqlik miqdori,  $Vt$ ;

$s_{bosh}, s_{ox}$  – boshlang‘ich (dastlabki) va oxirgi (bug‘latilgan) eritmalarning solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·K);

$t_{bosh}, t_{ox}$  – boshlang‘ich eritmaning qurilmaga kirishdagi va oxirgi eritmaning qurilmadan chiqishdagi temperaturasi, °C;

$i_{ik}$  – ikkilamchi bug‘ning qurilmadan chiqayotgandagi solishtirma entalpiyasi, J/kg;

Qyo‘q – atrof-muhitgayo‘qotilgan issiqlik miqdori qiymati. Vt;

Qdeg – degidratatsiya issiqligi, Vt.

3. Bug‘latishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash.

(5.4) tenglamadan quyidagi holdagi ko‘rinishni hosil qilamiz:

$$Q = G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh}) + W \cdot (i_{akk} - s_s \cdot t_{ox}) + Q_{yuk} \quad (5.5)$$

bu yerda  $t_{ox}$  – ga mos kelgansuvning solishtirma issiqligi, J/(kg·K);

Agar eritma bug‘latish qurilmasiga qizdirilgan holatda, ya‘ni ( $t_{bosh} > t_{ox}$ ) bo‘lsa, u holda  $Q = G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh})$  bo‘lib, manfiy ishoraga ega bo‘ladi va bu yerda ma‘lum qism suv eritmani sovitish tufayli bug‘lanadi.  $G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh})$  qiymat o‘z-o‘zini bug‘latish qiymati deb nomlanadi.

Atrof-muhitgayo‘qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash uchun bug‘latish qurilmasining Qisit+Qbug‘ yig‘indisining 3-5% ni olsak hato qilmagan bo‘lamiz. Qyo‘qqiymatini quyidagicha ham hisoblash mumkin:

$$Q_{yuk} = \alpha \cdot F_{izol} \cdot (t_{izol} - t_x) \quad (5.6)$$

bu yerda  $\alpha = \alpha_{nur} + \alpha_{konv}$  – nurlanish va konveksiya issiqlik berish koeffitsiyentlarining yig‘indisi, Vt/(m<sup>2</sup>·K);  $F_{izol}$  – qurilmaning qoplama qilingan yuzasi, m<sup>2</sup>;  $t_{izol}$  – qoplama tashqi yuzasining temperaturasi, °C yoki K;  $t_x$  – havo temperaturasi, °C yoki K;

4. Bug‘latish qurilmasidagi isituvchi bug‘ sarfi G

$$G_{ib} = \frac{Q}{(i - i) \cdot x} = \frac{Q}{(r_{ib} \cdot x)} \quad (5.7)$$

bu yerda  $i$  – to‘yingan quruq bug‘ning solishtirma entalpiyasi, J/kg;

$i$  – kondensatsiyalanish temperaturadagi kondensatning solishtirma entalpiyasi, J/kg;  $x$  – qizitish bug‘ining namlik darajasi (quruqlik darajasi);  $r_{ib}$  – qizdirish bug‘i solishtirma kondensatsiyalanish issiqligi, J/kg.

Isituvchi bug‘ sarfi  $G_{ib}$  ning bug‘lanayotgan suv sarfi  $W$  nisbatiga bug‘latish uchun ketgan bug‘ning solishtirma sarfi deyiladi.

$$d = \frac{G_{ib}}{W} \quad (5.8)$$

5. Eritmaning issiqlik sig‘imi. Eritmaning solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$c = c_1 \cdot x_1 - c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots \quad (5.9)$$

$s_1, s_2, s_3 \dots$  - tashkil etuvchi komponentlarning solishtirma issiqlik sig'imi;  $x_1, x_2, x_3 \dots$  - tashkil etuvchi komponentlarning miqdoriy ulushi.

Ikki komponentli suyultirilgan suvli eritmalar (suv+eritilgan modda) ning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun quyidagi tahminiy tenglamadan foydalaniladi ( $x < 0,2$ ):

$$c = 4190 \cdot (1 - x) \quad (5.10)$$

bu yerda 4190 J/(kg·K) - suvning solishtirma issiqlik sig'imi;  $x$  - eritilgan modda konsentratsiyasi, massaviy ulushi.

Quyulash tirilgan ikki komponentli suvli eritma uchun ( $x > 0,2$ ) hisoblash quyidagi tenglama yordamida olib boriladi:

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (5.11)$$

$s_1$  – suvsiz eritilgan moddaning solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K).

Agar tajriba ma'lumotlari yo'q bo'lib, kimyoviy birikmaning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash kerak bo'lsa, quyidagi tenglamadan tahminiy qiymatini topish mumkin:

$$M \cdot c = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + \dots \quad (5.12)$$

bunda  $M$  - kimyoviy birikmaning molyar massasi;

$s$  - kimyoviy birikmaning massaviy solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K);

$n_1, n_2, n_3, \dots$  – birikmadagi elementlar atom soni;

$S_1, S_2, S_3 \dots$  – atom issiqlik sig'imi, J/(kg·K).

(5.12) tenglama yordamida birikmalarning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun 5-1 jadvaldagi atom issiqlik sig'implaridan foydalanish kerak bo'ladi.

5-1 jadval

| Element | Atom issiqlik sig'imi kJ/(kg K) |             | Element    | Atom issiqlik sig'imi kJ/(kg K) |             |
|---------|---------------------------------|-------------|------------|---------------------------------|-------------|
|         | Qattik xolda                    | Suyuq xolda |            | Qattik xolda                    | Suyuq xolda |
| S       | 7,5                             | 11,7        | F          | 20,95                           | 29,9        |
| CH      | 9,6                             | 18,0        | P          | 22,6                            | 31,0        |
| B       | 11,8                            | 19,7        | S          | 22,6                            | 31,0        |
| Si      | 15,9                            | 24,3        | Qolganlari | 26,0                            | 33,6        |
| O       | 10,8                            | 25,1        |            |                                 |             |

6. Eritmalarning qaynash temperaturasini hisoblash ( $P \geq P_{atm}$ )

1-usul. Agarda eritmaning ma'lum bosimda 2 ta qaynash temperaturasima'lum bo'lsa quyidagi tenglamadan

$$\frac{\lg P_{A_1} - \lg P_{A_2}}{\lg P_{B_2} - \lg P_{A_2}} = C \quad (5.13)$$

yoki I7- rasmdagi nomogrammadan foydalansa bo'ladi. Bu yerda  $P_{A_1}$  va  $P_{B_1}$  - bir xil  $t_1$  temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi;  $P_{A_2}$  va  $P_{B_2}$  bir xil  $t_2$  temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi;  $S$  - o'zgaras konstanta.

2-usul. Agarda eritmaning faqat ma'lum bir bosimda bitta qaynash temperaturasi aniq bo'lsa, boshqa bosimdagi qaynash temperaturasi Babo qoidasidan foydalanib topilishi mumkin.

$$\left(\frac{p}{p_0}\right) = const \quad (5.14)$$

bu yerda  $r$  - eritma bug'ining bosimi;  $r_0$  - o'sha temperaturada toza erituvchining to'yingan bug' bosimi.

Konsentrlangan suvli eritmalar uchun (5.14) tenglama professor V.I. Stabnikov topgan koeffitsiyentlarni (5-2- jadval) inobatga olgan holda hisoblash kerak.

5-2- jadval

| p/po nisbati         |     |     |     |     |     |     | Tuzatish koeffitsiyenti +Δt, K |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|
| 0,9                  | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |                                |
| Bosim P, mm sim.ust. |     |     |     |     |     |     |                                |
| 100                  | 200 | 400 | 450 | 500 | 550 | 650 | 0,9                            |
| -                    | 50  | 200 | 350 | 450 | 500 | 550 | 1,8                            |
| -                    | -   | 100 | 275 | 300 | 350 | 400 | 2,6                            |
| -                    | -   | -   | 150 | 200 | 250 | 300 | 3,6                            |

Agarda erish issiqligi musbat bo'lsa (eritish paytida issiqlik ajralib chiqsa) tuzatish koeffitsiyenti qo'shiladi, manfiy bo'lsa ayriladi.

7.  $t_{qay}$  -truba ichida eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi.

$$t_{kon} = t_{kon} + \Delta t_{g.ef} \quad (5.15)$$

bu yerda  $t_{g.ef}$ - gidrostatik depressiya yoki gidrostatik bosim hisobiga eritmaning qaynash temperaturasining ortishi (gidrostatik effekt).

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Boshlang'ich natriy gidroksid eritmasining 1 litrida 79 g suv bor. Bug'latilgan eritmaning 30°C dagi zichligi 1,555 g/sm<sup>3</sup> teng, konsentratsiyasi esa 840 g/l, 1 t boshlang'ich eritma uchun bug'latilgan suv miqdorini aniqlang.

Yechish:

Boshlang'ich eritmada erigan moddaning massaviy ulushi quyidagicha topiladi:

$$x_{bosh} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

oxirgi eritmada esa,

$$x_{ok} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

It boshlang'ich eritmadan bug'atilgan suv miqdori ushbu tenglamadan hisoblanadi:

$$W = G_{bosh} \cdot \left(1 - \frac{x_{bosh}}{x_{ox}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ kg}$$

## MASALALAR

25.1. Atmosfera bosimi ostida va siyraklanish holatida, ya'ni  $R_v = 0,8 \text{ kgk/sm}^2$  bo'lganda, suvni bug'latish uchun quruq to'yingan suv bug'ining solishtirma sarfi hisoblansin. Suv bug'ining ikkala holatdagi absolyut bosimi  $R_{a6s} = 2 \text{ kgk/sm}^2$  Suvni bug'latish uchun 2 xil holatda: a) temperaturasi  $15^\circ\text{S}$  da; b) qaynash holatiga borganda hisoblansin.

25.2 Bug'latish qurilma unumdorligi dastlabki holatdagi eritma bo'yicha  $2650 \text{ kg/soat}$  bo'lib, eritma konsentratsiyasi 1 litr suvda 50 g tuzni tashkil qiladi. Bug'atilganidan so'ng, eritmaning konsentratsiyasi 1 litr eritmada 295 g tuzni tashkil qiladi. Bug'atilgan eritmaning zichligi  $1189 \text{ kg/m}^3$  ni tashkil etdi. Qurilmaning bug'atilgan eritma bo'yicha unumdorligi topilsin.

25.3.  $1500 \text{ kg}$  xlorli kaliy eritmasining quyuqligini  $8\%$  dan  $30\%$  (massaviy)gacha o'zgartirilsa qancha suv bug'atiladi?

25.4.  $1 \text{ m}^3$  sulfat kislotasi zichligi  $1560 \text{ kg/m}^3$  dan  $\{65,2\% \text{ (massaviy)}\}$   $1840 \text{ kg/m}^3$  zichlikgacha  $\{98,7\% \text{ (massaviy)}\}$  borishi uchun qancha suv bug'atilishi kerak? Quyuqlashtirilgan kislotasi qanday hajmni egallaydi?

25.5. Oxirgi quyuqligi  $32\%$  (massaviy) bo'lgan atmosfera bosimi ostida bug'atilayotgan boshlang'ich quyuqligi  $9\%$  bo'lgan eritma  $1,4 \text{ t/soat}$  sarf bilan qurilmaga kelib tushmoqda. Suyultirilgan eritma  $18^\circ\text{S}$  temperatura bilan bug'latishga kiritilmoqda. Bug'atilgan so'ng, eritma  $105^\circ\text{S}$  temperatura bilan qurilmadan chiqmoqda. Suyultirilgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi  $3800 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ . Ortiqcha bosimi  $R_{ort} = 2 \text{ kgk/sm}^2$  ga teng bo'lgan isituvchi bug'ning sarfi  $1450 \text{ kg/soat}$  bo'lib, uni namligi  $4,5\%$  ni tashkil etadi. Atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori topilsin.

25.6. Tarkibida 2 l suv, 8 kg muz va 5 kg osh tuzidan hosil bo'lgan sovutuvchi aralashmani solishtirma issiqlik sig'imi aniqlansin.

25.7. Eritma tarkibida  $0,7 \text{ m}^3$   $100\%$  - li sulfat kislotasi,  $400 \text{ kg}$  mis kuprosi ( $\text{SiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) va  $1,4 \text{ m}^3$  suv bor. a) Eritmaning issiqlik sig'imi; b) Eritmani  $12^\circ\text{S}$  dan  $58^\circ\text{S}$  gacha isitish uchun kerak bo'ladigan absolyut bosimi  $2 \text{ kgk/sm}^2$  bo'lgan to'yingan quruq suv bug'ining (sarf) miqdorini aniqlang. Eritmani isitish davomida qurilmaning tashqi muhitga yo'qotgan issiqlik miqdori  $25100 \text{ kJ}$  ni tashkil etadi. Sulfat kislotasi va mis kuprosining solishtirma issiqlik sig'imini (5.12) formula yordamida aniqlang.

25.8  $7\%$  li suvli eritma atmosfera bosimida  $2,69 \text{ t/soat}$  sarf bilan bug'latish qurilmasida bug'atilmoqda. Eritmaning boshlang'ich temperaturasi  $95^\circ\text{S}$  oxirgisi  $103^\circ\text{S}$  da. Qurilmadagi o'rtacha qaynash temperatura  $105^\circ\text{S}$ . Isituvchi to'yingan bug'ning ortiqcha bosimi  $2 \text{ kgk/sm}^2$ . Qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi  $52 \text{ m}^2$ , issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $1060 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ . Atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori  $110000 \text{ Vt}$  ga teng.

a) Eritmaning oxirgi quyuqligini (konsentratsiyalanadi)

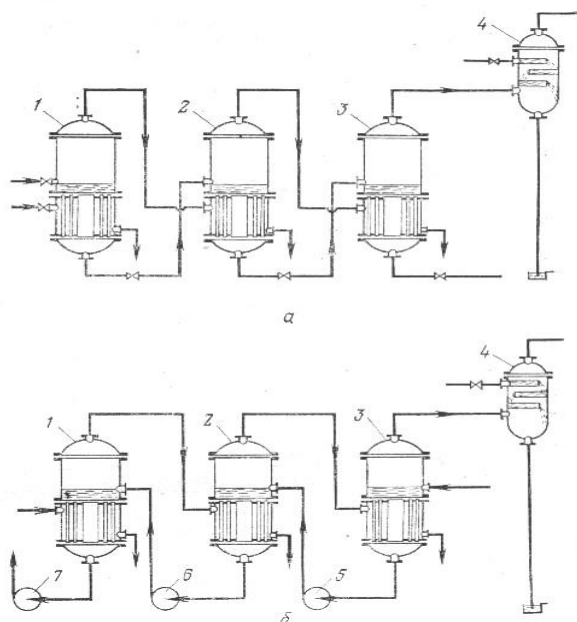
b) Namligi 5% bo'lgan isituvchi bug'ning sarfini aniqlash

25.9. Atmosfera bosimi ostida 255°S temperatura bilan difenil (S6N5)2 qaynamoqda. Suyuq difenilning solishtirma bug'latish issiqligi va solishtirma sig'imini hisoblab toping!

25.10. Atmosfera bosimida ishlaydigan issiqlik almashinish yuzasi 30 m<sup>2</sup> bo'lgan bug'latish qurilmasida xlorli kaliy eritmasi 9,5% dan 26,6% gacha uzluksiz ravishda quyuqlashtirilmoqda. Eritmaning boshlang'ich temperaturasi 18°S to'yingan isituvchi suv bug'ining ortiqcha bosimi 2 kg/ sm<sup>2</sup>. Qurilmaning dastlabki unumdorligi (sarfi suyuq eritma bo'yicha) 900 kg/soat, lekin ma'lum vaqtdan so'ng, ko'rsatgich devorlar ifloslanishi tufayli 500 kg/soat gacha pasaydi. Atrof muhitga yo'qotiladigan issiqlik mikdorini hisobga olmagan holda hosil bo'lgan qoplama (nakip) qatlaminin qalinligini aniqlang. Qoplamaning  $\lambda = 1,4 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$  ga teng. Hidrostatik effektini hisobga olmang.

## 10-AMALIY ISH: ERITMALARNING KRISTALLANISHI. ISITISH, SUYUQLIKLARNI SOVUTISH VA BUG'NI KONDENSATSIYALANISHI.

NaNO<sub>3</sub>ning 12% li suv eritmasini 5 l/soat sarfda konsentratsiyalash uchun uch korpusli tabiiy sirkulyatsiya qurilmasi hisoblab chiqilsin(5.1-rasm). Eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 40% (mass.). Bug'latish qurilmasida qaynash temperaturasida isitilgan eritma bug'latish uchun uzatiladi. To'yingan isituvchi suv bug'inin absolyut bosimi 4 kg/sm<sup>2</sup>. Isituvchi trubalar uzunligi 4m. Barometrik kondensatoridagi vakuum 0,8kg-k/sm<sup>2</sup> ga tengdir.



5.1-rasm. Bug'latishqurilmalariningprinsipialsxemalari.

a - bir xil (parallel) yo'nalishli;

b - qarama-qarshiyo'nalishli;



1-3 – korpuslar; 4- barometrik kondensator; 5-7 – nasoslar

Yechish:

1) Uchala qurilmalarda bug‘lanayotgan erituvchining umumiy miqdori:

$$W = G \cdot \left(1 - \frac{X_{bosh}}{X_{ox}}\right) = \frac{5000}{3600} \cdot \left(1 - \frac{12}{40}\right) = 3500 \frac{kg}{ch} = 0,97 \frac{kg}{s}$$

2) Har bir korpusga yuklamani taqsimlash.

Nazariy tahlil va sanoatdagi ko‘p yillik natijalar asosida har bir korpusdagi ikkilamchi bug‘ning miqdorini aniqlaymiz:

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Har bir korpusda hosil bo‘lgan ikkilamchi bug‘ miqdorini topamiz:

1 – korpusda

$$W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,295 \frac{kg}{s}$$

2 – korpusda

$$W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,324 \frac{kg}{s}$$

3 – korpusda

$$W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,351 \frac{kg}{s}$$

Jami:

$$W = 0,97 \frac{kg}{c}$$

3) Korpuslar bo‘yicha eritmaning konsentratsiyasini hisoblash

Eritmaning boshlang‘ich konsentratsiyasi  $x_{bosh}$ . Birinchi korpusdan ikkinchisiga kirayotgan eritmaning miqdori:

$$G_1 = G_{bosh} - W_1 = \frac{5000}{3600} = 0,295 = 1,09 \frac{kg}{s}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_1 = \frac{G_{bosh} \cdot x_{bosh}}{G_{bosh} - x_{bosh}} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2 \%$$

Ikkinchi korpusdan uchinchisiga kirayotgan eritma miqdori:

$$G_2 = G_{bosha} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \frac{kg}{s}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_1 = \frac{G_{bosha} \cdot x_{bosha}}{G_{bosha} \cdot x_{bosha} - 1,39 - 0,295} = 15,2 \%$$

Uchinchi korpusdan chiqayotgan eritma miqdori,

$$G_2 = G_{bosha} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,321 = 0,77 \frac{kg}{s}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_2 = \frac{1,39 \cdot 12}{0,77} = 21,6 \%$$

4) Korpuslar bo'yicha isituvchi bug' bosimining taqsimlanishi.

Birinchi korpus va barometrik kondensatorlardagi isituvchi bug' bosimlarining farqi.

$$\Delta p = 4,0 - 0,2 = 3,8 \frac{kgk}{sm^2}$$

Dastlab ushbu bosimlar farqini korpuslar o'rtasida barobar taqsimlaymiz, ya'ni

$$\Delta p = \frac{3,8}{3} = \frac{1,27kgk}{sm^2}$$

Bunda, korpuslardagi absolyut bosim quyidagicha bo'ladi:

$$3 - \text{korpusda } p_3 = 0,2 \frac{kgk}{sm^2} \text{ (berilgan)}$$

$$2 - \text{korpusda } p_2 = 0,2 + 1,27 = \frac{1,47kgk}{sm^2}$$

$$1 - \text{korpusda } p_1 = 1,47 + 1,27 = \frac{2,74kgk}{sm^2}$$

Isituvchi bug' bosimi:

$$p = 2,74 + 1,27 = 4 \frac{kgk}{sm^2}$$

Jadvallardan korpuslarda qabul qilingan bosimlar uchun suvning to'yingan bug' temperaturalari va solishtirma bug' hosil qilish issiqliklarini topamiz.

| Korpuslar  | To'yingan bo'g' temperaturasi, °C | Solishtirma bo'g' xosil qilish issiqligi |
|------------|-----------------------------------|--|
| 1-korpusda | 129,4                             | 2179                                     |
| 2-korpusda | 110,1                             | 2234                                     |

|                 |      |      |
|-----------------|------|------|
| 3-korpusda      | 59,7 | 2357 |
| Isituvchi bo'g' | 148  | 2241 |

Ushbu temperaturalar korpuslar bo'yicha ikkilamchi bug'lar kondensatsiyalanish temperaturalari bo'ladi.

5) Korpuslar bo'yicha temperaturaning pasayishini hisoblash.

a) Temperatura depressiyasidan.

36 – jadvaldan atmosfera bosimida eritmalarning qaynash temperaturasi topiladi.

| Korpuslar  | NaNo3<br>Konsentrlangan | Qaynash<br>temperaturasi, °C | Depressiya, °C yoki K |
|------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1-korpusda | 15,2                    | 102                          | 2,0                   |
| 2-korpusda | 21,6                    | 103                          | 3,0                   |
| 3-korpusda | 40,4                    | 107                          | 7,0                   |

Uch korpus bo'yicha depressiyasi

$$\Delta t_{depr} = 2 + 3 + 7 = 12^{\circ}\text{C}$$

b) Hidrostatik effektdepressiyasi

20°C temperaturada NaNO3 eritmaning zichligi tanlanadi [22]:

|                            |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|
| NaNo3 konsentratsiyasi, %  | 15,2 | 21,6 | 40,0 |
| Zichlik, kg/m <sup>3</sup> | 1098 | 1156 | 1317 |

Trubalardagi eritmalarning optimal sathda qaynashini hisoblaymiz:

1 – korpusda

$$H_{opt} = \left[ 0,026 + 0,0014 \cdot (p_{er} - p_{sup}) \right] H_{tr} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589 \text{ m}$$

$$p_{ur} = p + 0,5 \cdot p_{er} \cdot g \cdot H_{opt} = 274 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 0,8 \cdot 1589}{9 \cdot 10^4} = \frac{2,827 \text{ kgk}}{\text{sm}^2}$$

$$p_1 = 2,14 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 129,4^{\circ}\text{C}$$

$$p_{ur} = 2,827 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 130,6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{g.ef} = 130,6 - 129,4 = 1,2^{\circ}\text{C}$$

2 – korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91 \text{ m}$$

$$p_{ur} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,8 \cdot 1,91}{9 \cdot 10^4} = 1,580 \frac{kgk}{sm^2}$$

$$p_1 = 1,47 \frac{kgk}{sm^2} \text{ da } t_{kay} = 59,7^\circ\text{C}$$

$$p_{ur} = \frac{1,580kgk}{sm^2} \text{ da } t_{kay} = 112,3^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{g,ef} = 112,3 - 110,1 = 2,2^\circ\text{C}$$

3 - korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1317 - 1000)] \cdot 4 = 2,81 \text{ m}$$

$$p_{ur} = 0,20 + \frac{0,5 \cdot 1317 \cdot 9,8 \cdot 2,81}{9 \cdot 10^4} = 0,385 \frac{kgk}{sm^2}$$

$$p_1 = \frac{0,20kgk}{sm^2} \text{ da } t_{kay} = 59,7^\circ\text{C}$$

$$p_{ur} = \frac{0,385kgk}{sm^2} \text{ da } t_{kay} = 74,4^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{g,ef} = 74,4 - 59,7 = 14,7^\circ\text{C}$$

$$\text{Jami: } \sum \Delta t_{g,ef} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^\circ\text{C}$$

v) Hidravlik qarshilik depressiyasi

Har bir korpus oralig'ida temperaturalar pasayishini 1K deb qabul qilamiz. Oraliqlar hammasi bo'lib 3 (1-2, 2-3, 3- kondensator). Demak,

$$\Delta t_{g,k} = 1 \cdot 3 = 3K$$

Butun qurilma uchun temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi:

$$\sum \Delta t_{yuk} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1K$$

6) Temperaturalarning foydali farqi.

Temperaturalarning umumiy farqi:

$$143 - 59,7 = 83,3^\circ\text{C}$$

Demak temperaturalarning foydali farqi

$$\Delta t_{foyd} = 83,3 - 33,09 = 50,2^\circ\text{S}$$

7. Korpuslarda qaynash temperaturalarini aniqlaymiz

3 – korpusda

$$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4 \text{ } ^\circ\text{S}$$

2 korpusda

$$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3 \text{ } ^\circ\text{S}$$

1 korpusda

$$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6 \text{ } ^\circ\text{S}$$

8. Har bir korpus uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

Qurilmadagi eritmalarning qaynash temperaturasi va konsentratsiyasiga qarab maxsus adabiyotlardan eritmaning fizik xossalari (zichlik, qovushoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik sig'imi va shu kabilar) aniqlanadi. Isitish trubalarining turiga qarab qabul qilinadi. So'ngra, kondensatsiyalanayotgan bug' va qaynayotgan eritma uchuch tegishli kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyentlaridan issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti topiladi. Hisoblash paytida trubalarda qaynash natijasida hosil bo'lgan qoplama qalinligini ( $\delta = 0,5 \text{ mm}$ ) inobatga olish kerak.

Dastlabki hisoblar asosida quyidagi qiymatlarni qabul qilamiz.

$$1 - \text{korpus uchun} \quad K_1 = 1700 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$2 - \text{korpus uchun} \quad K_2 = 990 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$3 - \text{korpus uchun} \quad K_3 = 580 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Tuzning suvli eritmalarini bug'latish jarayonida korpuslar bo'yicha issiqlik o'tkazish koeffitsiyentlarining tahminiy nisbati quyidagicha:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Korpuslar bo'yicha issiqlik balanslarini tuzamiz.

Tahminiy hisoblarni soddalashtirish maqsadida issiqlik balanslarini issiqlik yo'qotilishini hisobga olmagan holda tuzamiz va bir korpusdan ikkinchisiga eritma o'rtacha qaynash temperaturasida o'tadi deb qabul qilamiz.

Shartga binoan 1 - korpusga bug'latish uchun eritmani qaynash temperaturasigacha qizdirilgan holda uzatiladi.

1 - korpusda issiqlik sarfining miqdori,

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 103 = 643000 \text{ Vt}$$

2 - korpusga eritma o'ta qizdirilgan holda beriladi va issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) = 0,324 \cdot 2234 \cdot 103 - 1,094190 \cdot 0,848 \cdot (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Vt}$$

1 - korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug' beradigan issiqlik miqdori

$$W_1 \cdot r_1 = 643000 \text{ Vt. Issiqlik kirishi va sarf bo'lishining farqi 1\%.$$

3 - korpusdagi issiqlik miqdorining sarfi

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 = G_3 \cdot c_3 \cdot (t_2 - t_3) = 0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Vt}$$

10. 1-korpusda isituvchi bug' sarfi

$$G_{ib} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ kg/s}$$

11. Foydali temperaturalar farqining korpuslar bo'yicha taqsimlanishi. Bu 2 usul yordamida qilish mumkin: hamma qurilmalarning isitish yuzasi bir xil bo'lgan sharoitda va umumiy isitish yuzasi eng kam bo'lgan sharoitlarda topish mumkin, ya'ni  $Q/K$  ga va  $\sqrt{Q/K}$  ga proporsionallik shartidan.

Proporsionallik faktorlarini topamiz:

| Nisbat     | $\frac{Q}{K}$                | $\sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3$ |      |
|------------|------------------------------|---------------------------------|------|
| 1 - korpus | $\frac{643000}{17000} = 378$ | 0                               | 615  |
| 2 - korpus | $\frac{657000}{990} = 664$   |                                 | 815  |
| 3 - korpus | $\frac{743000}{580} = 1280$  |                                 | 1131 |

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322 \quad \sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3 = 2561$$

Foydali temperaturalar farqi korpuslar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

korpuslarning isitish

umumiy isitish yuzasi

yuzasi bir xil variant

eng kam variant

$$\Delta t_1 = \frac{\frac{Q^1}{K^1} \Delta t}{\sum \frac{Q}{K}} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174; \quad \Delta t_1 = \frac{\sum \sqrt{\frac{Q^1}{K^1}} \cdot \Delta t}{\sum \frac{Q}{K}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,057$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,978;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174;$$

12. Har bir korpusning isituvchi yuzasi topiladi

korpuslarning isitish

umumiy isitish yuzasi

yuzasi bir xil variant

eng kam variant

$$F_1 = \frac{Q^1}{K^1 \cdot \Delta t^1} = \frac{643000}{1700 \cdot 8,174} = 46,27;$$

$$F_1 = \frac{Q^1}{K^1 \cdot \Delta t^1} = \frac{643000}{1700 \cdot 12,057} = 31,27;$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,22 ;$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 15,978} = 41,58 ;$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 46,28 ;$$

$$F_3 = \frac{743000}{990 \cdot 27,682} = 57,77 ;$$

$$\sum F = 138,8 \text{ m}^2$$

$$\sum F = 138,8 \text{ m}^2$$

Demak, korpuslarning bir xil issiqlik almashinish yuzalari bo'lganda, umumiy isitish yuzasi atigi 6% ga ko'pdir. Shuning

uchun, korpuslarning isitish yuzasi bir xil variant qabul qilinadi, chunki bu variant qurilmalarning bir xilligini taminlaydi.

Korpuslar bo'yicha bosim va ikkilamchi bug' temperaturasini tekshiramiz.

| Korpus | Qaynash temperaturasi<br>$\Delta t \text{ qay} = t_{gm} - \Delta \text{foyd}$ | Ikkilamchi bug' kondensatining temperaturasi °S<br>$t_0 = t_{qay} - \sum \Delta y_{o'q}$ | Bosim<br>Rabs<br>kgk/sm <sup>2</sup> |
|--------|---|--|--------------------------------------|
| 1      | 143,0 - 10,1 = 132,9  | 132,9 - 3,59 = 129,3   | 2,7                                  |
| 2      | 129,3 - 17,6 = 111,7  | 111,7 - 4,96 = 106,7   | 1,31                                 |
| 3      | 106,7 - 33,4 = 73,3   | 73,3 - 13,52 = 60,0  | 0,2                                  |

Shundan so'ng, atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini va temperatura, bosimlarning korpuslar bo'yicha taqsimlanishini bir muncha o'zgarganini hisobga olib, korpuslarning isitish yuzlari topilgani tufayli qurilmaning aniq hisobi o'tkaziladi.

## MASALALAR

26.1. Konsentratsiyasi 15 dan 70% gacha ortishi uchun 1000 kg qand eritmasining qancha suvini bug‘latish kerak?

26.2. 15% li qand eritmasining solishtirma issiqlik sig‘imini hisoblang.

26.3. 70% li kand eritmasining solishtirma issiqlik sig‘imini toping.

26.4. Qand eritmasi  $x_{bosh} = 15\%$  (quruq modda hisobida) dan  $x_{ox} = 65\%$  gacha atmosfera bosimida bug‘latish qurilmasida quyushtirilmokda. Qurilmaning isitish yuzasi  $G' = 65 \text{ m}^2$ , qaynatish trubasining uzunligi 3,5 m, isitish va bug‘latish davrlari uchun issiqlik o‘kazish koeffitsiyenti  $K = 1100 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ . Isituvchi agent sifatida temperaturasi  $140^\circ\text{S}$  bo‘lgan to‘yingan suv bug‘i ishlatilmokda.

Bug‘latish qurilmasiga eritma

a)  $t_0 = 20^\circ\text{S}$ ;

b)  $t_0 = t_{qay.}$ ;

v) qaynash temperaturasi  $20^\circ\text{S}$  dan ko‘p bo‘lgan uch variantda kirayotgan bo‘lsa, boshlang‘ich eritma hisobida qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

26.5. Boshlang‘ich eritma hisobida 2650 kg/soat miqdoridagi ish unumdorlikka ega bug‘latish qurilmasida yog‘sizlantirilgan sut bug‘latilmokda. Boshlang‘ich mahsulot konsentratsiyasi 5% (quruq modda hisobida). quyultirilganiniki esa – 29,5 % (quruq modda hisobida, KM).

Tayyor mahsulot bo‘yicha qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

26.6. Temperaturasi  $15^\circ\text{S}$  va boshlang‘ich konsentratsiyasi 7 % (KM) bo‘lgan 2,69 t/soat tomat sharbati atmosfera bosimida bug‘latish qurilmasida quyushtirilmokda. Sharbatning qaynash temperaturasi  $103^\circ\text{S}$ , isituvchi bug‘ bosimi  $r_{abs} = 295 \text{ kPa}$ , qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi  $52 \text{ m}^2$ , issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti  $974,4 \text{ Vt}/(\text{m K})$ . Atrof muhitga issiqlikning yo‘qotilishi  $12,2 \text{ kVt}$ .

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasini toping.

26.7. Kand eritmasi 15 dan 65% (KM) quyushtirish uchun, sirkulyatsion ko‘p kurpusli bug‘latish qurilmasida necha dona korpus bo‘lishi kerak.

Birinchi korpusda isituvchi bug‘ bosim  $r_{abs} = 323 \text{ kPa}$ , kondensatordagi qoldik bosim  $19,6 \text{ kPa}$ . Hamma korpuslardagi temperaturalar yo‘qotilishining yig‘indisi  $\sum \Delta t_{yo'q} = 41^\circ\text{S}$  deb qabul qilinsin. Har bir korpusdagi ruxsat olingan temperaturalar foydali farqi  $8^\circ\text{S}$  dan yuqori.

26.8 Boshlang‘ich konsentratsiya 10% (KM) 1000 kg/soat sarfda eritma 2-korpusli bug‘latish qurilmasida quyushtirilmokda 1-korpusda eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 15% (KM). 2- korpusda esa - 30% (KM) 1-korpusda qaynash temperaturasi  $100^\circ\text{S}$ , 2-da esa -  $95^\circ\text{S}$

2-korpusda bug‘latilgan suv miqdori aniqlansin.

26.9. Bir yo‘nalishli sxema bo‘yicha ishlovchi ikki korpusli bug‘latish qurilmasiga 1000 kg/soat miqdorida quyultirilgan glyukoza eritmasi berilmokda. Eritmaning boshlang‘ich konsentratsiyasi 8% (KM), oxirgisi esa - 30% (KM).

1-korpusda bug‘latish  $r = 98,1 \text{ kPa}$ ,  $t = 105^\circ\text{S}$ da, 2-korpusda esa –  $r = 29,4 \text{ kPa}$  va  $t = 80^\circ\text{S}$  da olib borilmokda.

2-korpusda 400 kg/soat miqdorda ikkilamchi bug‘ hosil bo‘lmokda, shundan bir qismi chetga (ekstra bug‘), boshqa zaruriyat uchun olinmokda. Chetga olinayotgan ekstra bug‘ miqdori aniqlansin.



26.10. Qand sharbati eritmasi 15 va 65% (KM) gacha bir yo‘lli uch korpusli bug‘latish qurilmasida bug‘latilmoqda. Boshlang‘ich eritma sarfi 5500 kg/soat va u bug‘latish qurilmasiga qaynash temperaturasi kiritilmoqda. Isituvchi bug‘ bosimi (1-korpus) rabs = 343 kPa, oxiri korpusdagi ikkilamchi bug‘ bosimi rabs=108 kPa. Hamma korpuslarniig issiqlik almashinish yuzasi teng bo‘lishi kerak. Ushbu jarayon uchun tabiiy, ichki sirkulyatsiyali bug‘latish qurilmalari qo‘llanilsin.

## 11-AMALIY ISH: MASSA ALMASHINISH JARAYONLARI. MASSA ALMASHINISH TURLARI.

I. Suyuqlik-gaz (bug‘) ikki komponentli sistemalarning tarkibini ifoda etish usullari 6-1 jadval keltirilgan.

6-1 jadval

| <i>N<sub>o</sub><br/>t/r</i> | <i>K o n s y e n t r a s i y a</i>              | <i>A-komponent konsentratsiyasining belgilanishi</i> |                   |
|------------------------------|---|--|-------------------|
|                              |   | <i>Suyuq fazada</i>                                  | <i>Gaz fazada</i> |
| 1.                           | Mol ulushi, kmol A/kmol(A + B)                  | $\frac{x}{x}$  | $\frac{x}{y}$     |
| 2.                           | Massaviy ulushi, kg A/k (A + B)                 | $x$  | $y$               |
| 3.                           | Nisbiy mol konsentratsiya ulushi, kmol A/kmol B |  |                   |
|                              | Nisbiy massaviy konsentratsiya                  | $X$  | $U$               |
| 4.                           | ulushi, kg A/ t B                               |  |                   |
|                              | Hajmiy mol konsentratsiya                       | $X$  | $U$               |
| 5.                           | kmol A/m <sup>3</sup> (A + B)                   |  |                   |
|                              | Hajmiy massaviy konsengra-                      | $S_x$  | $S_u$             |
| 6.                           | siya, kg A/m <sup>3</sup> (A + B)               | $S_x$  | $S_u$             |

2. Gaz fazadagi komponent konsentratsiyasi uniig parsial bosimi orqali ifodalanishi mumkin. Klapeyron va Dalton tenglamasiga binoan ideal gaz aralashmasining istalgan komponenti uchuch massaviy (hajmiy) ulushi quyidagicha topiladi:

$$y = \frac{P}{\Pi} \quad (6.1)$$

bu yerda  $r$  - gaz aralashmasi komponentining parsial bosimi;

$\Pi = r_A + r_B + r_S + \dots$  – gaz yoki bug‘lar aralashmasining umumiy bosimi bo‘lib, hamma komponentlarining umumiy bosimi.

3. Ideal eritmalar uchun fazalararo muvozanat qonuni.

a) Genri qonuni:

$$r^* = Y_E \cdot \chi \quad (6.2)$$

$r^*$  - gaz aralashma komponentining parsial bosimi;  $\chi$ - suyuqlikdagi komponentning mol ulushi;  $Y_E$ - Genri koeffitsiyenti, suyuqlik va gazning temperaturasi va xossalariga bog‘liq. Uning son qiymatlari ilovaning 74-jadvalida keltirilgan.

Agar (6.2) tenglamaga (6.1) ning  $r^* = u^*P$  ko‘rinishini qo‘ysak, quyidagi tenglamani olamiz:

$$u^* = t \cdot x \quad (6.3)$$

bu yerda  $u^*$  - suyuqlik bilan muvozanatdagi gaz fazadagi komponentning mol ulushi  $t = Y_E/P$  - o‘lchamsiz koeffitsiyenti  $t = \text{const}$  va  $P = \text{sonst}$  bo‘lganda gaz-suyuqlik sistemasi uchun o‘zgarmasdir.

b) Raul qonuni:

$$r^* = R \cdot x \quad (6.4)$$

bu yerda  $r^*$  - suyuqlik ustidagi muvozanat sharoitidagi bug'-gaz aralashmasi komponentining parsial bosimi;  $R$  - toza komponent to'yingan bug'ining bosimi - temperaturaga bevosita bog'liqdir;  $x$  - suyuqliqdagi komponentning mol ulushi.

Agarda,  $r^* = u^* P$  ni (6.4) tenglamaga qo'ysak quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$y^* = \bar{P} \cdot \chi \quad (6.5)$$

bu yerda  $u^*$  - suyuqlik bilan muvozanatdagi bug' fazadagi komponentning mol ulushi.

6. Fazalarni ajratuvchi yuza bo'ylab harakat qilganda, ularning konsentratsiyalari o'zgaradi. Natijada jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi xam o'zgaradi. Shu sababli, modda o'gkazishni asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi  $\Delta x_{ur}$  va  $\Delta u_{ur}$  kiritiladi:

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (6.6)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{ur}$$

bu yerda  $M$  - tarqalgan modda massasi, kg;  $A$  - fazalarni ajratuvchi yuzasi,  $m^2$ ;  $\Delta x_{ur}$  yoki  $\Delta u_{ur}$  - modda almashinish jarayonining o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi.

$$\Delta x_{ur} = \frac{\Delta \chi_{ka} - \Delta \chi_{kich}}{2.3 \cdot \lg \frac{\Delta \chi_{ka}}{\Delta \chi_{kich}}} \quad (6.7)$$

$$\Delta y_{ur} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{kich}}{2.3 \cdot \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{kich}}} \quad (6.8)$$

bu yerda  $\Delta u_{ka}$  - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi;  $\Delta u_{ka}$  - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Agarda,  $\Delta u_{ka} / \Delta u_{ka} < 2$  bo'lsa, texnikaviy hisoblar uchun modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi o'rtacha arifmetik qiymat orqali topiladi:

$$\Delta x_{ur} = \frac{\Delta \chi_{ka} + \Delta \chi_{kich}}{2} \quad (6.9)$$

$$\Delta y_{ur} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{kich}}{2} \quad (6.10)$$

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Suyuq aralashma tarkibi 58,8 % (mol) toluol va 41,2% (mol)  $CCl_4$  dan iborat. Toluolning nisbiy massaviy konsentratsiyasi

va ekstraksiyasi  $\bar{X} \left( \frac{kg.toluol}{kg.CCl_4} da \right)$  va uning hajmiy massaviy konsentratsiyasi  $C_x$  ( $kg/m^2$ ) aniqlansin.

**Yechish:**

Toluolning nisbiy massaviy konsentratsiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\bar{X} = \frac{M_{molx}}{M_{CCl_4} \cdot (1 - x)}$$

bu yerda  $M_{tol} = 92$  kg/kmol - toluolning mol massasi;  $M_{Cl_4} = 154$  kg/kmol;  $x$  - toluolning mol ulushi.

Son qiymatlarni formulaga qo'yib, quyidagi natijani olamiz:

$$\bar{X} = \frac{92 \cdot 0,588}{154 \cdot 0,412} = 0,853 \frac{kg.toluol}{kg.CCl_4}$$

Toluolning hajmiy massaviy konsentratsiyasi  $\bar{C}_x$  ni hisoblash uchun aralashmaning zichligi  $\rho_{ar}$  ni bilish zarur. Buning uchun, avval toluolning massaviy ulushi  $\bar{x}$  ni aniqlash kerak.

K.F.Pavlov va boshqalar kitobidagi [7] 6.2 - jadvaldan formula tanlab, so'ng hisoblanadi.

$$\bar{x} = \frac{X}{1 + \bar{X}} = \frac{0,853}{1,853} = 0,461$$

Ikkala fazalarning zichligi 28-jadvaldan topiladi:

|                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| toluol uchun                        | $\text{CCl}_4$ uchun           |
| $\rho_{tol} = 870 \text{ kg/m}^3$ ; | $\rho = 1630 \text{ kg/m}^3$ ; |

Aralashtirish paytida hajm o'zgarmaydi deb hisoblab, 1 kg aralashmaning hajmini anqlaymiz:

$$\frac{0,461}{870} = \frac{0,539}{1630} = 0,862 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Aralashmaning zichligi esa,

$$\rho_{ar} = \frac{1}{0,862 \cdot 10^{-3}} = \frac{1160 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

Aralashma zichligini boshqa usul bilan ham topsa bo'ladi:

$$\rho_{ar} = \frac{1 - \bar{X}}{\frac{1}{\rho_{\text{CCl}_4}} + \frac{1}{\rho_{\text{mol}}}} = \frac{1 + 0,853}{\frac{1}{1630} + \frac{1}{870}} = 1160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Toluolning hajmiy massaviy konsentratsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\bar{S} = \rho \cdot \bar{x} = 1160 \cdot 0,461 = 535 \text{ kg/m}^3$$

### MASALALAR

27.1. O'zaro hajmlari teng bo'lgan benzol va nitrobenzol suyuqliklari aralashtirilgan. Aralashmaning hajmi tashkil etuvchi komponentlar hajmlari yig'indisiga teng deb olib, aralashmaning zichligini, nitrobenzolning X solishtirma massaviy konsentratsiyasini va uning hajmiy molyar konsentratsiyasini  $C_x$  ni aniqlang.

27.2. Suyuq aralashmaning tarkibi quyidagilardan iborat: 20% xloroform, 40% atseton va 40% foizlar molekulyar holatda hisoblangan. Komponentlarni bir-biriga aralashtirish natijasida hajmlari o'zgarmaydi deb hisoblab, aralashmaning zichligini hisoblab toping.

27.3. Havo etil spirtining bug'i bilan to'yintirilgan. Bu havo-bug' aralashmasining umumiy bosimi 600 mm.sim.ust, temperaturasi 60°C. Ikkala tashkil etuvchilar ideal gaz hisoblanib, aralashmadagi etil spirtining nisbiy massaviy konsentratsiyasi Y va aralashma zichligini aniqlang.

27.4. Tarkibida 26% vodorod 60% metan va 14% etilen gazlari bo'lgan aralashma bosimi  $P_{abs} = 40 \text{ kgk/sm}^2$  va tsmper» tu. lsi 20°C (% molyar holatda hisoblangan). Aralashma gazlarini ideal hisoblab, ularning hajmiy massaviy konsentratsiyalarini  $C_y$  (kg/m<sup>3</sup>) aniqlang.

27.5. Atmosfera bosimi ostida binar aralashma bug'lari tarkibida 50% xloroform va 50% benzol bo'lgan, tarkibida 44% xlorofori va 56% (% molyar holatda hisoblangan) benzol bo'lgan suyuqlik bilan to'qnashmoqda.

- a) Xloroform va benzol qaysi aralashmadan qaysinisigaa tomon harakat qilishini;
- b) Bug' va suyuqlik fazalari bo'yicha bug'ninig suyuqlikka kirishida modda o'tkazish jarayonini harakatga keltiruvchi kuchning (molyar ulushda) aniqlang.

Muvozanat tarkibi bo'yicha ma'lumotlar 62 - jadvalda berilgan.

## 12-AMALIY ISH: ABSORBSIYA. REKTIFIKATSIYA VA HAYDASH.

Modda o'tkazish va berish koeffitsiyentlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun fazalarni ajratib turuvchi yuzada muvozanat xolati o'rnatilgan deb faraz qilinadi. Bu hol fazalarni

ajratuvchi chegaradan moddaning o'tishiga qarshilik yo'q degan ma'noni bildiradi. Natijada fazaviy qarshiliklarning additivlik qoidasi kelib chiqadi. Asosan  $K$  va  $\beta$  o'rtasida quyidagi bog'liqliklar bor:

Agarda, asosiy diffuziya qarshiligi gaz fazada, ya'ni

$$\frac{m}{\beta_x} \ll \frac{1}{\beta_y} \quad (6.13)$$

bo'lsa,

$$K_u \approx \beta_u \quad (6.14)$$

Agarda, asosiy diffuziya qarshiligi suyuqlik fazada, ya'ni

$$\ll \frac{1}{\beta_x} \quad (6.15)$$

bo'lsa,

$$K \approx \beta_u \text{ bo'ladi} \quad (6.16)$$

Olingan natijalarni va (6.11) - (6.12) formulalar tahlil qilinsa, quyidagi ko'rinishdagi tenglama kelib chiqadi:

$$K_y = \frac{K_x}{m} \quad (6.17)$$

8. Turg'un modda almashinish jarayonlarining o'xshashlik diffuzion kriteriyalari. Nussult diffuziya kriteriyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (6.18)$$

Pekle diffuziya kriteriyasi esa:

$$Pr = \frac{w \cdot l}{D} \quad (6.19)$$

Prandtl diffuziya kriteriyasi esa:

bu yerda  $\nu$  - kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti,  $m^2/s$ ;  $D$  molekulyar diffuziya koeffitsiyenti,  $m^2/s$ .

9. Agarda, biror  $A$  gazning  $V$  gazda (yoki  $V$  gazning  $A$  gazdagi) molekulyar diffuziya koeffitsiyentlarining tajribaviy natijalari yo'q bo'lsa, uning koeffitsiyentini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$D_g = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{1,5}}{\rho \cdot (V_A^{0,33} + V_V^{0,33})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_V}} \quad (6.21)$$

Bu yerda  $D_g$  - diffuziya koeffitsiyenti,  $m^2/s$ ;  $T$  - temperatura K;  $R$  - bosim (absolyut),  $kgk/sm^2$ ;  $M_A$ ,  $M_V$  -  $A$  va  $V$  gazlarning mol massasi;  $v_A$ ,  $v_B$  -  $A$  va  $V$  gazlarning mol hajmi.

Biror  $T_1$  temperatura bosimi  $R_1$  da diffuziya koeffitsiyenti  $D_1$  ma'lum bo'lsa,  $T_1$  va  $R_2$  dagi diffuziya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida topilishi mumkin:

$$D_2 = D_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1,5} \quad (6.22)$$

Temperaturasi  $20^\circ S$  suyuqlikdagi diffuziya koeffitsiyentini ushbu formula orqali tahminan hisoblash mumkin:

$$D_s = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu \cdot (V_A^{0,33} + V_V^{0,33})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_V}} \quad (6.23)$$

bu yerda  $\mu$  - dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Suvda erigan ba'zi moddalar uchun A ko'effitsiyentning son qiymatlari:

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Gazlar uchun          | A = 1,0  |
| Etil spirti uchun     | A = 1,24 |
| Metil spirti uchun    | A = 1,29 |
| Sirka kislotasi uchun | A 1,27   |

V ko'effitsiyentning son qiymatlari:

|   |          |
|---|----------|
| Suv uchun                               | V = 4,7  |
| Etil spirti uchun                       | V = 2,0  |
| Metil spirti uchun                      | V = 2,0  |
| Atseton uchun                           | V = 1,15 |
| Assotsiatsiyalanmagan suyuqliklar uchun | V = 1,0  |

Ma'lum bir  $t$  temperaturada suyuqlikda erigan gazning diffuziya ko'effitsiyenti  $D$  ning diffuziya ko'effitsiyenti  $D_{20}$  ( $20^{\circ}\text{S}$  temperaturada) bilan bog'liqligi ushbu tahminiy formula orqali ifodalanadi:

$$D_1 = D_{20} \cdot [1+b \cdot (t-20)] \quad (6.24)$$

bu yerda  $b$  - temperatura ko'effitsiyenti va u ushbu empirik tenglama yordamida aniqlanishi mumkin.

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** 1000 m<sup>3</sup>/soat miqdordagi gaz aralashmasidan butan va propanni to'liq ajratib olish uchun mol massasi 224 kg/kmol- suyuqtuvchining nazariy minimal sarfi aniqlansin. Gaz aralashmasi tarkibida 15% (hajmiy) propan va 10% (hajmiy) butan bor. Absorber ichidagi bosim 3 kgk/sm<sup>2</sup>, temperatura esa 30°C. Propan va butanning yutuvchida erishi Raul qonuni bilan ifodalanadi.

**YE ch i sh :**

Skrubberdan oqib chiqayotgan yuvuvchi tarkibidagi propanning maksimal konsentratsiyasi (6.5) formuladan topiladi:

$$x_p^* = \frac{P}{R_p} \cdot y_p = \frac{294}{981} \cdot 0,15 = 0,045$$

bu yerda  $r_p = 981$  kPa (10 kgk/sm<sup>2</sup>) - 30°C temperaturadagi propanning to'yingan bug'i bosimi.

Gaz aralashmadan yutilishi kerak bo'lgan propan miqdori ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$G_p = \frac{V \cdot y_p}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,15}{22,4} = 6,7 \text{ soat} \quad \text{kmol}$$

Propanni yutish uchun yutuvchining minimal sarfi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\frac{L_{min} \cdot x_p}{1 - x_p} = G_p$$

Undan

$$L_{min} = \frac{G_p \cdot (1 - x_p^*)}{x_p^*} = \frac{6,7 \cdot 0,955}{0,045} = 142 \text{ soat} \quad \text{kmol}$$

yoki

$$142 \cdot 224 = 31800 \text{ kg/soat}$$

Skrubberning pastki qismidan oqib chiqayotgan yutuvchi tarkibidagi eng ko'p bo'lishi mumkin bo'lgan butan konsentratsiyasi quyidagi hisoblanadi:

$$x_b^* = \frac{P}{R_b} \cdot y_b = \frac{294}{265} \cdot 0,10 = 0,11$$

bu yerda  $r_b = 265$  kPa - 30°C temperaturadagi butanning to'yingan bug'i bosimi. Yutilayotgan butan miqdori

$$G_b = \frac{V \cdot y_b}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,10}{22,4} = 4,47 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butanni yutish uchun yutuvchining minimal sarfi ushbu tenglamadan topiladi:

$$L_{\min} = \frac{G_b \cdot (1 - x_b^*)}{x_b^*} = \frac{4,47 \cdot 0,89}{0,11} = 36,1 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Propan uchun

$$L_{\min} = 142 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butan uchun

$$L_{\min} = 36,1 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butanni to'liq yutishi uchun zarur yutuvchining minimal sarfi, propanni yutishga keragidan ancha kam bo'ladi

Demak, miqdordagi yutuvchida butan to'liq yutiladi.

### NASADKALI ABSORBERLARNI HISOBLASH

Absorberdan gaz o'tganda naporning yo'qotilishi sodir bo'ladi. Uning miqdori nasadkaning harakteriga gazning tezligi, namlanish zichligiga bog'liq. Quruq nasadkadagi naporning yo'qotilish yoki quruq nasadkaning qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta R_k = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (6.26)$$

bu yerda  $H$  - nasadka qatlamining balandligi, m;  $d_e = 4 \cdot \varepsilon / a$

nasadka elementlari tashkil qilgan kanallarning ekvivalent diametri, m;  $w - w_0 \cdot \varepsilon$  - nasadka qatlamidagi gazning haqiqiy tezligi m/s,  $\varepsilon$  - nasadkalar orasidagi bo'shliq;  $a$  - nasadkalarining solishtirma yuzasi,  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ;  $\lambda$  - ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimning yo'qotilishini hisobga oluvchi qarshilik koeffitsiyenti.

Qarshilik koeffitsiyenti  $\lambda$  ning qiymati  $Re$  kriteriyisiga bog'liq. U nasadkaning turli elementlari uchun gazning harakat rejimiga bog'liq bo'lib, asosan empirik tenglamalar bilan aniqlanadi:

Agarda  $Re < 40$ , ya'ni laminar rejim bo'lsa,

$$\lambda = \frac{140}{Re} \quad (6.27)$$

Turbulent rejimdagi gazning harakati uchun, ya'ni  $Re > 40$  bo'lsa:

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0,2}} \quad (6.28)$$

Kolonnada -tartibsiz joylashtirilgan xalqali nasadkalar uchun

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0,375}} \quad (6.29)$$

Namlangan nasadkalar gidravlik qarshiligi  $\Delta p_x$  quruq, nasadkalaridan katta, chunki suyuqlik ma'lum miqdori nasadkaning xo'llanishi natijasida uning yuzasida va uning tor kanallarida ushlanib qoladi. Xo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi  $\Delta p_x$  ushbu taxminiy empirik formula orqali topiladi:

$$\Delta p_x = 10^{bu} \cdot \Delta p_k \quad (6.30)$$

bu yerda  $i$  - namlash zichligi,  $\text{m}^3/\text{m}^2$ ;  $b$  - nasadkaning kattaligi va namligiga qarab tajriba orqali aniqlanadigan koeffitsiyent.

Namlangan faza  $a_n$  ning hamma nasadka elementlarining solishtirma yuzasining  $a$  ga nisbati nasadkaning namlash koeffitsiyenti  $\Psi$  ni beradi:

$$\Psi = \frac{a_n}{a}$$

Nasadkaning namlanish koeffitsiyenti quyidagi tenglama bilan aniqlanishi ham mumkin

$$\psi = 1 - \Phi \cdot e^{-m}$$

Daraja ko'rsatkichi  $t$  ning qiymati:

$$m = c \cdot \text{Re}_c^n = c \cdot \left( \frac{4 \cdot u \cdot \rho}{a \cdot \mu} \right)$$

Nasadkaning turiga qarab,  $A$ ,  $c$  va  $p$  larning miqdori maxsus adabiyotlardan topiladi. Masalan, Rashina halqasi uchun  $A=1,02$ ,  $c=0,16$ ;  $t=0,4$

Absorbreninig diametri quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$u = \frac{L_o}{0,785 \cdot L^2}$$

bu yerda  $L$  - absorberdagi hajmiy sarf,  $m^3/s$ .

Absorberning ish balandligi nasadkalarining hajmiga qarab aniqlanadi. Nasadkaning hajmi esa, o'z navbatida, xuddi shu nasadka uchun uning modda o'tkazish yuzasiga bog'liq. Bu holda nasadkaning hajmi:

$$V_{nac} = H \cdot S = \frac{F}{a \cdot \psi}$$

Bu yerda  $S$  - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi  $m^2$ ;

Modda o'tkazish yuzasi esa, modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi  $F$  ning qiymatini (6.35) tenglamaga qo'yib, absorberning balandligini aniqlash mumkin.

$$H = \frac{V_{nac}}{S} = \frac{F}{S \cdot a \cdot \psi} = \frac{M_i}{S \cdot a \cdot \psi \cdot K_y \cdot \Delta y_{yp}}$$

Modda o'tkazish koeffitsiyentlari  $K_x$ ,  $K_u$  larni hisoblashda, gaz fazadagi modda berish koeffitsiyenti  $\beta_2$  tartibsiz o'rnatilgan nasadkalar uchun quyidagi kriterial tenglamadan aniqlanadi.

$$Nu'_2 = C \cdot \Gamma \cdot \varepsilon_2^{0,665} \cdot (Pr')^{0,33}$$

Gaz fazasi uchun balandlik birligidan o'tayotgan gaz fazasidagi o'tkazish sonning balandligi quyidagicha:

$$h_2 = 0,615 \cdot d_3 \cdot \text{Re}_2^{0,345} \cdot (Pr')^{0,66}$$

Tartibli joylashtirilgan nasadkalar uchun

$$Nu'_2 = 0,167407 \cdot \text{Re}_2^{0,74} \cdot (Pr')^{0,33} \cdot \left( \frac{l}{d_3} \right)^{0,47}$$

yoki

$$h_2 = 1,5 \cdot d_3 \cdot \text{Re}_2^{0,26} \cdot (Pr')^{0,67} \cdot \left( \frac{l}{a_3} \right)^{0,47}$$

bu yerda  $h$  - nasadkaning balandligi

tenglamalari topilgan  $Na_g = \beta_g d_e D$  va  $Re_r = w_0 d_{ye} p_g / \varepsilon \cdot \mu_g$  kriteriyalarda aniqlovchi geometrik kattalik sifatida nasadkaning ekvivalent diametri olinadi ( $d_e = 4\varepsilon/a$ ) Halqasimon nasadkalar uchun suyuqlik fazasidagi modda berish koeffitsiyentlarining birlik yuzasiga bo'lgan nisbati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Nu'_c = 0,0021 \cdot Re_c^{0,75} \cdot (Pr')^{0,3}$$

bu yerda

$$Nu_c = \frac{f_c \cdot \delta_\kappa}{D_c}$$

bu yerda  $Nu_c$  - Nusselt kriteriysi hosil bo'lgan yupqa qatlam qalinligi uchun hisoblangan. Suyuq fazadagi o'tkazish sonining balandligi esa:

$$h_2 = 119 \cdot \nu_\kappa \cdot Re_c^{0,25} \cdot (Pr'_c)^{0,5}$$

## MASALALAR

31.1.  $CCl_4$  bug'i havo bilan absolyut 0 simi  $10 \text{ kgk/sm}^2$  gacha siqilib, trubali sovutgichda suv bilan sovutilmoqda.  $40^\circ\text{C}$  da  $CCl_4$  ning kondensatsiyalanishi boshlanadi.

- Boshlang'ich aralashmada  $CCl_4$  ning massaviy foizini ajrating.
- $27^\circ\text{C}$  gacha sovutilgandan so'ng gaz aralashmasidan ajratib chiqarish ko'rsatgichini aniqlang.

$CCl_4$  ning to'yingan bug'i bosimi I7 yoki I8 — rasmlardan olinadi.

31.2 Tarkibida 0,8% (% xajmiy) oktan bo'lgan gaz aralashma kompressor yordamida  $p_{\text{abs}} = 5 \text{ kgk/sm}^2$  gacha siqilib, so'ng esa  $25^\circ\text{C}$  gacha issitilmoqda. Oktanning ajratish ko'rsatgichini aniqlang. Agar siqilgan gaz aralashma sovutuvchi agent yordamida  $25^\circ\text{C}$  gacha temperaturasi pasaytirilsa, uning ajratish ko'rsatgichi qanchaga o'zgaradi? Oktanning to'yingan bug'ining bosimi I7 rasm, 31 nuqtadan aniqlanadi.

31.3 a) Temperaturasi  $100^\circ\text{C}$  bo'lganda benzol bug'ining toloul bug'idagi; b) Temperaturasi  $92^\circ\text{C}$  bo'lganda etil spirt bug'ining suv bug'idagi molekulyar diffuziya koeffitsientlarini atmosfera bosimiga tegishli bosim uchun aniqlang.

31.4 Agarda, absorberda suv purkalib brilayotgan paytidagi  $\beta_y = 2,7610^{-3} \text{ kmol/(m soat kP)}$  va  $\beta_x = 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  bo'lsa, modda o'tkazish koeffitsiyentini aniqlang. Qurilmadagi bosim  $p_{\text{abs}} = 1,07 \text{ kgk/sm}^2$  g ga teng. Muvozanat chiziq tenglamasi mol ulushda bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega:  $y^* = 102x$

31.5 Temperaturasi  $20^\circ\text{C}$  bo'lgan uglerod dioksidi fasadkali absorberda suvda yutilayotgan paytida, suyuq fazaning modda berish koeffitsiyentini hisoblab toping. Suyuqlik purkash zichligi  $60 \text{ m}^3/\text{soat}$ . Keramik xalqalar o'lchami  $35 \times 35 \times 4 \text{ mm}$  bo'lib, ular qurilmaga tartibsiz joylangan. Nasadkaning ho'llanish koeffitsiyenti  $\Psi = 0,86$ .

## REKTIFIKATSIYA VA HAYDASH

1. Oddiy haydash tenglamasi:

$$\ln \frac{F \cdot x_p}{W \cdot x_v} \int \frac{dx}{y^* - x} \quad (7.1.)$$

Bu yerda  $F$  - haydalgan aralashmaning boshlang'ich miqdori;  $W$  - haydash jarayonidan so'ng kubda qolgan suyuqlik miqdori,  $u$  va  $x$  - bug' va suyuqlikdagi yengil uchuvchan komponentning muvozanat konsentratsiyalari;  $x_r$  - boshlang'ich aralashmadagi yengil uchuvchan komponent miqdori;  $x_w$  - haydash jarayonidan so'ng hosil bo'lgan qoldiqlikda yengil uchuvchan komponent miqdori.

Haydalgan suyuqlikning o'rtacha tarkibi quyidagi formula orqali topiladi:

$$x_{\text{H}} = \frac{F \cdot x_p - W \cdot x_v}{F - W} \quad (7.2)$$



2. Suvda erimaydigan suyuqliklarni bug' yordamida haydash paytidagi bug'ning sarfi ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$G_B = G \frac{M_B \cdot (n - m)}{M \cdot P \cdot \varphi} \quad (7.3)$$

bu yerda  $G_B$  - haydalgan suyuqlik bilan ketayotgan suv bug'i miqdori kg;  $M$  va  $M_B$  suv va haydalgan aralashmaning mol massasi;  $R$ -haydash temperaturasi;  $n$ -haydalayotgan suyuqlik to'yingan bug'ning bosimi  $P$ -aralashma bug'larining umumiy bosimi;  $\varphi$  – 0,7- 0,8.

Ikki komponentli A va V fazalarning tarkibi mol foizlar (% mol) va ulushlarda:

$$x_{mol} = \frac{\text{kmol} A}{\text{kmol} (A + B)} \cdot 100 \quad (7.4)$$

massaviy foiz (% mas) va ulushlarda:

$$x_{mas} = \frac{\text{kg} A}{\text{kg} (A + V)} \cdot 100 \quad (7.5)$$

hajmiy foiz (% hajm) va ulushlarda:

$$x_{hajm} = \frac{m^3 \cdot A}{m^3 \cdot (A + V)} \cdot 100 \quad (7.6)$$

ifodalanishi mumkin. Bu yerda  $x$  – suyuq fazadagi yengil uchuvchan A komponentning konsentratsiyasi.

Konsentratsiyalar o'rtasidagi nisbatlar quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x_{hajm} = \frac{x_{hajm} \cdot \rho_D}{\rho_{AXhajm}} \quad (7.7)$$

$$x_{hajm} = \frac{x_{mas} \cdot \rho_{AXhajm}}{\rho_A} \quad (7.8)$$

bu yerda – 20°S temperaturada toza komponent A ning zichligi, kg/m<sup>3</sup> (14-jadvaldan topiladi);

$\rho_{AXhajm}$  – 20°S hajmiy konsentratsiyada A komponentning zichligi, kg/m<sup>3</sup> (23-jadvaldan topiladi)

$$x_{mol} = \frac{\frac{x_A \cdot 100}{M_A}}{\frac{x_{mas}}{M_A} + \frac{100 - x_{mas}}{M_B}} \quad (7.9)$$

$$x_{mol} = \frac{x_{mol} \cdot M_A \cdot 100}{x_{mol} \cdot M_A + (100 - x_{mol}) \cdot M_B} \quad (7.10)$$

$M_A$  va  $M_B$  - A va B toza komponentlarning mol massasi, kg/mol (20-jadvaldan olinadi).

Suv spirt aralashmasi uchun massaviy foizdan mol foizga o'tish ushbu formula yordamida amalga oshirilishi mumkin:

$$x_{mol} = \frac{x_{mas}}{256 - 1,58 \cdot x_{mas}} \quad (7.11)$$

Binar aralashmalar mol massasi (kg/kmol) quyidagi formuladan topiladi:

$$M = \frac{100}{\frac{x_{mas}}{M_A} + \frac{100 - x_{mas}}{M_B}} \quad (7.12)$$

3. Uzluksiz ishlatiladigan rektifikatsiya kolonnasining moddiy balans tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$G_{bosh} = G_D + G_k \quad (7.13)$$

$$G_{bosh} \cdot x_{bosh} = G_D \cdot x_D + G_k \cdot x_k \quad (7.14)$$

bu yerda  $G_{bosh}$ ,  $G_D$ ,  $G_k$  aralashma, distillyat va kub qoldiqlarining massaviy yoki mol sarf  $x_{bosh}$ ,  $x_D$ ,  $x_k$  – aralashma, distillyat va kub qoldiqlariga yengil uchuvchan komponentning massaviy yoki mol miqdori.

4. Ish chiziq tenglamalari:

a) Kolonnaning yuqorigi bug' tarkibini oshiruvchi qismi uchun ish chiziq'i quyidagicha aniqlanadi.

$$(7.15)$$

b) kolonnaning eng pastki qismi uchun ish chiziq'i tenglamasi ushbu ko'rinishga ega:

$$U = \frac{R + F}{R_F + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_U \quad (7.16)$$

Rektifikatsion kolonnalarda, nazariy tahlillar asosida, uning butun balandligi bo'yicha suyuqlik va bug'ning mol sarflar o'zgarmas deb qabul qilinadi.

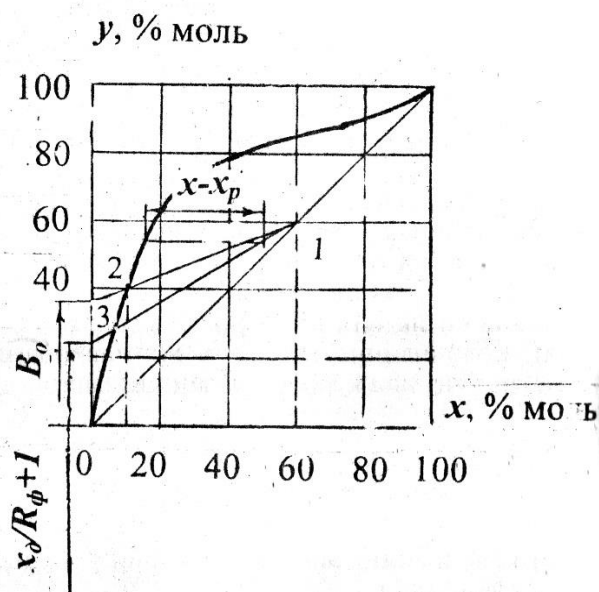
Agarda, nisbiy mol sarflar ko'llanilsa, (7.13) va (7.14) tenglamalar quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$F = 1 + W \quad (7.17)$$

$$F \cdot x_F = x_D + W \cdot x_W \quad (7.18)$$

bu yerda

$$W = \frac{G_W}{G_D} = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}$$



Минимал ва оптимал флегма со'ни аниқловчи  $x - y$  диаграмма

5. Muvozanat egri chizig' da sinish nuqtalari bo'lganda, uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning minimal flegma soni  $R_{min}$  quyidagi tenglamadan topiladi. (7.1 rasm);

$$R_{min} = \frac{x_D - y_p^x}{y_p^x - x_p} \quad (7.19)$$

bu yerda  $x_D$  – yengil uchuvchan komponentning distillyatdagi mol ulushi,  $x_G$  – xuddi shu, faqat kolonnaning boshlang'ich suyuqligida;  $x_G$  – xuddi shu, faqat boshlang'ich suyuqlikning muvozanat bug'ida.

Minimal flegma soni:

$$R_{min} = \frac{x_D - B_0}{B_0} \quad (7.19a)$$

Formula yordamida ham hisoblash bo'ladi.  $V_0$  - 7.1 – rasmdan, muvozanat chizig'ining ordinata o'qilagi kesmasining qiymati. Haqiqiy flegma soni tahminiy usul bilan ushbu tenglikdan topiladi ya'ni,

$$R = \varphi \cdot R_{min} \quad (7.20)$$

Bu yerda  $\varphi > 1$  – flegmaning ko'proq olinishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, odatda  $\varphi = 1.04 - 1.05$ .

Rektifikatsion kolonnalarni hisoblashda flegmaning haqiqiy soni quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

6. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna uchun quyidagi issiqlik balansini tuzish mumkin:

$$Q_K + Q_F \cdot i_F = Q_D + G_D \cdot i_D + G_W \cdot i_W + Q_{yuk} \quad (7.21)$$

Bu yerda  $Q_K$  – qaynayotgan suyuqlikga isituvchi bug'dan o'tayotgan issiqlik miqdori, Vt;  $Q_D$  – deflegmatorda kondensitsiyalanayotgan bug'lardan sovituvchi suv yordamida olinayotgan issiqlik miqdori, V;  $Q_{yuk}$  – atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, Vt;  $i_G, i_d, i_W$  – boshlang'ich suyuqlik, distillyat va kub qoldig'i entalpiyalari.

Olingan (7.21) tenglamadan  $Q_K$  ni topish mumkin:

$$Q_K = Q_D + G_D \cdot t_D + G_W \cdot c_W \cdot t_W + G_F \cdot c_F \cdot t_F + Q_{yuk} \quad (7.22)$$

Bu yerda  $c_D, c_G, c_W$  o'rtacha solishtirma sig'imlar, J/(kg·K)  $t_D, t_G, t_W$  tegishli temperaturalar, °C.

Deflegmatorda sovituvchi suvga o'tgan issiqlik sarjlari ushbu formulada xisoblanadi:

$$Q_D = G_D \cdot (1 + R) \cdot r_D \quad (7.23)$$

$R$  – flegma soni;  $r_D$  – deflegmatorda bularning kondensatsiyalash solishtirma issiqligi, J/kg.

7. Tarelkali rektifikatsion kolonnaning diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (7.24)$$

Bu yerda  $V$  – kolonnadan o'tgan bug' sarfi, m<sup>3</sup>/s;  $w$  – bug' tezligi m/s.

Ko'p qo'llaniladigan bug'ning tezligi esa, ushbu formuladan topiladi:

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c - p_b}{p_b}} \quad (7.25)$$

Agarda  $r_c \gg r_b$  bo'lsa,

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c}{p_b}} \quad (7.26)$$

8. Rektifikatsion kolonna balandligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$H_T = (n - 1) \cdot h \quad (7.27)$$

$n$  – tarelkalar soni,  $h$  – tarelkalar orasidagi masofa. Tahminiy hisoblar uchun tarelkalar sonini ularning o'rtacha f.i.k orqali aniqlash mumkin:

$$n = \frac{n_T}{\eta}$$

$n_T$  - tarekalarining nazariy soni.

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Benzon 40% (mol) va toluoldan 60% (mol) tashkil topgan.  $60^\circ$  S li suyuq aralashma uchun bug' fazasining muvozanat tarkibi hisoblansin. Aralashma Raul qonuni bilan karakterlanadi. Atmosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura  $90^\circ$  S da qaynaydigan, benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi aniqlansin.

**Yechish:**

Ilg' rasmidan  $60^\circ$  S uchun benzoliga toluolning to'yingan bug'larining bosimini topamiz: benzol uchun -  $R_B = 385$  mm.sim.ust. va toluol uchun -  $R_T = 140$  mm.sim.ust

Benzol va toluol uchun parsial bosimlar ushbu formaladan aniqlanadi:

$$P_b = P_b \cdot x_b = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ mm. sim. ust}$$

$$P_T = P_T \cdot x_T = P_T \cdot (1 - x_b) = 140 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ mm. sim. ust}$$

Umumiy bosim esa,

$$P = r_b + r_T = 154 + 84 = 238 \text{ mm. sim. ust}$$

Bug' fazasining tarkibi ushbu tenglama orqali aniqlanadi:

$$y_b = \frac{p_b}{P} \cdot \frac{154}{238} = 0,648$$

Demak, muvozanatdagi bug' tarkibida 64.8% (mol) benzol va 35.2% (mol) toluol bor.

Artosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura  $90^\circ$  S da kaynaydigan, benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi uchun ushbu tenglamani yozamiz:

$$P = r_b \cdot x_b + R_T \cdot x_T$$

Yoki

$$760 = 1013 \cdot x_b + 408 \cdot (1 - x_b)$$

$$\text{Undan } x_B = 58,3 \% ; x_T = 41,7 \%$$

Bu yerda: 1013 va 408 (mm.sim.ust.) – toza benzol va toluolning  $90^\circ$  S dagi to'yingan bug'larning bosimi.

**2-masala.** Aralashma raul qonuni bilan karakterlanadi. Atmosfera bosimida benzol-toluol aralashmasi uchun t – x, y va y\* - x koordinatalarida muvozanat diagrammasini quring va fazalarning muvozanat tarkibini hisoblang.

**Yechish:**

Fazalarning muvozanat tarkibi quyidagicha aniqlanadi:

$$r_b = R_b \cdot x ; r_T = R_T \cdot (1 - x)$$

Dalton qonuniga binoan

$$P = r_b + r_T = R_b \cdot x + R_T \cdot (1 - x)$$

Bunda

$$x = \frac{P - R_T}{R_b - R_T}$$

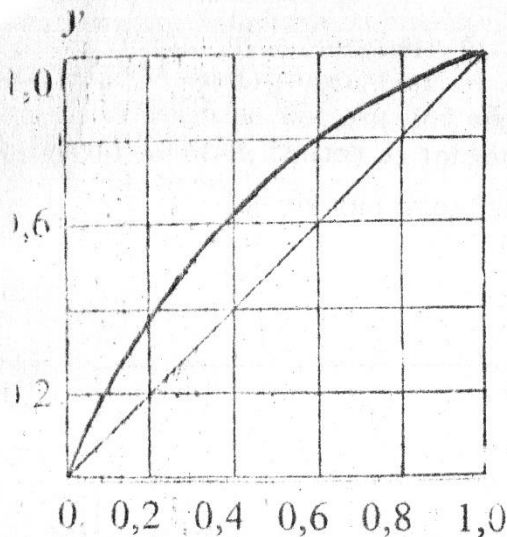
(6.5) formulaga binoan

$$y = \frac{R_b}{P} \cdot x$$

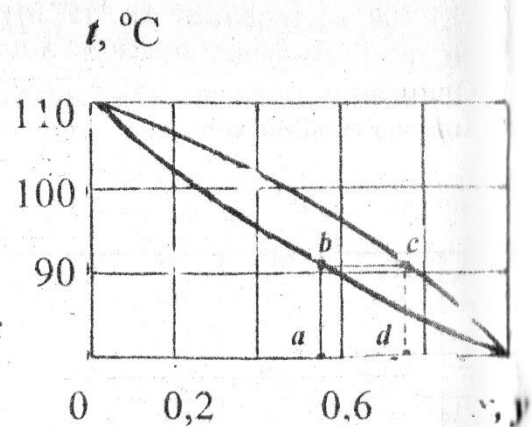
Olingan natijalar 7.1 – jadvalda keltirilgan va 7.2, 7.3 rasmlarda grafik holida tasvirlangan.

| t, °C | R <sub>b</sub><br>mm.<br>Simob<br>ustuni | R <sub>T</sub><br>mm.<br>Simob<br>ustuni | P<br>mm.<br>Simob<br>ustuni | $x = \frac{P - R_T}{R_b - R_T}$       | $y = \frac{R_b}{P} \cdot x$           |
|-------|--|--|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 80    | 760                                      | 300,0                                    | 780                         | 1                                     | 1                                     |
| 84    | 852                                      | 333,0                                    | 760                         | $\frac{760 - 333}{852 - 333} = 0,823$ | $\frac{852}{760} \cdot 0,823 = 0,922$ |

|     |      |       |     |  |  |
|-----|------|-------|-----|--|--|
| 88  | 957  | 379,5 | 760 | $\frac{760 - 379,5}{957 - 379,5} = 0,659$  | $\frac{957}{760} \cdot 0,659 = 0,830$  |
| 92  | 1078 | 432,0 | 760 | $\frac{760 - 432}{1078 - 432} = 0,508$     | $\frac{1078}{760} \cdot 0,508 = 0,720$ |
| 96  | 1204 | 492,5 | 760 | $\frac{760 - 492,5}{1204 - 492,5} = 0,376$ | $\frac{1204}{760} \cdot 0,376 = 0,596$ |
| 100 | 1344 | 559,0 | 760 | $\frac{760 - 559}{1344 - 559} = 0,256$     | $\frac{1344}{760} \cdot 0,256 = 0,453$ |
| 104 | 1495 | 625,5 | 760 | $\frac{760 - 625,5}{1495 - 625,5} = 0,155$ | $\frac{1495}{760} \cdot 0,155 = 0,304$ |
| 108 | 1659 | 704,5 | 760 | $\frac{760 - 704,5}{1659 - 704,5} = 0,058$ | $\frac{1659}{760} \cdot 0,058 = 0,128$ |
| 110 | 1748 | 760,0 | 780 | 0  | 0                                      |



7.2-расм.  $y^* - x$  диаграмма.



7.3-расм.  $t - x, y$  диаграмма.  
(7.15 - масалага ҳам ой.)

3-масала. Кондесатордан чиқайотган дистиллят концентрацияси  $x = 71,2\%$  (hajmiy) flegma soni  $R_{\min}$  bo'lsa, deflegmatorga kirayotgan bug' konsentrasiyasi va flegmadagi etil spirt konsentrasiyasi aniqlansin.

Yechish:

Hisoblash ketma-ketligi quyidagicha bo'ladi:

1. (7.1) va (7.8) formulalar orqali % (hajmiy) konsentrasiyasi % (mass) va (mol) larga qayta hisoblanadi.

$$x_D = 71,2\% \text{ (hajmiy)} = 63\% \text{ (mas)} = 40,8\% \text{ (mol)}$$

2. 27-jadval ma'lumotlari asosida  $t - x, y$  diagramma ko'riladi (7.3-rasm). Ushbu diagrammadan, distillyat konsentratsiyasi  $x_d = 40,8\%$  (mol) uchun flegmani konsentratsiyasi  $x_f = 8,0\%$  (mol) topamiz.

3.  $a + b = (40,8 - 8,0) = 32,8\%$  (mol) kesmaning qiymati topiladi.

Flegma soni

$$R_f = 1,9 = \frac{a}{b} \quad da$$

$$\frac{a}{1,9} + a = 32,8\%$$

Demak,  $a = 21,5\%$

Kesma  $a$  ning qiymati nuqta 1 ning o'rnini aniqlashga yordam beradi va unga qarab bug'ning konsentratsiyasi  $U_b = 19,6\%$  (mol) yoki  $38,2\%$  (mass) topiladi.

### MASALALAR

32.1 Benzol va toluol aralashmasi 760mm.si ust bosimi ostida va  $95^{\circ}\text{C}$  temperaturada qaynalmoqda.  $95^{\circ}\text{C}$  temperaturada benzolning tuyingan bug'i bosimi 480 mm sim ust niga teng . Aralashma Raul qonuni buyicha xarakterlanadi deb xisoblab,qaynayotgan suyuqlikning tarkibini aniqlang.

Agarda suyuqlikdagi touol miqdori 2 barobar kam bo'lsa, shu temperaturatura suyuqlik qanday bosimda qaynashi mumkin?

32.2  $50^{\circ}\text{C}$  temperaturada metil spirti-suv aralashmasi uchun suyuqlik va bug' muvozanat holat tarkiblarini quyidagi 2 shart bo'yicha aniqlang: a) 300mm.sim.ust. bosim ostida va b) 300mm.sim.ust bosimi ostida bo'lganda aniqlang. Aralashma Raul qonuni bo'yicha xarkatlanadi deb olinsin. d)holat buyicha olingan malumot izohlab berilsin.

32.3 Raul qonunini qullash mumkin deb hisoblab, teksantepgan aralashmasi uchun umumiy bolim  $2 \text{ kgk/s m}^2$  bo'lganda x-u muvozanat holat egri chig'ini quring. Tashkil etuvchilarning alohida olingan tuyingan bug'lar. Bosimlarini nomogrammadan oling (I7-rasm)

32.4 Suyuq aralashma 10%(mol) suvchan ,50% (mol) sirka kislatasi va 40%(mol) atsetondan tashkil topgan bo'lib, temperaturasi  $80^{\circ}\text{C}$  ga teng. Aralashmani tashkil etuvchi komponentlar Raul qonuniga bo'ysungani uchun , suyuq aralashma yuqorisida hosil buladigan muvozanat holati bo'g'in tarkibini aniqlab bering.

32.5 1000kg li 2komponentli aralashma, benzol toluoladan iborat bo'lib, uning 30% (mass) ni benzol tashkil etadi. Bu aralashmaatmosfera bosimi ostida oddiy haydalmoqda. Agar qoldiq yig'gichda benzol miqdori 18% (mass) ni tashkil etgan bulsa distillyatning tarkibi va miqdori 7.1-jadval malumotlaridan foydalanib aniqlang.

32.6 2600kg li suv sirka kislota aralashmasi atmosfera bosimi ostida oddiy haydash yordamida ajratilmoqda . Dastlab aralashma tarkibida sirka kislatasi 10%(mol)ni tashkil etgan bo'lsa,haydagandan so'ng , Qoldiqdagi miqdori 50%(mol)ni tashkil etadi.

Qoldiq va distilyat miqdorlari va distillyatning ,tarkibini aniqlang. Tashkil etuvchilarning muvozanat holati haqidagi malumotni 62-jadvaldan oling.

- 32.7 Uzliksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaga yengil uchuvchan 24% (mol) li suyuqlik kelib tushmoqda. Distillyaning konsentratsiyasi (quyuqligini) 95% (mol) kaynatgichdagi qoldiq engil uchuvchan komponentning (kub) miqdori 3% (mol) ni tashkil etadi. Soatiga 850 kmol miqdordagi bug' deflegmatorga tushadi va deflegmatorga 670 mol/soat miqdorda flegma kolonna qaytib keladi. Qaynatgich (kub) dagi qoldiq miqdori kancha bo'lishini aniqlang.
- 32.8 Uzliksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna yordamida etil spirti va suv aralashmasi haydab ajratilmoqda. Kolonna pastki qisim ishchi chizig'i tenglamasi:  $y = 1.28x - 0.0143$  Qaynatgich (kub) dagi spirt qoldigining massiviy % miqdori aniqlansin. Kolonna quruq (gluxoy) bug' bilan isitilmoqda.
- 32.9 Uliksiz ishlaydigan kolonnada benzol va xloroform aralashmasi kayta ishlanmoqda Rektifikatsiya qilingandan sung distillyant tarkibida yengil uchuvchan modda komponentdan 95% (mass) hosil bo'omoqda. Yutuvchi (taminlovchi) suyuqlik tarkibida ushbu komponentdan 40% bor. Flegmanning ish kiymati minimal kiymatdan ikki barobar katta bulishi malum bulsa kolonna yuqori qismi ishchi chizigining og'ish burchagi tangensini aniqlab bering. Tashkil etuvchilarning muvozanat holatlari malumotlari 62-jadvaldan oling.
- 32.10 Geksan va suvdan tashkil topgan  $65^{\circ}\text{C}$  temperaturalari suyuq aralashma uchun bug' fazasining muvozanat tarkibi hisoblansin.
- Ikkala suyuqlik o'zaro erimaydi deb taxmin qilinsin.
- 32.11 Suv va benzoldan iborat suyuq aralashma uchun atmosfera bosimida qaynash temperaturasi aniqlansin. Ular bir birila erimasligi hisobga olinsin.
- 32.12 Atmosfera bosimida Raul qonuni bilan xarakterlanadigan benzol-toluol aralashmasi uchun t-x va y\*-x kordinatalarida muvozanat diagrammasi va fazalarning muvozanat tarkibi xisoblansin.
- 32.13 t-x, y diogrammasi (7.3 rasm) yordamida 55% (mol) benzol va 45% (mol) toluoldan iborat suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi va bug'ning muvozanat tarkibi aniqlansin.
- 32.14 Suyuqlik tarkibida spirt miqdori 6.1% (hajmiy) bo'lganda, bug'lanish koeffitsentini aniqlang.
- 32.15 Kondensatordan chiqayotgan distillyat konsentratsiyasi x 75.2% (hajmiy) flegma soni  $R_{\min} = 1.6$  bo'sa deflegmatorga kirayotgan bug' konsentratsiyasi va flegmadagi metil spirti konsentratsiyasi aniqlansin.
- 32.16 Kondensatordan  $G = 155 \text{ kg/soat}$  sarfda distillyant chiqsa 7.17. masala shartlari bulgan jarayon uchun flegma miqdori  $G_f$  hisoblansin.
- 32.17 Suv-spirt aralashmada spirt konsentratsiyasi  $x = 8.0\%$  (distillyatda esa  $X_d = 69.5\%$  (hajmiy) bo'lganda minimal flegma sonini aniqlang.
- 32.18 Bug'dagi spirtning konsentratsiyasi 35.0%, 55.0%, 93.5% (hajmiy) qaynayotgan suv-etil spirt aralashmada esa -4.0%, 10.0%, 91.8% (hajm) Bug'lanish koeffitsenti ochiqlansin.
- 32.19 Kondensatorda  $G_d = 1200 \text{ kg/soat}$  tarf bilan atseton -etilspirti kondensatsiyalanmoqda. Distillyat tarkibida atseton konsentratsiyasi 50%, kondensatsiyalanayotgan bug'da esa -43% (mol) Flegma soni va uning miqdori topilsin.
- 32.20 Konsentratsiya  $x_{\text{bosh}} = 8\%$  bulgan 800 l miqdordagi tarkibida spirt bor suyuqlik haydalmoqda. Haydash jarayoni tugagandan sung konsentratsiyasi  $x_d$  24% (hajm) 270 l suyuqlik olindi. Qoldiqdagi

spirt konsentratsiyasi  $x_k=0,1\%$  (hajmiy) Xaydash uchun yuborilayotgan aralashmaning temperaturasi  $t=60^\circ\text{C}$  isituvchi bug' bosimi  $r=0.15\text{MPa}$  ga teng.

32.21 Suv atseton aralashmasi fazalarga ajralishi kerak. Boshlang'ich aralashma tarkibidagi atseton konsentratsiyasi 10% (mass) distillyadagi esa -92.8% (mass). Minimal flegma eni hisoblansin.

32.22 Konsentratsiyasi 60% (hajmi) bulgan 1.300kg/soat sarfda aralashma braga haydash qurilmasiga yuborilmoqda. Flegma soni 2.0 ga teng. Kolonnadagi bug'ning tezligi 0.5m/s bosim esa  $1.2 \cdot 10^5$  Pa. Kolonna yuqori qismining diometri aniqlansin.

32.23 Konsentratsiyasi 8% (hajmiy) bo'lgan suv spirt aralashma 1200kg/soat miqdorda braga haydash qurilmasiga kiritilmoqda. Konsentratsiyasi 30% (xajmiy) bo'lgan flegma miqdori -0.01% (xajmiy) Flegma soni 2.0. Kolonnaning pastki qismidan nazariy tarelkalar soni topilsin.

### 13-AMALIY ISH: EKSTRAKSIYA. <SUYUQLIK-SUYUQLIK>, <QATTIQ JISM-SUYUQLIK> SISTEMASIDA EKSTRAKSIYALASH.

Ekstraksiyalash deb shunday jarayonga aytiladiki, aralashmani tarkibidan qattiq yoki suyuq holatdagi bir yoki bir necha komponentni erituvchi (ekstragent) yordamida boshqa komponentga nisbatan eritib ajratib olishga aytiladi. Hosil bo'lgan aralashma tarkibidan asa, kerakli komponentni bug'latish yoki rektifikatsiyalash yordamida ajratib olinadi.

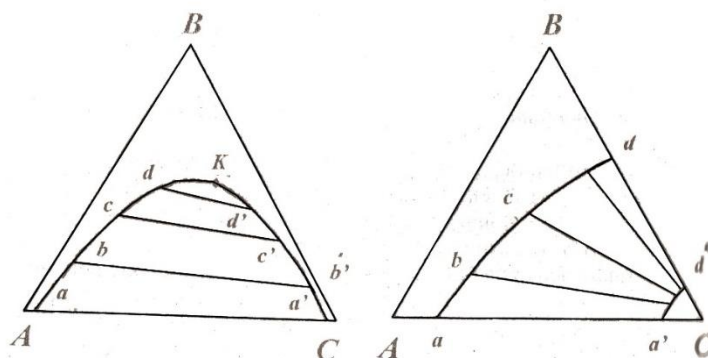
Qattiq jismlardan eriydigan moddalarni ekstraksiya qilish jarayonlari shakar, o'simlik, kraxmal, patoka, sharbatlar, vitaminlar, farmatsevtika, neftni qayta ichlash, nodir va kamyob alementlarni olish, chiqindi suvlarni tozalash, ishqor, kislota va guzlarpi olish texnologiyalarida, hamda oziq-ovqat maqsulotlarini ishlab chiqarishda keng ko'llaniladi.

Suyuqlik ekstraksiyasini qo'llashdan maqsad:

1) rektifikatsiya yordamida aralashmadan ajraladigan azeotrop aralashma hosil bo'lishi, komponentlarni termik chidamsizligi va uchib chiqa olmasligi tufayli;

2) tashkil etuvchi komponentlarni qaynash temperaturali bir - biriga yaqin bo'lib, yoki konsentratsiyasi kam bo'lsa yoki boshqa sabablar bilan rektifikatsiya usuli ekstraksiyaga nisbatan iqtisodiy sarf harajat katta bo'lganda.

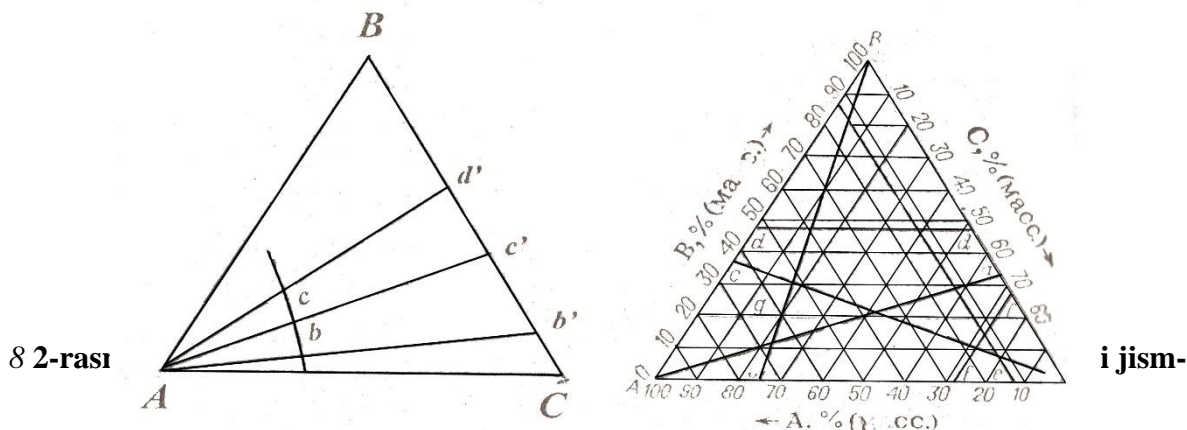
8.1- rasm: abedKd'c'b'a' - chegaraviy chiziq (binoda); ushbu egri chiziq ichiga joylashgan maydon bu 2 ta tashkil etuvchi faza joylashgan ajratuvchi aralashma maydoni bo'lib, uning tashkil etuvchilarning qiymatlari shu egri chiziqdagi nuqtalar bilan ifodalanadi; egri chiziq tashqarisida joylashgan maydon esa, bu ajralmaydigan eritmalar maydoni qilib belgilanadi,



8.1-rasm.  $t \sim \text{const}$  bo'lganda, bir (a) va ikki (b) bir-birnda qismi eriydngan komponentli «suyuqlik-suyuqlik» sistemasi.



K nuqta - kritik nuqta hisoblanadi; degaraviy egri chiziqning an qismi - rafinantning shoxobchasi (birlamchi erituvchining qoldig'i shu qoldig'dan ekstraksiyalangan moddadan olingandan so'nggi xolati); egri chiziq chegarani o'ng- ekstraktlar shahobchasi; bb', ss', dd' o'xshash fazalarni birlashtiruvchi nuqtalar - ya'ni muvozanat bo'laklari;



8.2-rasmda abcde - chegaraviy egri chiziq bo'lib. uning chap tomoni uch komponentli geterogen arapashma maydoni; o'ng tomom esa qatlamlarga ajralish maydoni.

Uchburchakning vs tomoni okimning (qatlarning) yuqori qismini harakterlaydi (ekstraksiyalayotgan moddaning erituvchidagi eritma qismi) chegaraviy egri chiziq esa, pastki oqim (qatlam)ning tarkibini xarakterlaydi: bb', ss', dd', muvozanat bo'laklari bo'lib hisoblanadi. Uchburchakning a cho'qqisi orqali davomi bo'lib hisoblanadi.

Statik ekstraksiyaga bag'ishlangan masalalar asosan grafik usulda, ya'ni uchburchak yoki to'rtburchak diagrammalar yordamida yechiladi.

1. Uchburchak diagrammaning xususiyatlari:

A) uchburchak cho'qqilari toza, sof komponent a, v va s ga tomonlari av, vs va as lar ikki komponentlari a va v, v va s, a va s aralashmaga, uchburchak ichidagi nuqtalar esa - uch komponentli aralashmani ifodalaydi. Masalan, 8.3-rasmdagi g nuqta aralashmaning quyidagi tarkibini ko'rsatadi: 70% (mass) a, 20% (mass) v, 10% (mass) s

B) uchburchak cho'qqisidan chiqarilgan aa,bb, ss nurlar boshqa ikki qomponentdan tashkil topgan, bir xil o'zgarmas nuqtalarning geometriq o'rnini ko'rsatadi.

V) dd, yeye, ff chiziqqlar, uchburchakning as, vs, av tomonlariga parallel bo'lib, o'zgarmas v a, s komponentli aralashmalarning geometrik o'rnini ko'rsatadi.

2) posongi qoidasi (og'irlik kuchi markazi qoidasining xususiy holi). Istalgan 2 ta eritma qo'shilganda, ularning tarkibi diagrammada "a" va "b" nuqtalar bilan berilgan bo'lsin. Aralashmaning umumiy tarkibi ab to'g'ri chiziqda yotgan "s" nuqta orqali ifodalangan as va bs kesmalar olingan eritmalar miqdoriga teskari proporsionaldir (3.4- rasm):

$$G_a + G_b = G_s \quad (8.1)$$

bunda  $x_a$  +  $x_b$  +  $x_s$  unda

$$\begin{aligned} G_a \cdot as &= G_b \cdot bs & G_a / bs &= G_b / ac; \\ G_b \cdot as &= G_a \cdot ab & & \\ G_s \cdot bs &= G_s \cdot ab & G_s t ab &= G_b t as = G_a t be \end{aligned} \quad (8/2)$$

bu yerda  $G_a, G_b, G_c$  - aralashmadagi, a,b va s komponentlar massasi kg;  $x_b, x_c, x_a$  istalgan(A,V va S) komponentining a, b va s , aralashmadagi miqdori % (massa).

3. Uchburchak diagramma yordamnda ekstraktorda yuz berayotgan jarayoilarni ifodalash mumkin (8.5-rasm). Dastlabki aralashmanlng tarkibi YE nuqga, ekstraktning tarkibi esa, D

nuqta bilan belgilansin. D nuqtaga mos kelgan aralashmaning miqdori  $G_D$ , YE nuqtaga mos kelgan ekstragentning miqdori  $G_E$  ga teng.

Dastlabki aralashma va erituvchini aralashtirish natijasida hosil bo'lgan suyuqlik aralashmasi M nuqta bilan belgilanadi:

M nuqtaga to'g'ri kelgan aralashma ekstrakt vz rafinatga ajraladi. Shunday qilib, dastlabki aralashmaning erituvchi bilan bir marta to'qnashuvi orqali 2 ta faza (ekstrakt va rafinat) hosil bo'ladi.

Ekstrakt V komponent bilan boyitilgan bo'lsa, rafinantning tarkibida V komponent juda oz miqdorda bo'ladi. Ekstrakt va rafinat miqdori quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$\frac{G_B}{G_L} = \frac{M_L}{M_R} \quad (8.4)$$

Ekstraksiya qilinayotgan komponent V ning ekstrakt va rafinat fazalari o'rtasida taqsimlanish koeffitsienti quyidagi nisbatdan topiladi:

$$k = \frac{U_B}{X_B}; \quad (8.5)$$

Bu yerda  $UV$  - ekstrakt tarkibidagi V komponent miqdori, % (massa):

$XV$  - rafinat fazasidagi V komponentining muvozanat miqdori, % (massa).

odatda taqsimlanish koeffitsiyenti konsentratsiyaga bog'lik bo'ladi. shuning uchun analitik hisoblar faqat tahminiy natijalar beradi.

4. to'g'ri to'rtburchak diagrammalari.

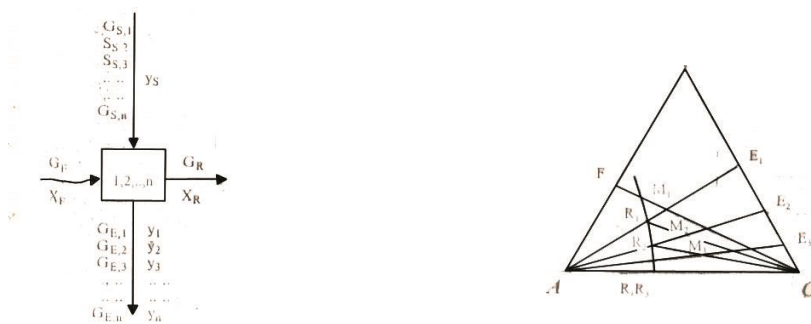
Agarda birlamchi A va ikkilamchi V eritmalarining o'zaro erishini hisobga olinmasa, grafik usulda hisoblash uchun to'g'ri to'rtburchak diagrammadan foydalaniladi.

6. Eritmani qisman almashtirish usuli bilan qattiq jismdan , ekstraksiya qilish, n - pog'onali ekstraksiyaning umumiy moddiy balansi quyidagi ko'rinishga ega:

$$G_{R,n} + G_{S,n} = G_{R,n} + G_{E,n} \quad (8.7)$$

Ekstraksiya qilinayotgan n komponent bo'yicha p- pog'onaning umumiy moddiy balansi ushbu formula orqali topiladi.

$$G_{R,n} \cdot x_{n-1} + G_{S,n} \cdot y_s = G_{R,n} \cdot x_n + G_{E,n} \cdot y_n \quad (8.8)$$



### 8.6-rasm. Erituvchini vaqti-vaqtida almashtirish usulida qattiq jismdan ekstraksiya qilish.

7. Qattiq jismlarni to'g'ri yo'nalishli ekstraksiyalash.

Moddiy balans tenglamasi xuddi qarama-qarshi yo'nalishli suyuqlik ekstraksiyasi tenglamasi kabidir, ya'ni 8.6-rasm, va ushbu tenglamalar orqali topiladi.

M- pog'onali ekstratorning umumiy moddiy balansi tenglamasi.

$$G_F + G_S = G_R + G_E$$

Ekstraksiya qilinayotgan komponent bo'yicha moddiy balans tenglamasi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_F \cdot x_F + G_S \cdot x_F = G_R \cdot x_E + G_E \cdot x_E$$

Agar birinchi pog'onadan tashqari hamma pogonalar uchun oqimlar nisbati o'zgarmas bo'lsa ya'ni  $a_2 = a_3 = \dots = a_n = a$  "const", ekstraksiyalanayotgan komponentning kam ajratiladigan. Pog'onasi quyidagi tenglama yordamida aniqladi:

$$\varphi = \frac{1}{1 + a_1(1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1}) - \frac{G_x \cdot y_x}{G_{R,n} \cdot x_n} [1 + a_1 \cdot (1 + a \cdot a^2 + \dots + a^{n-2})]} \quad (8.9)$$

Toza erituvchini qo'llasak,  $y_s=0$  bo'lishi va (8.9) kyirinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi = \frac{1}{1 + a_1 \cdot (1 + a \cdot a^2 + \dots + a^{n-2})} \quad (8.10)$$

Bundan tashqari, kiritilayotgan qattiq modda miqdori eritma, miqdoriga teng bo'lsa va xuddi pog'onalar orasidek bo'lsa, ya'ni  $a_1=a$  bo'lsa, u holda

$$\varphi = \frac{1}{1 + a + a^2 + \dots + a^n} \quad (8.11)$$

Ekstraksiyalashning nazariy pog'onalar soni  $n$  aniqlash uchun, oqimlar nisbati  $a_2 = a_3 = \dots = a_n = a$  "const" o'zgarmas bo'lganda,, **quyidagicha** aniqlanadi:

$$n_c - 1 = \frac{\frac{\lg(x_R - y_S)}{x_1 - y_2}}{\frac{\lg(y_2 - y_S)}{x_1 - x_R}} = \frac{\frac{\lg(x_1 - y_2)}{x_R - y_S}}{\frac{x_1 - x_R}{y_2 - y_S}} \quad (8.12)$$

Yuqoridagi sonni grafik yordamida ayiqlash mumkin, xuddi binar sistemalarini aniqlagandek  $u - x'$  to'g'ri koordinatali  $l$  diagrammada,  $x' = X_B / (1 - X_A)$ ; ya'ni erimaydigan qattiq jism massasi hisobda ishtirok etadi.

Muvozanat chiziq tenglamasi ushbu holatda  $u = x'$ ; ish chizig'i tenglamalarini moddiy balans tenglamalaridan chiqarish mumkin.

$$D_{20} = - \frac{10^{-6}}{AB \cdot \sqrt{\mu_{20}} \cdot [V_A^{0.3a} + V_B^{0.3a}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.17)$$

Agarda  $20^\circ\text{S}$  temperatura uchun  $D$  ma'lum bo'lsa, boshqa temperaturalarga tegyshli diffuziya koeffitsiyenti ushbu formula orqali hisoblab topiladi:

$$D = D_0 \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (8.18)$$

$$b = \frac{0.2 \cdot \sqrt{\mu_{20}}}{\sqrt{\mu}}$$

bu yerda  $b$ - koeffitsiyent;  $p$ - suyuqlikni.  $r$  hajmiy massasi,  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

Temperatura  $20-90^\circ\text{S}$  oraliqda saxarozaning suvda erigan konsentratsiyasi  $s$   $-5-30\%$  bo'lsa, diffuziya koeffitsiyenti ushbu formulami topiladi:

$$D = 0.422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0.015c} \cdot e^{\frac{2700}{\tau}} \quad (8.19)$$

### MISOLLRNI ISHLASH NAMUNASI

**1-masala.** Lavlagi tarkibidagi boshlang'ich miqdori  $17.5\%$ , diffuziya koeffitsiyenti  $D = 69,2 \text{ m}^2/\text{s}$ , jarayon temperaturasi  $63^\circ\text{S}$ ,  $100 \text{ g}$  parrak uzunligi  $l = 20 \text{ m}$ , batareya aylanish vaqti  $t = 70 \text{ min}$ , ekstrakt saralab olinganda  $a = R125\%$  bo'lsa,  $14$  qismli diffuzion batareyada qayta ishlanayotgan lavlagi parraklaridagi qand miqdori  $S$  aniqlansin.

Samaraly diffuziya vaqti:

$$\tau = \frac{\tau_0 \cdot (m - 4)}{14}$$

bu yerda  $m$  - diffuzion batareyalar soni; 4-jarayonida ishtirok etmayotgan diffuzomar soni [20].

$$\tau = \frac{70 \cdot (14 - 4)}{14}$$

Koeffitsiyent A diffuzion batareyalar tarkibidagi bloklartga bog'liq bo'lib, B-1 jadvaldan tanlanadi.

$$y = A \cdot D \cdot l \cdot \tau = 5.7 \cdot 10^{-5} \cdot 69.2 \cdot 20 \cdot 50 = 3.94$$

Arar,  $n=125\%$  ft  $7=3,94$  aniqlanganidan so'ng nomogrammadan (8.8-rasm) jom bilan yo'qotilayotgan qand miqdori topiladn, ya'ny 100 qism qand hisobiga  $X=2,65\%$ .

Agar, boshlang'ich lavlagi parraklarida qand miqdori 17,5

bo'lsa, qayta ishlangan jom tarkibidagi qand miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$e_1 = \frac{X \cdot 17.5}{100} = \frac{2.65 \cdot 17.5}{100} = 0.46\%$$

8-2. Konsentratsiyasi 20% va temperaturasi 70°S bo'lgan saxarozaning suvdagi diffuziya koeffitsiyentini aniqlang.

**Yechish:**

Jarayon temperaturasi  $T = 273 + 70 = 343$  K ga teng bo'ladi.

Diffuziya koeffitsiyenti (8.19) formula orqali topyladi

$$D = 0.422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\frac{2700}{T}} = 0.42 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0.015 \cdot 20} \cdot e^{\frac{2700}{343}} = \\ = 0.422 \cdot 0.7408 \cdot 0.3882 \cdot 10^{-8} = 1.195 \cdot \frac{10^{-8} \text{ m}^2}{\text{c}}$$

### M A S A L A L A R

33.1 Temperaturasi 25°S bo'lganda suv-sirka kislotasi - etil efiri (84°S-8',8%-7,2%) sistemasi uchun uchburchakli muvozanat diagrammasini ko'ring:

33.2 40 kg suv, 5 kg etil efiri va 5 kg sirka kislotali qatlamlarga ajraladigan aralashmaning tarkibi va fazalar miqdorini aniqlab bering. Qancha mikdorda etil efiri chiqib ketishi bilan ushbu aralashma qatlamlarga ajralishi to'xtaydi.

33.3 25°S temperaturada tarkibida 1 % (mass) suvli eritmadan sirka kislotasi ekstraqsiyalanmoqda. Aralashmaning dastlabki massasi 1200 k. Agarda ekstraktsiya qarama-qarshi yo'nalishda toza efir yordamida olib boriladigan bo'lsa, erituvchini haydab bo'lgandan so'ng, hosil bo'ladigan mahsulot miqdori va tarkibini aniqlab bering. Jarayon, erituvchisining massasining ishlov berilayotgan aralashmasiga nisbati 1,5 barobar katta bo'lganda 2 ta pog'ona yordamida olib borilmoqda.

33.4 Tarkibida 20% (mass) sirka kislotasi bo'lgan suvli eritmadan ekstraktsiya yordamida, etil efiri oqimi qarama-qarshi yo'nalganda sirka kislotasi ajratib olinmoqda. Agarda ekstrakt miqdorida 60% (mass), rafinatda esa 2% kislotasi qolishi kerek bo'lsa, (erituvchi haydalgandan so'ng) dastlabki eritma miqdori 1000 kg/soat yehun zarur bo'ladigan erituvchining miqdori va ekstraktsiyalash uchun nazariy pog'onalar sonini aniqlab bering.

33.5 1 m<sup>3</sup> suv tarkibida 1,5 kg benzoy kislotasi bor suvli eritma ekstraktsiyalanmoqda. So'ngra, bu mahsulot qetma-ket 1 m<sup>3</sup> benzolda 0,2-kg benzoy kislotasi bor eritma bilan yuvilmoqda. Suv va benzol hajmlarining nisbati  $V_g / V_s = 4$  ga teng. Suvdagi benzoy miqdori 0,2 kg/m<sup>3</sup> ga yetguncha necha marta yuvish kerakligini aniqlang (ya'ni nechta pog'ona). Hosil bo'ladigan ekstraktning tarkibini ham aniqlab bering. Ishchi temperaturasida muvozanat holatdagi ma'lumotlar quyidagicha:

Benzoy kislotasining suvdagi konsentratsiyasi, kg/m<sup>3</sup>:

0,104; 0,456; 0,707; 1,32; 1,56;

Benzoy kislotasining benzoldagi konsentratsiyasi kg/m<sup>3</sup>:

0,1R2; 7,45 ; 6,12 • 18,2; -4,5;

33.6. Benzolning 25% li suvdagi eritmasida 0,5% (mass) 1, g dioksan bo'lib, u qarama-qarshi oqimli ekstraktorda ekstraktsiyalanmoqda. Dioksanning suvdagi ohirgi miqdori 2% (mass)

tashkil etilmoqda.

1) 100 kg dastlabki aralashmaga to'g'ri keladigan erituvchilarning minimal miqdori;

2) Ekstraksiyalash uchun kerakli nazariy pog'onalar sonini;

3) Erituvchining miqdorini minimal miqdoridan 1,5 barobar ko'p bo'lganda ekstrakt tarkibini aniqlang.

25° S dagi muvozanat holatdagi ma'lumotlar quyidagicha: Dioksanning suvdagi miqdori  $\text{kg/m}^3$ : 0,0537; 0,233; 0,337; , Dioksanning benzoldagi miqdori  $\text{kg/m}^3$ : 0,0548; 0,291; 0,471;

33.7 Ekstrakt va rafinagning bir qismi qayta kelishi bilan ekstraksiya qurilmasida 25°S da metilsiklogeksan heptandagi 10% eritmasidan analin yordamida ekstraksiyalanmokda. Ekstrakt tarkibida metilsikloksan miqdori 98%, rafinat tarkibida esa 1% (erituvchidan tashqari) tashkil etadi. Qaytuvchi ekstrakt miqdorini - ekstrakt-mahsulot miqdoriga nisbatini minimal qiymatidan 1,615 barobar ko'p deb olish kerak. Dastlabki aralashma miqdori 100 kg/soat bo'lganda, ekstraksiyalash pog'onalar sonini, rafinat va ekstrakt tarkibini, rafinat va ekstraktiing, qaytavchilarning va erituvchining miqdorlari aniqlansin.

33.8 Har biri 7 m<sup>3</sup> hajmga ega bo'lgan qarama-qarshi oqimli 3 ta tindirgich batareyasiga, CaGO<sub>3</sub> cho'kmasi 1 m<sup>3</sup> suvda % t NaON eritma kiritilmoqda va bug'latish uchun esa 6 m<sup>3</sup> tindirilgan konsentrlangan eritma olinmoqda. Boshqa tomondan esa, eruvchi sifatida batareyaga 2000 kg NaOH ga mos ravishda 6 m<sup>3</sup> toza suv kiritilmokda. SaSOz cho'kmasi pog'onadan pog'onaga o'tishda va batareyadan chiqarib tashlanayotgan paytida 1 m<sup>3</sup> eritmani ushlab qolmoqda.

Yuqoridagi shapoitlarda quyidagilarni aniqlang:

a) shlamdagi NaOH miqdorini; .

b) NaOH ajratib olinishini;

v) bug'latishga yuborilayotgan eritmadagi NaOH necha foizni tashkil qiladi.

33.1. NaOH ching chiqarib olish darajasi 0,98 ga teng bo'lganda, 33.12 masala sharti bo'yicha ekstraksiyalash pog'onasini aniqlab bering.

33.9 Agar ekstraktda CnCl<sub>2</sub> miqdori 9% bo'lib (mass) va misni chiqarib olinish darajasi 92% tashkil etsa, 8.13 masala sharti bo'yicha ekstraksiyalash jarayoining pog'onalar sonini aniqlash kerak,

33.10Temperatura 20°S va bosim 110 Pa bo'lganda, ammiakni suvdagi diffuziya koeffitsiyenti aniqlansin.

33.11Temperatura 20, 50, 100°S bo'lganda ammiakni suvdagi diffuziya koeffitsiyenti hisoblab chiqilsin.

33.12 Temperaturasi 60°S va konsentratsiyasi 25% bo'lganda saxarozani suvdagi diffuziya koeffitsiyenti topilsin.

33.13 Bosim 210 Pa va temperaturasi 70°S bo'lganda, uglerod dioksilining havodagi diffuziya koeffitsiyenti aniqlaksin.

33.14 Jom tarkibida shakar miqdori 0,4% bo'lishi uchun 16 qismli batareyadan ekstrakt (qand lavlagi massasiga % hisobida) olinishi qanday bo'lishi kerak? Qand lavlagi tarkibida shakar miqdori 19% 100 g qand lavlagi parraginging uzunligi 20 m Jarayon temperaturasi 70° S ( $D = 79,4 \text{ l}^2/\text{s}$ ). Batareya to'liq aylanishi  $G = 80 \text{ min}$ .

33.15 Jom taokibidr shakar miqdori 0,4% (lavlagi massasiga olinganda) bo'lishi uchun uzluksiz ishlaydigan kolonna diffuzi qurilmada ekstraksiya jarayoni qancha vaqt  $G$  bo'lishini hisoblang. Qand lavlagi tarkibidagi shakar miqdori 18%, jarayon temperaturasi 75°S,  $D=83,5 \text{ m}^2/\text{s}$ , ekstrakt olinishi  $a=120\%$  (qand lavlagi massasiga), 100 g qand lavlagi parragi uzunligi  $I = 10 \text{ m}$ ,  $A = 6 \cdot 10^5$ .

## 14-AMALIY ISH: NAM MATERIALLARNI QURITISH. ADSORBSIYA.

## NAM MATERIALLARNI QURITISH

1. Nam modda namlik miqdori uning umumiy massasiga nisbatan ( $u$ ) foiz hisobida, yoki quruq modda massasiga nisbatan ( $u'$ ) ifodalash mumkin.  $U$  va  $u'$  kattaliklar quyidagicha bog'liqlikka ega:

$$u' = \frac{100 \cdot u}{100 - u}; \quad u = \frac{100 \cdot u'}{100 - u'}; \quad (10.1)$$

1. Quritish jarayonida modda namligi  $u'_{bosh}$  dan  $u'_o$  - o'zgargandagi namlik miqdori  $W$  qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$W = G_{bosh} \cdot \frac{u_{bosh} - u_{ox}}{100 - u_{ox}} \quad W = G_{ox} \cdot \frac{u_{bosh} - u_{ox}}{100 - u_{bosh}} \quad (10.2)$$

bu yerda,  $G_{bosh}$  - boshlang'ich massa kg;  $u_{bosh}$  - boshlang'ich namlik, %;  $S_{ox}$  - oxirgi massa, kg;  $u_{ox}$  - oxirgi namlik, %.

Agarda, moddaning nam saqlash miqdori quruq modda massasiga nisbatan foizda ( $u'$ ) berilgan bo'lsa,  $u$  holda

$G_{qur}$  - absolyut quruq moddaga nisbatan quritgichning mahsuldorligi, kg/s.

2. Bug'-havo aralashmasida bug' miqdori  $x$  (kg·bug'/kg·quruq gaz);  
(10.4)

$M_b$  va  $M_g$  - bug' va havoning molyar massasi;  $P$ -bug'-havo aralashmasining umumiy bosimi;  $R_b$  - bug'ning parsial bosimi.

Bug' va havodan iborat aralashmaning nam saqlash miqdori  $x$  kg·quruq-havo):

$$x = 0.622 \cdot \frac{\varphi - R_{tuy}}{P - \varphi \cdot R_{tuy}} \quad (10.5)$$

bu yerda 0,622 - suv bug'i va xavoning molyar massalari nisbati;  $\varphi$  - havoning nisbiy namligi:

$$\varphi = \frac{R_n}{P_{tuy}} \quad (10.6)$$

$R_p$  - suv bug'ining havodagi parsial bosimi (quruq termometr temperaturasi bo'yicha).

$R_{tuy}$  - shu temperaturadagi to'yingan suv bug'ining bosimi (ilovadagi 34-jadval).

4. Nam havoning entalpiyasi  $I$  (kJ/kg·quruq havo)

$$I = (c_x - c_b \cdot x) \cdot t + r_o \cdot x = (1,01 + 1,97 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot x \quad (10.7)$$

bu yerda  $s_x = 1,01$  kJ/(kg·K) - quruq havoning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi (bosim o'zgarish bo'lganda)  $s_o = 1,97$  kJ/(kg·K) - suv bug'ining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi.

$x$  - havoning nam saqlashi, kg·bug'/kg·quruq havo;  $T$  - havo harorati (quruq termometr bo'yicha), °S;  $r_o = 2493$  kJ/kg - suvning 0°S da bug'ga aylanish solishtirma issiqlik miqdori.

Quritish jarayonining potentsiali quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\varepsilon = t_k - t_n$$

bu yerda  $t_k$  - quruq termometr bo'yicha havoning temperaturasi;  $t_n$  -

nam termometr bo'yicha havoning temperaturasi;  $Ho$  - ho'l termometrnin haqiqiy temperaturasi

$$t_n = t_n - \frac{\Delta \cdot (t_k - t_n)}{100}$$

$\Delta$  - ho'l termometr ko'rsatkichiga kiritiladigan tuzatish, %.

5. Nam havoning parametrlari  $x$ ,  $t$ ,  $\varphi$ ,  $I$  orasidagi bog'likliklar Ramzinning  $I - x$  diagrammasi orqali oson aniqlanadi (10-1 rasm) va uning yordamida nam materialni konvektiv quritish masalalari yechiladi.

6. Bosimi  $R$ , temperaturasi  $T$  bo'lgan nam havoning zichligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho_{nh} = \rho_{kh} + \rho_b \quad (10.8)$$

bu yerda  $\rho_{nh}$  - quruq havo zichligi;  $\rho_b$  - suv bug'ining zichligi, o'z parsial bosimi yordamida aniqlangan:

$$\rho_n = \frac{M_x \cdot T_o \cdot (n_x \cdot \varphi \cdot P_{tuy})}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \quad (10.9)$$

$$\rho_b = \frac{M_o \cdot T_o \cdot \varphi \cdot P_{tuy}}{22,4 \cdot T \cdot P_o} \quad (10.10)$$

YA'ni P- bug'-havo aralashmasining umumiy bosimi,

$P_o$  – normal bosim (0,1013 MPa yoki 1 atm)

(10.8)-(10.10) – formulalarni qo'shib quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \rho_{nx} &= \frac{M_x \cdot T_o \cdot p}{22,4 \cdot T \cdot p_o} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{M_x}{M_o} \right) \frac{\varphi \cdot P_{tuy}}{P} \right] = \\ &= \frac{273 \cdot p}{1,293 \cdot T \cdot 101300} \cdot \left( 1 - 0,378 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{tuy}}{p} \right) = \\ &= \frac{3,48 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot (p - 0,378 \cdot \varphi \cdot P_{tuy}) \end{aligned} \quad (10.11)$$

8. Quritgich orqali o'tadigan quruq havo sarfi L(kg/s) ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$L = W \cdot l \quad (10.12)$$

Bu yerda, W – quritgichning bug'latilayotgan (moddadan ajralayotgan) namlik bo'yicha unumdorligi, kg/s; l – quruq havo solishtirma sarfi, kg/kg bug'lanayotgan namlik.

$$l = \quad (10.13)$$

$x_o$  va  $x_2$  – quritgichga kirayotgan va undan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

9. Quritish jarayoni normal sharoitda olib borilganda kaloriferdagi issiqlik sarfi Q (Vt),

$$Q = L \cdot (I_1 - I_o) \quad (10.14)$$

Bu yerda  $I_1$  va  $I_o$  – havoning kaloriferga kirish va undan chiqishdagi entalpiyalari, J/kg quruq havo.

Quritgichda jarayon normal quritish sharoitida olib borilganda issiqlik balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$Q = L \cdot (I_2 - I_o) + \sum q \quad (10.15)$$

$I_2$  – quritgichdan chiqayotgan havo entalpiyasi;

$$\sum q$$

- materialning qizdirish uchun sarf bo'lgan issiqlik, transport qurilmasini isitish uchun va atrof muhitga yo'qotilgan issiqliklar yig'indisiga teng.

$L \cdot (I_2 - I_o)$  namlikni bug'lanishi, havo va bug'ni isitishga sarf bo'lgan asosiy issiqlik miqdoriga

$$\sum q$$

nisbatan juda kichik bo'lgani uchun hisobga olmaymiz. Unda, nazariy quritgich uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q_{naz} = L \cdot (I_2 - I_o) \quad (10.16)$$

10. Haqiqiy quritgichdagi solishtirma issiqlik sarfi q (J/kg bug'lanayotgan namlik) ushbu formula yordamida topiladi:

$$q = \frac{Q}{W} = \frac{I_1 - I_o}{x_2 - x_o} = l \cdot (I_1 - I_o) \quad (10.17)$$

nazariy quritgichda havoning oxirgi holati bo'yicha

$$q_{naz} = \frac{I_1 - I_o}{x_2 - x_o} \quad (10.18)$$

Haqiqiy va nazariy quritgichlarning solishtirma issiqlik sarflarining farqi:

$$q - q_{naz} = \frac{I_1 - I_o}{x_2 - x_o} - \Delta \quad (10.19)$$

agarda, quritgich kamerasida qo'shimcha isitkich bo'lmasa, unda:

$$\Delta = \frac{\sum Q}{W} = q_{mat} + q_{tr} + q_{yuq} - c \cdot \theta_b \quad (10.20)$$

Bu yerda

$q_{matCO_2} \cdot (\theta_{ox} - Q_b)$ ;  $q_{tr} = \frac{G_{tr}}{W} \cdot c_{ox} \cdot (\theta_{ox} - Q_b)$ ;  $q_{yo'q}$   
 bu yerda  $s_{ox}$ ,  $s_{tr}$ ,  $s$  – quritilgan materialning, transport qurilmasi, suvning solishtirma issiqlik sig'implari;  $\theta_{ox}$ ,  $\theta_b$  – boshlang'ich (nam materialning quritgichga kirayotganidagi) va oxirgi (quritilgan materialning quritgichdan chiqqandagi) temperaturalar, °S.

11. Quritgichning issiqlik f.i.k.

$$\dot{q} = \frac{r}{q} \quad (10.21)$$

bu yerda  $r$  – materialni quritish paytidagi temperatura bo'yicha aniqlanadigan (ho'l termometr temperaturasi bo'yicha), suvning bug'ga aylanish solishtirma issiqligi, J/kg;  $q$  – quritgichdagi issiqlikning solishtirma sarfi, J/kg.

O'zgarmas bir xil sharoitda quritish jarayonining davomiyligi quyidagi taxminiy formulalar yordamida topish mumkin:

a) o'zgarmas tezlik davri (I-davr) uchun

$$\tau_1 = (u_{bosh} - u_{kr}) \quad (10.22)$$

b) kamayuvchi tezlik davri (II-davr) uchun

$$\tau_2 = \frac{u_{kr} - u_m}{N} \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{u_{kr} - u_m}{u_{ox} - u_m} \quad (10.23)$$

bu yerda  $N$  – I-davr quritish tezligi;  $u_{bosh}$ ,  $u_{kr}$ ,  $u_{ox}$ ,  $u_m$  - jarayonning boshlang'ich, kritik, oxiridagi va muvozanat holatdagi material namligi.

Umumiy quritish vaqti

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \quad (10.24)$$

o'rtacha harakatlantiruvchi kuch ushbu formulalar orqali aniqlanadi:

$$\Delta_{X_{o'r}} = \frac{\Delta X_1 - \Delta X_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2}} \quad (10.25)$$

$$\Delta X_1 = X_{tuy} - X_1$$

$$\Delta X_2 = X_{tuy} - X_2$$

I- davr quritish tezligi  $N$  tajriba o'tkazish yo'li bilan yoki modda berish koeffitsiyenti orqali aniqlanishi mumkin.

Nam material yuzasidan bug'latilgan namlik miqdori

$$W = \beta \cdot F \cdot \Delta_{X_{o'r}} \quad (10.26)$$

Bo'lsa, quritish tezligi  $N$  ushbu ifoda yordamida topiladi:

$$N = \frac{W}{G_k} = \frac{\beta \cdot F \cdot \Delta_{X-p}}{G_k} = \quad (10.27)$$

Bu yerda,  $\beta$  – gaz fazasidagi modda berish koeffitsiyenti,  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kg}/\text{kg})$ ;  $F$  – bug'lanish yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $f = F/G_{kur}$  – solishtirma yuza,  $\text{m}^2/\text{kg}$ ;  $\Delta X$  - o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch,  $\text{kg} \cdot \text{bug}'/\text{kg} \cdot \text{quruq havo}$ .

Modda berish koeffitsiyenti  $\beta$  ushbu kriterial tenglamadan topiladi:

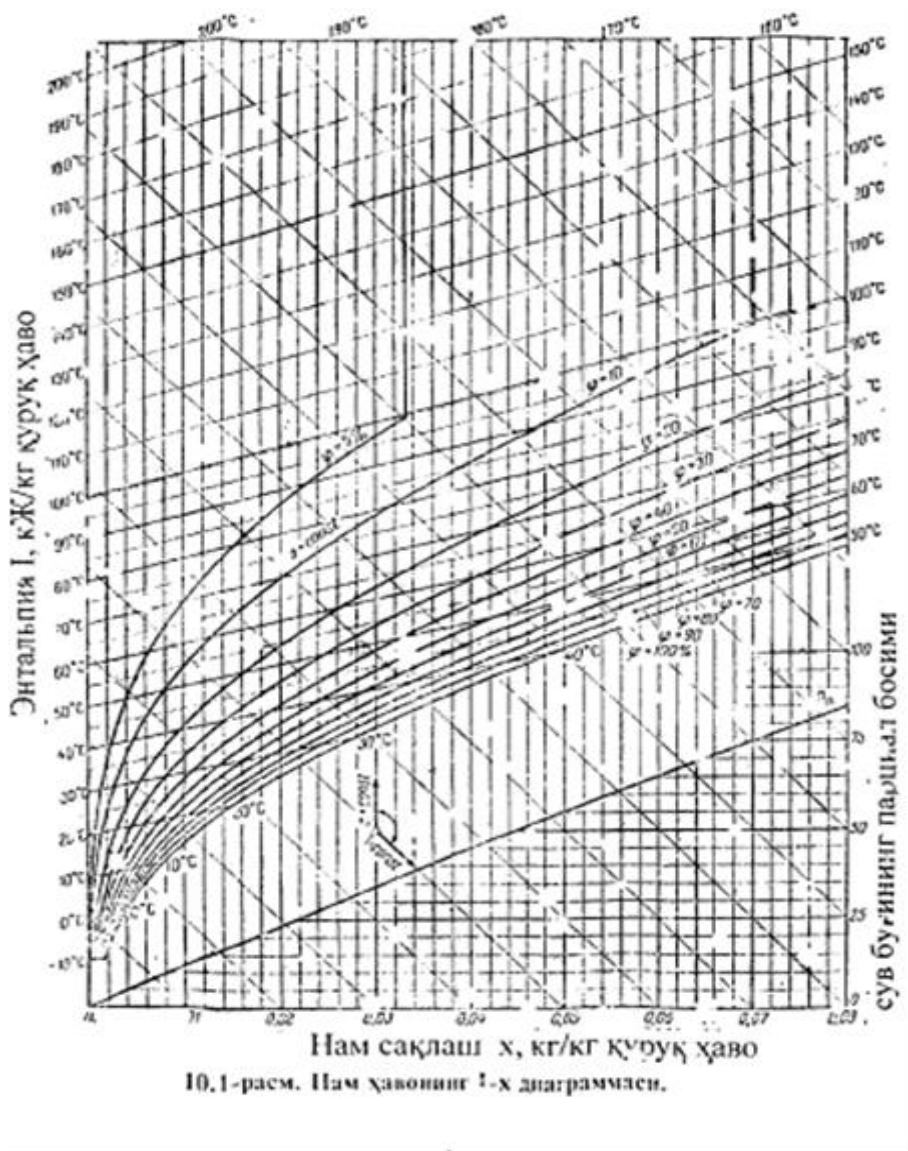
$$Nu = A \cdot Re_r \cdot (Pr_r)^{0,33} \cdot Gu^{0,136} \quad (10.28)$$

Bu yerda  $Nu = \frac{\beta \cdot l}{D}$ ;  $Re = \frac{w \cdot l}{v}$ ;  $Pr_r = \frac{v}{D}$

Guxman kriteriysi:

$$Gu = \frac{T_k - T_n}{T_k} \quad (10.29)$$



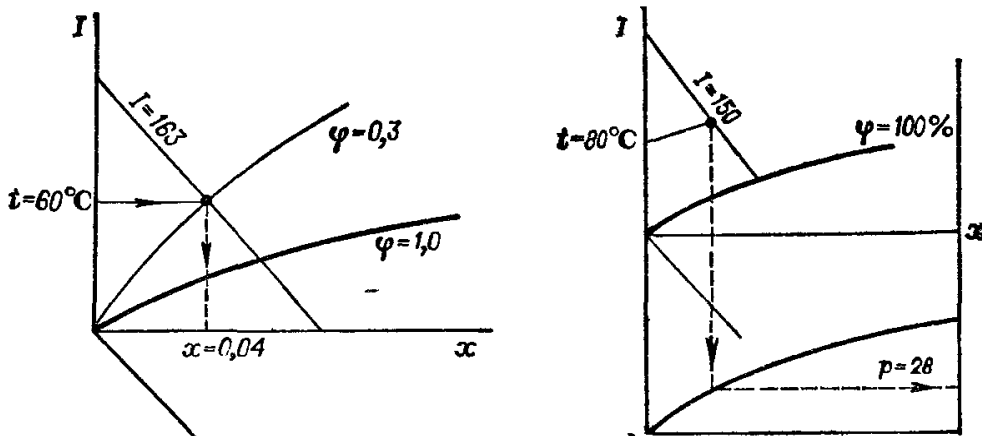


**MISOLLAR ISHLASH NAMUNASI**

1-masala. Nisbiy namligi  $\varphi=0,3$  va temperaturasi  $60^{\circ}\text{S}$  bo'lgan havoning entalpiyasi va nam saqlashi Ramzinning I-x diagrammasidan toping.

Yechish:

10.2-rasmda ko'rsatilgandek, entalpiya  $I=163$  kJ/kg\* quruq havo nam saqlashi  $x=0,04$  kg/ kg \* quruq havo.



10.2-rasm. 10-1 masalaga oid

10.3-rasm. 10-2 masalaga oid

2-masala. Temperaturasi  $80^{\circ}\text{S}$  va entalpiyasi  $I=150$  kJ/kg quruq havo bo'lgan bug'-havo aralashmasidagi suv bug'ining parsial bosimi aniqlansin.

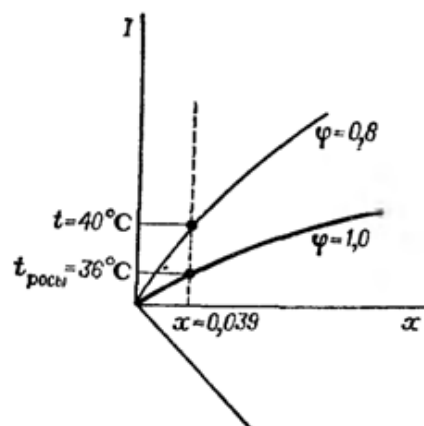
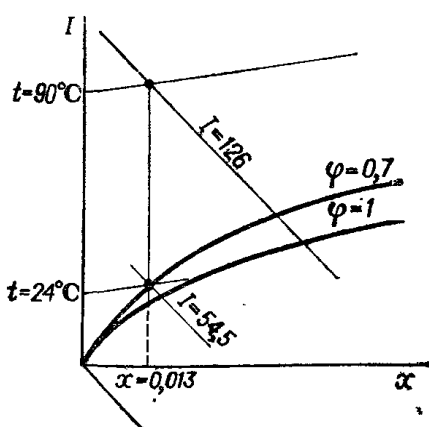
Yechish:

Ramzinning I-x (10.1-rasm) diagrammasidan  $80^{\circ}\text{S}$  li izoterma va  $I=150$  kJ/kg quruq havo chiziqlarining kesilishi nuqtasini topib, uni suv bug'ining parsial bosimi chizig'iga tushiriladi, so'ng esa absissa o'qiga parallel holda orinataga cho'zib olib boramiz.

Demak,  $t=80^{\circ}\text{S}$  va  $I=150$  kJ/kg quruq havo uchun parsial bosim  $p_p=28$  mm.sim. ust.ga teng.

Yechishning grafik sxemasi 10.3-rasmda keltirilgan.

3-masala. Temperaturasi  $24^{\circ}\text{S}$  va  $\varphi=0,7$  bo'lgan havo kaloriferdan  $90^{\circ}\text{S}$  gacha isitilmoqda. Kaloriferdan chiqayotgan havoning entalpiyasi va nam saqlashi topilsin.



10.4-rasm. 10-3 masalaga oid

10.5-rasm. 10-4 masalaga oid

**Yechish:**

I-x diagrammada havoning boshlang'ich holati  $t=24^{\circ}\text{S}$  li izoterma  $\varphi=0,7$  chizig'i bilan kesishgan nuqtasiga to'g'ri keladi (10.4-rasm).

Ushbu nuqtaga  $x=0,013$  kg/kg\* quruq havo va  $I=54,5$  kJ/kg\* quruq havo to'g'ri keladi. Isitish paytida

havoning nam saqlashi o'zgarmaydi, shu sababli havoni isitish jarayoni  $x=\text{const}$  chizig'i bilan ifodalaniladi.

Demak havoning oxirgi holati  $x=0,013$  chizig'i  $t=90^{\circ}\text{S}$  li izoterma bilan tutashgan nuqtasi bilan

xarakterlanadi. Bu nuqtaga entalpiyaning  $I=126$  kJ/kg\* quruq havo son qiymati to'g'ri keladi.

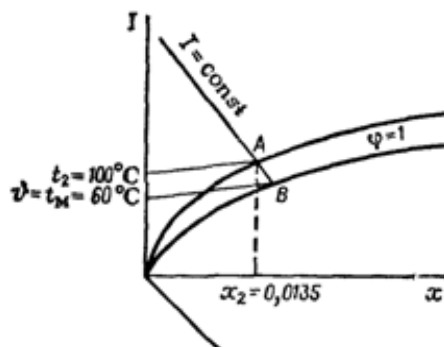
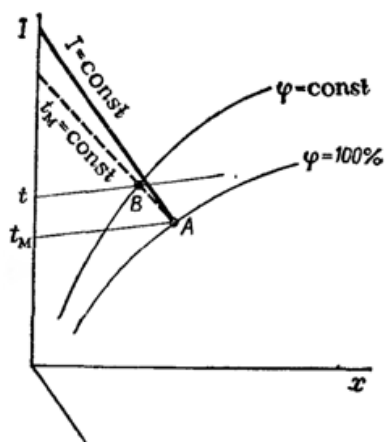
4-masala. Agar havoning temperaturasi  $t=40^{\circ}\text{S}$  va nisbiy namligi  $\varphi=0,8$  bo'lsa, uning shudring nuqtasi topilsin.

Yechish:

Nam havo sovitilsa, ma'lum temperaturaga tgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi. Namlikning bunday holatda ajralishiga to'g'ri keladigan temperaturaga shudring nuqtasi deb ataladi. Bu nuqtani topish uchun I-x diagrammaning ordinata o'qidagi  $40^{\circ}\text{S}$  ga tegishli nuqtadan izoterma chizig'ini  $\varphi=0,8$  bilan kesishguncha davom ettiramiz.

Tutashgan ushbu A nuqtadan  $x=\text{const}$  chiziq bo‘ylab pastga  $\varphi=1,0$ , ya’ni to‘yinish chizig‘i bilan kesishguncha tushiramiz (10.5-rasm). Berilgan parametrlarga to‘g‘ri kelgan nam saqlashi  $x=0,039$  kg/kg va shudring nuqtasi  $t=36^\circ\text{S}$ .

10-5. Psixrometr ko‘rsatgichi quyidagicha: quruq termometr  $t_q=40^\circ\text{C}$ , ho‘l termometr esa  $t_x=36^\circ\text{C}$ . I-x diagrammadan havoning nisbiy namligi aniqlansin.



10.6-rasm. 10-5 masalaga oid

10.7-rasm. 10-6 masalaga oid

$t_x=35^\circ\text{S}$  izotermani  $\varphi=100\%$  bilan kesishguncha cho‘zib boramiz va A nuqtani topamiz (10.6-rasm). Ushbu nuqtadan izoterma bo‘yicha ( $t_x=\text{const}$ ) xarakat etib V nuqtada t temperatura izoterma bilan kesishguncha cho‘zamiz va bu nuqtaga oid  $\varphi$  ni aniqlaymiz.

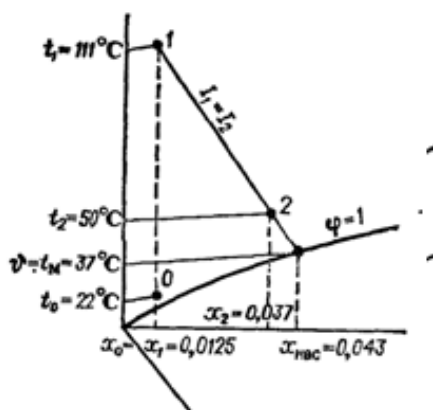
Bizning misolimiz uchun  $t_k=40^\circ\text{C}$  va  $t_x=35^\circ\text{C}$  bo‘lganda  $I=\text{const}$  chizig‘i bo‘yicha  $\varphi=70\%$  ligini topamiz.

6-masala. Quritgichdan chiqayotgan havo temperaturasi  $t_2=100^\circ\text{C}$  va nam saqlashi  $x_2=0,0135$  kg/kg va materialning namligi kritik namlik yuqori bo‘lsa, materialning temperaturasi topilsin.

Yechish:

Quritish jarayonining I-davrida nam materialning temperaturasi ho‘l termometrning temperaturasi  $t_x$ ga teng bo‘ladi.

Bu temperaturani topish uchun A nuqtadan  $I=\text{const}$  chizig‘ini  $\varphi=1$  bilan V nuqtada tutashguncha davom ettiramiz (10.7-rasm). Ushbu nuqtadan  $t_x=60^\circ\text{S}$  izoterma o‘tadi.



10.8-rasm. 10-7 masalaga oid

7-masala. Soatiga 550 kg, namligi 23 % gacha quritilgan marmelad ishlab chiqarish uchun quritish qurilmasiga namligi 30 % bo‘lgan marmeladdan qancha miqdorda kiritish kerak.

Yechish:

Nam material bo'yicha quritgichning unumdorligini hisoblash uchun (10.2) formuladan foydalanamiz:

$$G = 550 \frac{100 - 23}{100 - 30} = 605 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

### MASALALAR

- 28.11kg nam materialdan 50% dan 25% gacha quritganda, 1 kg nam materialni 2% dan 1% gacha qurtilganga qaraganla necha barobar ko'p namlik chiqariladi (umumiy massaga nisbatan hisoblanganda).
- 28.2 Quritgichdan chiqayotgan havoning temperaturasi  $t_1 = 50^\circ\text{S}$  va nisbiy namligi  $\varphi = 0,7$  bo'lganda uning nam saqlashi, entalpiyasi, xo'l termometr temperaturasi va shudrii nuqtalarini aniqlang.
- 28.3 Xavoning quruq termometrdan harorati  $50^\circ\text{S}$  va xo'l termometrdagi temperaturasi  $30^\circ\text{S}$  bo'lganda, havoning qolgan Hamma xarakterlovchi parametrlarini aniqlab bering.
- 28.4 Suv bug'ining havo bilan aralashmasidagi parsial bosimi  $0,1 \text{ kgs/sm}^2$  ligi ma'lum bo'lsa,  $50^\circ\text{S}$ , temperaturada bu aralashmaning nisbiy namligi va nam saqlashini aniqlab bering. .
- 28.5—Suv bug'ining a) havo bilan; b) vodorod bilan va s) etan bilan aralashmalaridagi temperatura  $t = 35^\circ\text{S}$  da va nisbiy namligi  $\varphi = 0,45$  dagi miqdorini aniklang (gazlarning miqdorini 1 kg deb olinsin). Umumiy absolyut bosim  $P = 1,033 \text{ jgk/sm}^2$
- 28.6. Agarda, quritgichdan chiqayotgan havoning temperaturasi  $t_2 = 40^\circ\text{S}$  va nisbiy namligi  $\varphi_2 = 0,6$  bo'lsa, yoz va qish fasllari ;(Toshkent shahri sharoiti) uchun havoning solishtirma sarfi va issiqlik miqdori aniqlansin. Nazariy quritgichda normal quritish jarayoni tashkil etilgan.
- 28.7. Havo-bug' aralashmasi temperaturasi  $150^\circ\text{S}$  da va nisbiy namligi  $\varphi = 0,5$  ga teng bo'lganda umumiy (absolyut) bosim miqdori  $745 \text{ mm.sim.ust.ni}$  tashkil etadi. Suv buyi va havoning parsial bosimini va havoning nam saqlashini toping.
- 28.8. Nam xavo temperaturasi  $130^\circ\text{S}$ , nisbiy namligi  $\varphi = 0,3$  va absolyut bosimi  $7 \text{ kgk/sm}^2$  ( $0,7 \text{ MPa}$ ) ga teng. Havoning parsial bosimini, zichligi va nam saqlanishini aniqlab bering.
- 28.9 Quritgichga kirayotgan havo miqdori soatiga  $200 \text{ kg}$  (absolyut quruq havo deb hisoblanganda) bo'lib, uning temperaturasi  $t_1 = 95^\circ$  va  $\varphi_1 = 5\%$  ni tashkil etadi. Quritgichdan chiqayotgan namlik miqdori qancha? Havoning solishtirma sarfm ham aniqlansin..
- 28.10 Soatiga  $800 \text{ kg}$  namligi  $32\%$  pastilani quritish jarayonida  $44 \text{ kg/soat}$  miqdordagi namlik bug'latilgan bo'lsa, yulingan pastinga necha foiz namlikda bo'ladi?
- 28.11. Quyidagi sharoitlarda , ya'ni  $t_0 = 15^\circ\text{S}$ ,  $\varphi_0 = 0,8$ ,  $t_1 = 45^\circ\text{S}$ ,  $\varphi_2 = 0,6$  ;  $P = 1013 \text{ mm.sim.ust.}$  da quritilayotgan materiallardan soatiga  $1000 \text{ kg}$  namlik ajralayotgan bo'lsa,ventilyatorning ish unumdorligini aniqlang.
- 28.12 Havo quritgichga kirishdan oldin kaloriferda  $113^\circ\text{S}$  gacha isitiladi. Quritgichdan chiqayotganda havo temperaturasi  $60^\circ\text{C}$  va nisbiy namligi  $0,3$ . Kaloriferga kirayotgan havoning shudring nuqtasini aniqlab bering. Quritish  $I = \text{const}$  chizig'i bo'ylab bormoqda deb hisoblansin.
- 28.13 Non mahsulotlarini quritish jarayonida chiqib ketayotgan issiq havoning bir qisyonini quritgichga qaytarish rejimida ishlamoqda:  
 Havoning . parametrlari quyidagicha;  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 19\%$ ;  
 Ishlatib bo'lingan issiq havo parametrlari:  $t_2 = 52^\circ\text{S}$ ,  $\varphi_2 = 55\%$ ;  
 Aralastirish darajasi:  $n = 2$ ;  
 Kaloriferdan chiqayotgan havo temperaturasi  $t_{\text{apal}} = 93^\circ\text{S}$ .  
 Ushbu jarayonlar uchun quyidagilar aniqlansin: havoning solishtirma entalpiyasi va namligi; ishlatib bo'lingan issiq havoning solishtirma namligi, entalpiyasi, temperaturasi va nisbiy namligi; quritgichga kirishdagi havoning solishtirma namligi, entalpiyasi, temperaturasi va nisbiy namligi. Xisoblar analitik va grafik (I-x diagrammasi yordamida) qilinsin va bir-biriga taqqoslansin.
- 28.14 Ish unumdorligi  $G_1 = 1600 \text{ kg/soat}$  bo'lgan quritgich nonni normal quritish jarayonida quritmoqda. Nonning namligi  $u_1 = 52\%$ , quritilgandan keyin esa,  $u_2 = 9\%$   
 Qurilma o'rnatilgan sex ichidagi havoning temperaturasi  $23^\circ\text{S}$ , kaloriferlan chiqayotgan ishlatilib bo'lingan issiq havo parametrlari quyidagicha:  $t_2 = 40^\circ\text{S}$ ,  $\varphi_2 \sim 45\%$ . Quritish

jarayonini o'gkazish uchun havo, kaloriferdan chiqayotgan, ishlatib bo'lingan issiq havo hajmlari va kaloriferda sarflanayotgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Namligi 52% (umumiy massaga nisbatan) non 1600 kg/soat sarfda tonnelli qurilmada quritilmoqda. Quritilgan non namligi 9%. Quritilgan nondagi absolyut quruq moddaning solishtirma issiqlik sig'imi  $s_{km} = 1,42 \text{ kJ/k. K.}$  .

Qurilma o'rnatilgan bino ichidagi havoning temperaturasi  $22^{\circ}\text{S}$ , kaloriflardan chiqayotganligi esa  $-105^{\circ}\text{S}$ , quritgichda ishlatib bo'lingan havoniki esa  $-55^{\circ}\text{S}$ .

Havo va matsriallar quritish kamerasidagi harakati 2 xil yo'nalishda, ya'ni:

- to'g'ri yo'li;
- qarama-qarshi yo'li bo'lganda, materialni isitish uchun sarf bo'ladigan issiqlik miqdori hisoblansin.

Temperaturasi  $t$  va nisbiy namligi  $\varphi$  bo'lgan havoning nam saqlashi, entalpiyasi, partzial bosimi, xo'l cha quruq termometr, hamda shudring nuqtasiga mos temperaturalarini  $I x$  diagramma yordamida aniqlang.

### ADSORBSIYA (4 soat)

Gaz yoki suyuq faza tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni qattiq jism yordamida yutilish jarayoni adsorbsiya deb ataladi.

Adsorbsiya paytida yutilayotgan modda adsorbktiv deb yuritiladi.

Adsorbsiya jarayoni sanoatda gazlarni tozalash va quritish, eritmalarni tozalash va tindirish, hamda gaz va bug' aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Masalan, havo va boshqa gaz aralashmalaridan uchuvchan erituvchilarni ajratish, ammiakni tozalash, tabiiy gazni quritish, gazidan aromatik uglevodorodlarni ajratish, nastmassa va sintetik kauchuk ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino mahsulotlarini har xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda adsorbsiya jarayoni keng ishlatiladi.

Sanoat gazlarini  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{N}_0$  va boshqa shu kabi birikmalardan adsorbentlar yordamida tozalash, atrof muhitni muhofaza qilishda ishlatiladi.

Qattik jismning yuzasiga ta'sir qilayotgan kuchlarning tabiatiga qarab adsorbsiya 2 xil bo'ladi: fizik adsorbsiya va xomosorbsiya.

Fizik adsorbsiya molekulyar kuchlarning o'zaro ta'sirlanishiga asoslangan. Xemosorbsiya esa, kimyoviy kuchlarning o'zaro ta'sirlanishi natijasida yuz beradi.

#### Xisoblash formulalari va asosiy bog'liqlar

Adsorbsiyadagi muvozanat konsentratsiyalari o'rtasidagi borliqlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$x^n = f(\bar{y}, T) \quad (9.1)$$

Agarda temperatura o'zgarmas bo'lsa,

$$x^n = f(\bar{y}) \quad (9.2)$$

bu yerda  $x^n$  - gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbktivning konsentratsiyasiga teng bo'lgach adsorbktivning adsorbengdagi, nisbiy konsentratsiyasi;  $\bar{y}$  - t i l a y o t n g a n gaz yoki suyuqlik aralashmalaridagi adsorbktivning nisbiy konsentratsiyasi:

Hususiyl hollarda bug'-gaz iralashmalaridan otilayotgai moddaning konsentratsiyasi uning normal bosimi bilan almashtirilishi mumkin.

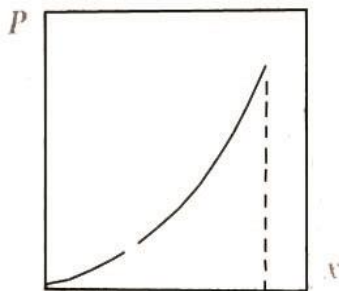
$$x^n = (P) \quad (9.3)$$

Umuman olganda  $x^n = f(\bar{y})$  va  $x^n = (P)$  bog'liqyaiklar adsorbsiya paytidagi muvozanat chiziklar yoki adsorbsiya izteomalarini ifoda kiladi. Izoteramaning aniq shakli adsorbent va

yutilayotgan moddaning xossalariga va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sir qilish kuchlariga bog'liq bo'ladi.

Agar, adsorotsiya izotsrmasin  $R \sim x$  koordinatalari ifoda etilsa, egri chiziqni boshlang'ich qismida  $R$  va  $x$  larning taxminan to'g'ri proporsionalligi borligi oxirgi qismida esa, egri chiziq **asimptotik holati** Adsorbktivning qattiq fazadagi chegara konsentratsiyasi  $x$  ga intilishini ko'ramiz.

9.1-rasmdagi egri chiziqning o'rta qismi Freydlitxning empirik tenglamasi orqali ifodalanadi.



### 9.1-rayem. Adsorbsiya jarayoni izotermsi

$$P = K \cdot x^n \text{ yoki } x = K \cdot P^{1/n}$$

bu yerda  $K$  va  $n$  tajriba yo'li bilan topiladigan konstantalar. Fizik adsorbsiya jarayoni. Langmyur tenglamasi bilan ifoda qilinadi.

$$x = \frac{a \cdot e^{-b/p}}{1 + e^{-b/p}} \quad (9.4)$$

bu yerda  $a, b$  - temperaturaga bog'liq va tajriba yo'li bilan topiladigan koeffitsiyentlar.

Standart modda bug'ining  $T_1$  temperaturadagi adsorbsiya izotermasiga ko'ra boshqa modda bug'ining  $T_2$  temperaturadagi adsorbsiya izotermasini hisoblash mumkin.

–Adsorbsiya paytida yutilgan moddaning miqdorini aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$a_2^n = a_1^n \frac{V_1}{V_2} \quad (9.5)$$

bu yerda  $a_1$ - standart modda adsorbsiya izotermasining ordinatasi kg/kg;  $a_2$  - aniqlanayotgan izotermaning ordinatasi kg/kg;  $V_1, V_2$ - standart va tekshirilayotgan moddaning mol hajmlari,  $m^3/kmol$ .

Jarayon uzluksiz ravishda olib borilganda, adsorbsiya jarayonining moddiy balansini quyidagicha topish mumkin:

$$L \cdot (a - a_b) = G_1 \cdot (c_0 - c_b) \quad (9.6)$$

bu yerda  $L$  - adsorbentning sarfi, kg/s;  $a_0, a_b$  yutilayotgan moddaning adsorbentdagi boshlang'ich va oxirgi tarkibi;  $G$ - tashuvchi gazning sarfi, kg/s;  $c_0$  - yutilayotgan moddaning adsorbsiya paytida chiqayotgan gazlardagi o'rtacha tarkibi;  $c_b$  - adsorbentning tashuvchi gazdagi tarkibi.

Adsorbsiya jarayoni issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi. Shu sababli, sanoatda ajralib chiqqan issiqlikni foydali sarflaydigan qurilmadan foydalaniladi.

Adsorbsiya jarayonida ajralib chiqqan issiqlik yashirin bug'lanish issiqligi deyiladi va u yutilgan bug' miqdoriga bog'liq bo'lib quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$q = m \cdot a^n$$

bu yerda  $a$ -yutilgan bug' miqdori;  $dm^3/kg$  ko'mir;  $m$  va  $p$ - konstantlar, ularning son qiymchtlari 9-2 jadvalda keltirilgan.

### Adsorbsiya jarayonining kinetikasi

Adsorbsiya jarayonida modda o'tkazish 2 bosqichdan iborat bo'ladi:

- tashqi diffuziya;

- ichki diffuziya.

Tashqi diffuziyaning tezligi asosan jarayonning, gidrodinamik holati bilan, ichki diffuziyaning tezligi esa, adsorbentning tuzilishi cha adsorbsion sistemaning fizik-kimyoviy xossalari bilan harakterlanadi.

Tashqi diffuziyada modda o'tishining tezligi quyidagi Tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\frac{da}{aC} = \beta_a \cdot (\bar{C} - \bar{C}_{10}) \quad (9.7)$$

bu yerda  $a$ - yutilgan moddaning miqdori vaqtga  $s$ ;  $S$  yutilayotgan komponentning bug', gaz aralashmasi hajmini konsentratsiyasi,  $kg/m^3$  gaz  $S_0$ - yutilayotgan komponentning yuzasidagi konsentratsiyasi,  $kg/m^3$  inert gaz;  $\beta$  modda berish koeffitsiyenti,  $s$ .

Ichki diffuziyada paytida modda yutishning tezligi **molekulyar diffuziya tenglamasi bilan ifodalanadi:**

$$\frac{dc}{d\tau} = D_3 \cdot \left( \frac{d^2c}{d\tau^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{d\pi^2} \right) \quad (9.8)$$

bu yerda  $D_e$  - diffuziyaning effektiv koeffitsiyenti. Jarayon davomida  $V$  ning qiymati o'zgarmas deb olinadi.

Adsorbsiya kinetikasini ifodalaydigan kriterial tenglama  $Nu'$  ni aniqlash mumkin:

$$Nu' = A \cdot Re^m \cdot (Pr')^n \quad (9.9)$$

bu yerda  $Nu'$  - Nusselt diffuzion kriteriysi;  $Pr'$  - Prandtl diffuzion kriteriysi;  $Re$  - Reynolds kriteriysi;  $A, m, n$  - tajriba yo'li bilan aniqlanadigan doimiy qiymatlar.

Masadan, pista ko'mir uchun ( $d_3$  — 1,7-2,2 mm,  $sh$  = 0,3-2 m/s) kriterial tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Nu' = A \cdot Re^{0.54} \quad (9.10)$$

bu yerda

$$Nu' = \frac{\beta \cdot d_e^2}{D}$$

$V$  - diffuziya koeffitsiyenti,  $m^2/s$ ;  $d_3$  - adsorbent zarrachalarining o'rtacha diametri,  $m$ ;  $w$  - bug' - gaz aralashmasining tezligi,  $m/s$ ;  $u_g$  - gazning kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti,  $m^2/s$ . yuqoridagi tenglamadan  $r$  topiladi:

$$\beta = \frac{1.6 \cdot D \cdot w_g^{0.54}}{v^{0.54} \cdot d_3^{0.46}} \quad (9.11)$$

Istalgan temperatura va bosim uchun diffuziya koeffitsiyenti  $D$  quyidagicha topiladi:

$$D = D_0 \cdot \left( \frac{P_0}{P} \right) \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1.5} \quad (9.12)$$

Yutuvchi sorbent qatlamining himoya harakati vaqti H.A.Shilov tenglamasi yordamida hisoblanadi:

$$\tau = K \cdot (H - h)$$

bu yerda  $\tau_0 = K \cdot h$

Demak,  $\tau = K \cdot H - \tau_0$

$K$  - sorbent qatlamining himoya harakati koeffitsiyenti;  $N$  - sorbent qatlamining balandligi,  $m$ ;  $h$  - dinamik tajriba

sharoitida sorbent qatlamining ishlatilmagan balandligi, m;  $\tau_0$  sorbent qatlamining himoya harakat vaqtining yo'qotilishi yoki kinetik koeffitsiyent, s.

Sorbent qatlamining himoya harakati koeffitsiyenti 1 quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K = \frac{a_a}{w \cdot C_0} \quad (9.14)$$

bu yerda  $a'_0$  - muvozanat adsorbsion hajm,  $\text{kg/m}^3$ ;  $w$  tezlik, m/s;  $S_0$  ga aralashmasidagi yutiladigan moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi,  $\text{kg/m}^3$ .

Uzluqli adsorbsiya jarayonining davomiyligi yutilgan modda balans, adsorbsiya kinetikasi va izotermasi tenglamalari sistemasini yechish orqali aniqlanadi.

Adsorbsiya izotermasi 3 qismga bo'linadi:

a) Bu qismda adsorbsiya izotermasi to'g'ri chiziqli va taxminan Genri qonuni bilan ifodalanadi.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C}} \cdot \sqrt{H \cdot b} \cdot \sqrt{\frac{a_a}{w \cdot C_0}} \quad (9.15)$$

$\tau$  - adsorbsiya jarayoni davomiyligi c,  $w$  - bug' - gaz oqimining tezligi m/s;  $N$ -pista ko'mir qatlam balandligi  $N$ ;  $C_0$  - bug' -gaz oqimida yutiladigan moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi,  $\text{kg/m}^3$ ;  $a_0$ -oqim konsentratsiyasi  $S_0$  bilan muvozanatdagi yutilgan modda miqdori  $\text{kg/m}^3$ ;  $\beta$ -modda almashinish koeffitsiyenti  $c^{-1}$ .  $b$ -koeffitsiyent qiymati 9-3 jadvaldan qarab tanlanadi.

9-3 jadval

| $\frac{\bar{c}}{C_0}$ | b    | $\frac{\bar{c}}{C_0}$ | b     | $\frac{\bar{c}}{C_0}$ | B     |
|-----------------------|------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| 0,05                  | 1,64 | 0,2                   | 0,63  | 0,7                   | -0,27 |
| 0,01                  | 1,67 | 0,3                   | 0,42  | 0,8                   | -0,46 |
| 0,03                  | 1,35 | 0,4                   | 0,23  | 0,9                   | -0,68 |
| 0,05                  | 1,19 | 0,5                   | 0,09  |                       |       |
| 0,1                   | 0,94 | 0,6                   | -0,10 |                       |       |

b) Adsorbsiya izotermasining ikkinchi qism uchun  $\tau$  ni aniqlashda ushbu tenglamadan foydalanadi

$$\tau = \frac{a_0}{w \cdot C_0} \left\{ H \cdot \beta_y \left[ \frac{1}{p} \cdot \ln \left[ \left( \frac{\bar{c}}{C_0} \right) - 1 \right] + \ln \left[ \left( \frac{C}{C_0} \right) - 1 \right] \right] \right\} \quad (9.16)$$

d) adsorbsiya izotermasining uchinchi qismi uchun  $\tau$  ni topish uchun quyidagi tenglama to'g'ri keladi

$$\tau = \frac{a_0}{w \cdot C_0} [H - \dots] \quad (9.17)$$

modda o'tkazish zonasining balandligi quyidagi formuladan topiladi:

$$h_0 = H \frac{\tau_{tuy} - \tau_{sk}}{\tau_{tuy}(1 - f) \cdot (\tau_{tuy} - \tau_{sk})} \quad (9.18)$$

bu yerda  $\tau_{tuy}$  - muvozanatli to'yinishigacha ketgan vaqt;  $\tau_{sk}$  - minimal sakrab o'tish konsentratsiyasining himoya harakati vaqti;  $f$  - sorbentning ishlatilmagan muozanat adsorbsion hajmi.

Qatlamning xarakat tezligi  $u$  ushbu formula orqali xisoblanadi.



$$u = (\bar{c}_0 - \bar{c}_{sk}) \cdot \frac{w}{a_0} \quad (9.19)$$

Qurilmadagi qatlarning ichki balandligi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$H_0 = Y \cdot h_0 \quad (9.20)$$

$h_0$  - qo'zg'almas qatlarning modda o'tkazish zonasining balandligi, m;  $Y = 1,4$  o'zgaras koeffitsiyent.

O'tkazish birligining soni konsentratsiyalar o'zgaranda, har pog'ona uchun alohida hisoblanadi.

$$m_0 = \frac{2(\bar{S}_{bosh} - \bar{S}_{ox})}{\bar{S}_{bosh} - \bar{S}_{ox}} \quad (9.21)$$

Izoteraning to'g'ri chiziqli qismida qatlam balandligi ushbu formuladan topiladi.

$$H = h_e \cdot \sum_u^n m_e \quad (9.22)$$

Undan tashqari  $N$  ni topishda ushbu formuladan foydalansa ham bo'ladi.

$$H = \frac{G}{S \cdot \beta_y \cdot \Delta \bar{c}_{ur}} \quad (9.23)$$

$G$  - vaqt birligida yutilyotgan modda miqdori: adsorbsiya jarayonini o'rtacha xarakterga keltiruvchi kuch :

$$(9.24)$$

$\Delta \bar{S}_0 = (\bar{S}_0 - \Delta \bar{S}_0)$  - qatlam oxiridagi katta harakatga keltiruvchi kuch .

$\Delta \bar{S}_1 = (\Delta \bar{S}_1 - \Delta \bar{S}_1)$  - boshqa qatlam oxiridagi kichik harakatga keltiruvchi kuch .

### MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

**1-MASALA.** Bug'havo aralashmasining sarfi  $3450 \text{ m}^3/\text{soat}$ . Benzinning boshlang'ich konsentratsiyasi  $C=0,02 \text{ kg/m}^3$ . Pista ko'mirning zichligi  $\rho=500 \text{ kg/m}^3$ , desorbsiyadan so'ng qoldiq aktivligi  $0\%$  (massa), benzina nisbatan ko'mirning dinamik aktivligi  $7\%$  (massa) va qurilmaning to'liq ko'ndalang kesimiga hisoblangan bug'havo aralashmaning tezligi  $= 0,23 \text{ m/s}$ . Adsorbentni desorbsiya, quritish va sovutish vaqti  $1 \text{ soat } 45 \text{ minut}$ .

Benzin bug'i va xavo aralashmadan benzin bug'ini yutish uchun uzlukli adsorberning diametri, adsorbent qatlamining balandligi va pista ko'mirning miqdorini aniqlansin.

#### Yechish:

1soat 45 minut vaqt ichida benzinni yutish uchun adsorbent miqdori :

$$G = \frac{V \cdot \tau \cdot C}{C_2 - C_1} = \frac{3450 \cdot 1,45 \cdot 0,02}{0,07 - 0,008} = 1612 \text{ kg}$$

Bug'havo aralashmasining tezligi  $0,23 \text{ m/s}$  va sarfi  $\text{m}^3/\text{soat}$  bo'lganda, adsorbent diametri quyidagiga teng bo'ladi.

$$D = \sqrt{\frac{3450}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,23}} = 2,3 \text{ m}$$

Adsorbent qatlamining balandligi esa :

$$H = \frac{1612}{500 \cdot 0,785 \cdot 2,3 \cdot 2,3} = 0,8 \text{ m}$$

**2-MASALA.** Adsorber diametri  $2 \text{ m}$  va adsorbent qatlamining balandligi  $N=1,0 \text{ m}$ . Etil spirti bug'i va havo aralashmasining tezligi  $w=25 \text{ m/min}$ ; boshlang'ich konsentratsiyasi  $\bar{S}_0 = 0,029 \text{ kg/m}^3$ ; adsorberdan chiqayotgan aralashma konsentratsiyasi  $\bar{S}_1 = 0,0002 \text{ kg/m}^3$ ; qatlamining sochilgan holdagi zichligi  $\rho_{s,x}=500 \text{ kg/m}^3$ .

Bir davr ichida ( $\tau = 133 \text{ min}$ ) etil spirti bug'lari pista ko'mir bilan yutilishi paytida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori aniqlansin.

#### Yechish :

Qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasi :

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ m}^2$$

Bu davr ichida adsorberdan o'tayotgan bug' havo aralashmasining miqdori:

$$V = W \cdot S \cdot \tau = 25 \cdot 3,14 \cdot 133 = 10400 \text{ m}^3$$

Yutilayotgan etil spirt bug'larining miqdori:

$$G_{cp} = \frac{10400 \cdot (29 - 0,2)}{1000} = 300 \text{ kg}$$

yoki

$$G_{cp} = \frac{300}{46} = 6,52 \text{ kmol}$$

Adsorberga solinadigan pista ko'mir massasi.

$$S \cdot H \cdot \rho_{nas} = 3,14 \cdot 1,0 \cdot 500 = 1570 \text{ kg}$$

Bu esa

$$\frac{1570}{6,52} = 2406,8 \frac{\text{kg} \cdot \text{ko'mir}}{\text{kmol}}$$

ni tashkil etadi.

Adsorbsiya jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori ushbu formuladan topiladi .

$$q = m \cdot a^n$$

1kg pista ko'mirga bug' a ning miqdori quyidagini tashkil etadi.

$$a = \frac{6,52 \cdot 22,4 \cdot 1000}{1570} = 93 \text{ l/kg}$$

bu yerda **m** va **n** larning son qiymatlari 9-2 jadvaldan olinadi  $m = 3,65 \cdot 10^3$ ,  $n = 0,928$ . Formulaga binoan 1kg pista ko'mirga to'g'ri keladigan issiqlik miqdori .

$$q = 3,65 \cdot 10^3 \cdot 93^{0,928} = 245 \text{ kJ/kg}$$

Bitta davr mobaynida ajralib chiqqan issiqlik miqdori,

$$q_1 = 245 \cdot 1570 = 385000 \text{ kJ}$$

Ushbu issiqlik pista ko'mirni va qurilmani isitishga, atrof muhitga yo'qotilishga va ko'p qismi bug'-gaz aralashmani qizdirishga sarf bo'ladi.

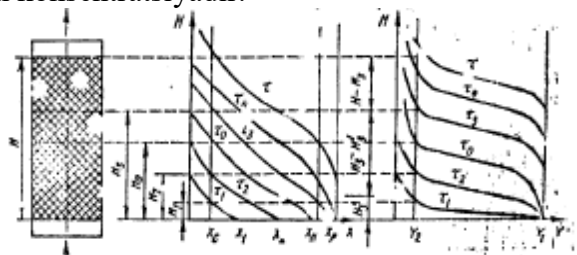
Agarda, hamma ajralib chiqqan issiqlik bug' -gaz aralashmani qizdirishga sarflanmoqda deb taxmin qilsak va uning solishtirma issiqlik sig'imini va zichligini havonikidek deb hisoblansa aralashmaning temperaturasi quyidagi qiymatga ko'tariladi :

$$\Delta t = \frac{385000 \cdot 10^3}{10400 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3} = 30,5 \text{ K}$$

Adsorberlarni hisoblash [6,10].

O'zgarmas qatlami adsorberni hisoblash. Adsorbsiya jarayonining davom etish vaqti adsorbent qatlamini taxlil qilish yo'li bilan topiladi. Yutiladigan moddaning adsorbentdagi miqdori  $x$  qatlam balandligi va vaqt bo'yicha o'zgaradi (9.2-rasm).  $x_c$ -adsorbentdagi moddaning  $u_2$  ga to'g'ri kelgan konsentratsiyasi  $x_c$  biror vaqtdan so'ng, adsorbentning  $N$  balandligida hosil bo'ladi. Shu sababli  $N$  balandlikda amaliy jihatdan yutilishi kerak bo'lgan modda adsorbentga to'la yutilgan bo'ladi.

$\tau_0$  - vaqtning boshlanishida adsorbentdagi moddaning konsentratsiyasi  $x_n$  bo'ladi,  $x_r$  esa  $u_1$  bilan muvozanatda bo'lgan konsentratsiyadir.



9.2-rasm. Adsorbsiya jarayonida qo'zg'olmas adsorbent qatlamining konsentratsiyalar maydoni [10].

Adsorbsiya vaqti N.A. Shidov tenglamasidan aniqlanadi.

$$\tau = \tau_0 + (H - H_0) \quad (9.25)$$

k-qatlaming yutish qobiliyatini harakterlovchi koeffitsiyent, c/m.

bu koeffitsiyent 1 m adsorbent qatlaming to'yinish vaqtini harakterlaydi va quyidagi moddiy balans tenglamasi orqali topiladi:

$$S \cdot \rho_0 \cdot X_n = G \cdot Y_1 \cdot k \quad (9.26)$$

bundan

$$k = \frac{S \cdot \rho_0 \cdot X_n}{G \cdot Y_1} \quad (9.27)$$

bu yerda S-adsorberning ko'ndalang kesim yuzasi, m<sup>2</sup>; - adsorbentning zichligi kg/m<sup>3</sup>; G-gazining sarfi kg/s.  $\tau_0$ -ning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$\tau_0 = \frac{\rho_0}{K \cdot F} \cdot \int_0^{X_n} \frac{dx}{y_1 - y_2} \quad (9.28)$$

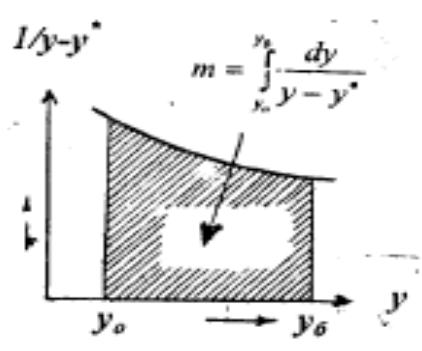
Bu yerda K-modda o'tqazish koeffitsiyenti kg m<sup>3</sup>/c - adsorbentning solishtirma yuzasi;  $y_1 - y_2$

- jarayonni harakatga

keltiruvchi kuch.

Integralning o'ng tomoni grafik usulda topiladi. Uning qiymati  $1/(y_1 - y_2)$  koordinatalarida chizilgan egri chiziqning yuzasiga 9.3-rasm. Modda o'tqazish koeffitsiyenti  $K_y$  quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$K_y = \quad (9.29)$$



(9.3-rasm). Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini integrablab, o'tkazish birligini aniqlash [6].

Re=2÷30 bo'lganda ,

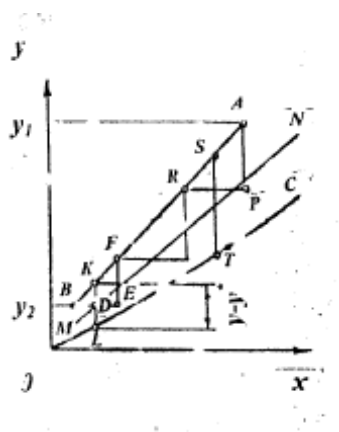
$$Nu^1 = 0,725 \cdot Re^{0,47} \cdot (Pe)^{0,33} \quad (9.30)$$

No ning qiymati quyidagicha topiladi:

$$H_0 = n \cdot h \quad (9.31)$$

Bu yerda h – o'tkazish birligining balandligi M; n-o'tqazish birligining soni.

n-ning miqdori grafik usul bilan topiladi. (9.4-rasm). AB ish chizig'i; OC-muvozanat chizig'i; M-AB va OC chiziqlarni o'rtasidan teng bo'luvchi chiziq; K–birinchi bo'lakdagi jarayonni harakatga keltiruvchi kuchni ifodalaydi .



9.4-rasm. O'tkazish birligi soni grafik usulda aniqlash. OC- muvozanat chizig'i; AB - ish chizig'i; M-muvozanat chizig'i bilan chiziqlarining ordinati qismini teng ikkiga bo'luvchi

O'tqazish birligi sonini topish uchun B nuqtadan gorizontal chiziq o'tkazamiz.  $VF=2VD$  deb olamiz. So'ngra YE nuqtadan AV bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkazib, F nuqtani hosil qilamiz. VEF uchburchak bitta o'tqazish birligiga teng bo'ladi va uning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi KL ga teng. Xuddi shu usul bilan F nuqtadan A nuqttagacha uchburchaklar chizamiz. Uchburchaklarning soni o'tkazish birligining sonini belgilaydi. O'tkazish birligining soni:

$$n = \frac{y_1 - y_2}{\Delta y_y} \quad (9.32)$$

$\Delta y_y$  -o'rtacha harakatlantiruvchi kuch . o'tkazish birligining balandligi quyidagicha aniqlanadi :

$$h = \frac{G}{K \cdot S \cdot F} \quad (9.33)$$

bu yerda S –apparat ko'ndalang kesim yuzasi;  $m^2$ . Adsorber kesimining yuzasi quyidai tenglama bilan topiladi .

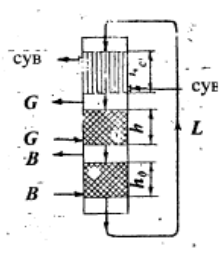
$$S = \frac{G}{W_0 \cdot \rho_g} \quad (9.34)$$

Bu yerda G – gaz sarfi, kg/c;-gazning mavxum (qurilma to'la kesimiga nisbatan olingan ) tezligi, m/s;  $\rho_1$  -gazning zichligi  $kg/m^3$ . Odatda  $w=0,08 \div 0,25$  m/s qilib olinadi .

O'zgaruvchan qatlamina uzluksiz ishlaydigan N adsorberlani hisoblash .

Bu qurilmalarda donodor qatlamini adsorbebent yuqoridan pastga tomon spiralsimon harakat qilib, ketma –ket ravishda balandlikdagi sovutish balandlikdagi adsorbsiya va isitish soxalaridan o'tadi (9.5-rasm). Qurilmaning umumiy ish balandligi esa Uchala balandlikning yig'indisiga teng:

$$H = h_c + h + h_d \quad (9.35)$$



9.5. – rasm. Qurilmaning umumiy balandligini aniqlash [10].

Fazalarning bir –biriga tegib turgan yuzasi modda o‘tqazishining asosiy tenglamalardan aniqlanadi.

$$F = \frac{M}{K \cdot \Delta y_{yr}} \quad (9.36)$$

Bu yerda

$$\Delta y_{yr} = \frac{\overline{y_b} - \overline{y_o}}{\int_{y_b}^{y_o} \frac{dy}{y - y_M}} \quad (9.37)$$

M - adsorbsiya qilingan moddaning miqdori; K- modda o‘tqazish koeffitsiyenti;  $\overline{y_o}$  - gaz aralashmasidagi yutilyotgan moddaning boshlangich konsentratsiyasi;  $\overline{y_b}$  - gaz aralashmasidagi yutilyotgan moddaning oxirgi konsentratsiyasi;  $y_M$  - muvozanat konsentratsiyasi.

O‘zgaruvchan qatlamdagi donador qatlamli adsorbentning ko‘ndalang kesim yuzasi sarf tenglamasidan aniqlanadi :

$$S = \frac{V_c}{W} \quad (9.38)$$

Bu yerda  $V_c$  -qurilmadagi gaz aralashmasining sarfi ,m<sup>3</sup>/s, w gaz oqimining tezligi m/s . Adsorbsiya zonasining balandligi quyidagicha aniqlanadi .

$$h = \frac{F}{S \cdot f} \quad (9.39)$$

bu yerda f- adsorbsiyaning solishtirma yuzasi ,m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Qurilmaning qolgan ish qismining balandliklari quyidagi nisbatlar orqali aniqlanadi :

$$\frac{h}{h_c} = \frac{\tau}{\tau_s} \quad \text{va} \quad \frac{h}{h_d} = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (9.40)$$

yoki

$$h_c = h \cdot \frac{\tau_c}{\tau} \quad \text{va} \quad h_d = h \cdot \frac{\tau_d}{\tau} \quad (9.41)$$

Bu yerda,  $\tau$ ,  $\tau_s$ ,  $\tau_d$  - adsorbsiya, sovitish va desorbsiya uchun ketgan vaqtni ko‘rsatadi. Adsorbsiya uchun ketgan vaqt quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = \frac{S \cdot h}{L_c} \quad (9.42)$$

Bu yerda  $L_c$  - adsorbentning sarfi, m/s.

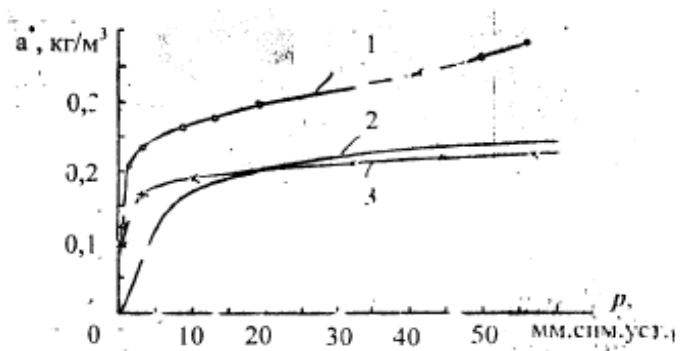
Adsorbentning sarfi esa material balans tenglamasidan aniqlanadi.

### MASALALAR

34.1. Oktan bug‘larining boshlang‘ich konsentratsiyasining miqdori  $S_o = 0,012$  kg/m<sup>3</sup>, tezligi 20 m/min, ko‘mirning benzolga ko‘rsatadigan aktivligi 7 %, ko‘mirning to‘kib, uyib qo‘yilgandagi zichligi 350 kg/m<sup>3</sup>, absorber ichidagi ko‘mirning qatlamining balandligi N = 0,8 m bo‘lgan holda, absorber diametri va havo bilan aralashgan 100 kg oktan bug‘ining yutilish davri davomiyligini yuqoridagi ma‘lumotlar yordamida aniqlab bering.

34.2. Uglerod zarrachalardan iborat qatlamining balandligi N = 0,1 m bo‘lganda SCl<sub>4</sub> bug‘lari adsorbsiyalanishi uchun - ning sakraguncha bo‘lgan yutilish davomiyligini va  $\tau_o$  himoya xarakati vaqtining yo‘qotilishini aniqlash kerak. Gaz-bug‘ aralashmaning tezligi 5 m/min, ko‘mir zarrachalarining diametri d = 2,75 mm, dinamik koeffitsiyentlar qiymati  $V_1 = 14500$ ,  $V_2 = 52945$ .

34.3. 20°S dagi benzol adsorbsiyasi izotermasi yordamida (9.6-rasm) 25°S etil spirti bug‘i adsorbsiyasi izotermasi chizig‘ini quring.



9.6-rasm. 20°S temperaturada adsorbsiya izotermalari [7].

34.4 9.6 - rasmdagi benzol adsorbsiyasi izotermasi yordamida boshlang'ich konsentratsiyasi  $S_0 = 0,11 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan, gaz-bug' aralashmaning uzluksiz adsorbsiyalanishidagi tezligini va ko'mir qatlami balandligini aniqlash kerak. Aralashmaning o'tish tezligi  $\omega = 20 \text{ m/min}$ , modda berish koeffitsiyenti  $\beta_u = 4 \text{ s}^{-1}$ . Ko'mir o'zining statik faolligida adsorbsiyalanish jarayonida 80% gacha to'yinadi. Ko'mirning desorbsiyalangandan so'ng, boshlang'ich statik faolligiga nisbatan qoldiq faolligi 14,5% ni tashkil etadi. Gaz-bug' aralashma konsentratsiya miqdori  $S_0=0,01 \text{ kg/m}^3$  dan oshmagan qiymatgacha tozalanishi kerak.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**

**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ФАКУЛЬТЕТИ**

**ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ КАФЕДРАСИ**

**«АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА**

**ҚУРИЛИМАЛАРИ»**

**ФАНИДАН**

**ЛАБОРАТОРИЯ МАШҒУЛОТЛАРИ УЧУН УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА**

**ГУЛИСТОН-2021**

# 1-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING OQISH REJIMINI ANIQLASH.

## Ишнинг назарий асослари

Гидравлика икки асосий қисмдан: суюқликларнинг мувозанат қонунларини ўрганадиган гидростатика ва суюқликларнинг ҳаракат қонунларини ўрганадиган гидродинамикадан ташкил топган.

Суюқликлар оқувчанлик хусусиятига эга. Суюқлик гўё маълум 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 орқали 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 қуйдаги хоссалари билан бир-бирига ўхшайди:

1) Суюқликлар худди газлар каби маълум шаклга эга эмас, унинг физик хоссалари барча йўналишда бир хил, яъни 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 ишқаланиш бўлмаган суюқликларга айтилади. Ҳар қандай суюқликда ички ишқаланиш кучлари ва қовушоқлик бўлади. Демак, ҳақиқатда табиатда идеал суюқлик бўлмайди, яъни барча суюқликлар реал суюқликлардир.

Аммо суюқликлар температура ва босим таъсирида ўз ҳажмини ва зичлигини ўзгартирадики ёки сиқилади, ҳамда маълум бир қовушоқликка эга бўлади. Бундай суюқликлар шартли равишда **реал суюқликлар** дейилади. Эластик суюқликларнинг ҳажми температура ва босим таъсирида кескин ўзгаради.

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,  $\text{м}^3$ ;

**СОЛИШТИРМА ОҒИРЛИК.** Ҳажм 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 " $\text{Н}/\text{м}^3$ " да ўлчанади, масса билан оғирлик ўзаро қуйдагича боғланган:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.3)$$

бу ерда  $g$  – эркин тушиш тезланиши,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

**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:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F}, \text{ Па} \quad \text{ёки} \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \quad (1.4)$$

Босимнинг йўналиши ва таъсири суюқликнинг ҳамма нуқталарида бир хил, чунки бу куч ҳамма вақт нормал бўйича йўналган бўлади. Бундан кўриниб 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 ортиқча 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  $P_{мон}$ . - 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  $\text{кг} \cdot \text{к}/\text{см}^3 = 101300 \text{ кг} \cdot \text{к}/\text{м}^3$ ;

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. Ньютон қонунига биноан, суюқликнинг силжиши учун зарур бўлган куч шу қатламнинг юзасига, сўрилиш тезлиги градиентига ва шу суюқликнинг қовушоқлик коэффициентига тўғри пропорционал :

$$T = \mu \cdot F \frac{dw}{dn} \quad (1.7)$$

бу ерда  $T$  - таъсир этаётган куч;  $F$  - юза ;  $dw / dn$  - тезлик градиенти;  $\mu$  - қовушоқлик коэффициенти.

Тенгламадаги қовушоқлик коэффициенти  $\mu$  динамик қовушоқлик коэффициент 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 қуйидаги 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** коэффициентнинг 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.

Баъзан нисбий қовушоқлик тушунчаси ҳам ишлатилади. Бунда бирор суюқлик қовушоқлигининг сувнинг қовушоқлигига нисбати олинади.

Температура ортиши билан суюқликларнинг қовушоқлиги камаяди, газларники эса кўпаяди. Суюқликларнинг қовушоқлиги газларникига нисбатан бир неча марта каттадир. Ньютоннинг ички ишқаланиш қонунига бўйсинадиган суюқликлар Ньютон суюқликлар дейилади. Коллоид эритмалар, мойли бўёқлар, смолалар, паст температурада ишлатиладиган сурков мойлари Ньютон суюқликларига кирмайди.

Суюқликнинг ҳаракати тезлик, сарф, босим ва бошқа катталиклар 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 нуктасида алоҳида тезликка эга бўлади. Шунинг учун заррачаларнинг тезлиги ўртача катталиқ билан аниқланади. Ҳажмий сарф миқдорининг труба кўндаланг кесимига нисбати ўртача тезлик дейилади.

$$w = \frac{V}{S}, [м/с] \quad (1.9)$$

бу ерда  $V$  - ҳажмий сарф миқдори,  $м^3/с$ ;  $S$  - трубанинг кўндаланг кесими,  $м^2$ .

Юқоридаги тенгликдан:

$$V = w \cdot S, [м^3/с].$$

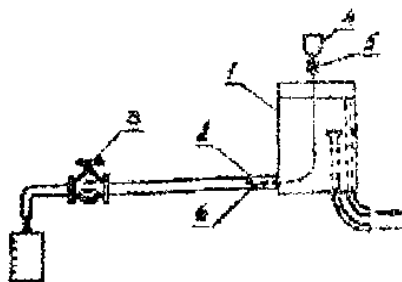
Бу тенглик секундлик сарф тенгламаси дейилади. Суюқликнинг массавий сарфи қуйдагича аниқланади:

$$M = \rho \cdot w \cdot S, [кг/с] \quad (1.10)$$

бу ерда  $\rho \cdot w$  - суюқликнинг массавий тезлиги,  $кг/м^2 \cdot с$ .

Труба ёки бошқа шаклдаги каналда суюқлик икки ҳил режимда, яъни ламинар ёки тўлқинсимон режимда ҳаракат қилади. Оқимларнинг ҳаракат режимини биринчи бўлиб 1833 йилда инглиз физики О.Рейнолдс рангли эритмалар ёрдамида суюқликнинг икки ҳил - ламинар ва турбулент режимда бўлишини аниқлади. Тажриба қурилмаси 1.1- расмда кўрсатилган.

Резервуарда сувнинг сатҳи бир ҳил ушлаб турилади. Унга горизонтал шиша труба бириктирилган. Шиша трубадаги оқим ҳаракатини кузатиш учун унинг ўқи бўйлаб, рангли суюқлик юбориладиган найча ўрнатилган. Сувнинг тубидаги тезлиги кран орқали ростланади.



### 1.1 - расм. Лаборатория тажрибақурилмаси.

1- резервуар; 2- труба; 3- жўмрак; 4- рангли суюқлик  
солинган идишча; 5- жўмрак; 6- капилляр труба.

Сув оқимининг тезлиги кичик бўлганда рангли суюқлик сувга аралашмасдан тўғри чизик бўйлаб горизонтал ип шаклида ҳаракат қилади. Чунки, кичик тезликда сувнинг заррачалари бир-бирига аралашмасдан, параллел режим деб юритилади.

Трубадаги сув оқими тезлиги кескин кўпайтирилса, рангли эритма труба бўйлаб тўлқинсимон ҳаракат қилиб сувнинг бутун массасига аралашиб кетади. Бу вақтда сув заррачалари ҳам бир-бири билан аралашиб, тартибсиз тўлқинсимон ҳаракат қилади. Бундай оқим турбулент режим дейилади.

Рейнольдс ўз тажрибаларида фақат тезликни эмас, балки трубанинг диаметри, суюқликнинг қовушоқлиги, зичлигини ўзгартиради.

Бу ўзгарувчан параметрлар тезлик  $w$ , диаметр  $d$ , зичлик  $\rho$ , қовушоқлик  $\mu$  каби катталиклардан Рейнольдс ўлчамсиз комплекс келтириб чиқаради, яъни:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.11)$$

Бу комплекс **Рейнольдс критерийси** дейилади. Рейнольдс критерийси ўлчовсиз маълум сон қийматга эга. Масалан, ҳалқаро бирликлар системасида унинг сон қиймати қуйдагига тенг:

$$Re = \frac{w \cdot d \rho}{\mu} = \frac{\frac{м}{с} \cdot м \cdot \frac{кг}{м^3}}{\frac{Н \cdot с}{м^2}} = \frac{кг \cdot м}{с^2 \cdot \frac{кг \cdot м}{с^2}} = 1 ;$$

Рейнольдс критерийси ҳаракат режимини аниқлаш билан бирга оқим ҳаракатидаги қовушоқлик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини ҳам аниқлайди. Суюқликларнинг ҳаракат режими Рейнольдс критерийсининг критик қиймати  $Re_{кр}$  билан аниқланади. Тўғри ва текис юзага эга бўлган трубалардаги суюқлик оқими учун  $Re_{кр}=2320$  га тенг. Агар  $Re_{кр} < 2320$  бўлса, **ламинар** режим бўлади,  $Re > 2320$  бўлса, тўлқинсимон ҳаракат (**турбулент** режим) бўлади.  $Re > 10000$  бўлганда турғун турбулент режим бўлади.

$Re = 2320-10000$  ораликда ўзгарса ўтиш соҳаси бўлиб, бу вақтда бир вақтнинг ўзида трубада икки хил ҳаракат мавжуд бўлади, яъни труба ўртасида суюқлик турбулент, девор яқинида ламинар ҳаракатда бўлади. Суюқликлар ҳаракатини думалок кесим юзали трубалардан ташқари ҳар хил каналларда аниқлаш учун  $Re$  критерийсидаги диаметр ўрнига эквивалент диаметр катталиги ишлатилади. У ҳолда:

$$Re = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho}{\mu}; \quad d_s = \frac{4S}{\Pi} \quad (1.12)$$

бу ерда  $S$  – суюқлик оқимининг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $\Pi$  – хўлланган периметр.

Диаметри  $d$  га тенг бўлган думалоқ труба учун  $d_e=d$ . Агар, каналнинг кесим юзаси томонлари  $a$  ва  $b$  га тенг бўлган тўртбурчакли бўлса, у ҳолда:

$$h_{MKH} = \xi_{MKH} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (1.13)$$

### Ишни бажариш тартиби

1. 1.1- расмдаги лаборатория тажриба қурилмаси текширилади.

2. Жўмрак 3 ни аста-секин очиб суюқлик сарфини кўпайтириб, вақт бирлигида оқиб ўтган суюқликнинг ҳажми ўлчанади. 5 жўмракни очиб, индикатр ёрдамида трубадаги суюқликнинг ҳаракат режими аниқланади. Суюқликнинг ҳаракат режими рангли суюқликнинг сув билан аралашиб кетишига қараб аниқланади.

3. Трубада оқаётган сувнинг температураси ўлчанади.

Тажриба натижаларини ҳисоблаш жадвалига ёзилади. Сувнинг температурасига қараб, иловадаги 2 - жадвалдан сувнинг қовушоқлиги, зичлиги аниқланади.

Тажриба натижасида ҳисобланган  $Re$  критерийси билан тезлик орасидаги боғланиш, яъни  $Re = f(w)$  графиги чизилади. Графикдан  $Re=2320$  бўлганда трубадаги суюқлик оқимининг критик тезлиги аниқланади.

1-1 жадвал

| Кўрсатмалар   | Тўғри тажриба |   |   |   | Тесқари тажриба |   |   |   |
|---|---------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|
|   | 1             | 2 | 3 | 4 | 5               | 6 | 7 | 8 |
| Сувҳажми $V, m^3$   |               |   |   |   |                 |   |   |   |
| Сувнинг оқиб чиқиш вақти $\tau, c$                            |               |   |   |   |                 |   |   |   |
| 1с оқиб чиққан сувнинг ҳажми<br>$V_c = \frac{V}{\tau}, m^3/c$ |               |   |   |   |                 |   |   |   |
| Сувнинг оқим юзаси<br>$F = \pi \cdot \frac{d^2}{4}, m^2$      |               |   |   |   |                 |   |   |   |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Суюқлик ҳаракатининг ўртача тезлиги<br>$w_{ур} = \frac{V_c}{F}, м/с$ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рейнольдс сони<br>$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$            |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сувнинг температураси, °С  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Визуал кўриниш   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оқим режими  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### Текшириш учун саволлар

1. Суюқликларнинг асосий физик хоссалари: зичлик, солиштирама оғирлик, босим, қовушоқлик.
  2. Суюқликнинг ҳаракат тезлиги ва сарфланиши.
  3. Гидравлик радиус ва эквивалент диаметр.
  4. Суюқлик оқимининг ҳаракат режимлари.
  5. Ламинар ва турбулент ҳажмдаги оқим ҳаракатининг ўртача тезлиги.
1. Эйлернинг дифференциал тенгламаси.
  2. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.

## **2-LABORATORIYA ISHI: TRUBALARDA MAHALIY VA ICHKI ISHQALANISH QARSHILIKLRINI ANIQLASH.**

### *Ишнинг назарий асослари*

Бернулли тенгламаси:

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (2.1)$$

ихтиёрий икки кўндаланг кесимли 1 ва 2 труба учун қуйидаги ҳолда ифода қилиш мумкин:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

Бу (2.2) ифода идеал суюқликлар учун Бернулли тенгламасидир ва у

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = H$$

умумий гидродинамик босимни ифодалайди. Бернулли тенгламасига асосан турғун ҳаракатдаги идеал суюқликлар учун исталган кўндаланг кесимда гидродинамик босим ўзгармас қийматга эга.

$Z$  - геометрик босим ( $h$ ), шу нуқтадаги потенциал солиштирма энергиянинг ҳолатини характерлайди.  $P/\rho g$  - статик босим ( $h_{cm}$ ), шу нуқтадаги солиштирма босим, потенциал энергияни характерлайди.  $w^2/2g$ - динамик босим ( $h_d$ ), шу нуқтадаги солиштирма кинетик энергияни характерлайди.

Бу учала босим узунлик ўлчамига эга бўлиб, метр ҳисобида ифодаланади.

Шундай қилиб, Бернулли тенгламасига биноан, идеал суюқликларнинг турғун ҳаракатида геометрик, статик ва динамик босимлар йиғиндиси ўзгармас умумий гидродинамик босимга тенг бўлиб, унда оқим трубанинг бир кесимидан иккинчисига ўтганда ўзгармайди. Шу билан бирга идеал суюқликларнинг турғун ҳаракатида потенциал ( $Z+P/\rho g$ ) ва кинетик  $w^2/2g$  энергияларнинг йиғиндиси ҳар бир кўндаланг кесим учун ўзгармасдир. Шундай қилиб, Бернулли тенгламаси, энергиянинг сақланиш қонунинг хусусий кўриниши бўлиб, оқимнинг энергетик балансини белгилайди.

Трубанинг кўндаланг кесими ва суюқликнинг ҳаракат тезлиги ўзгарганда энергиянинг ўзгариши рўй беради. Бунда бир қисм потенциал энергия кинетик энергияга ўтади ёки аксинча, умумий энергиянинг қиймати ўзгармайди.

Ҳақиқий суюқликларда ички ишқаланиш кучи мавжуд бўлгани сабабли, суюқликлар трубаларда оқаётганда бир қисми босим бу кучни енгиш учун сарф бўлади.

Бундай шароитда Бернулли тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (2.3)$$

ёки

$$h_r + h_{cm} + h_d + h_u = H \quad (2.4)$$

ифодада  $h_u$  ишқаланиш кучини енгиш учун сарфланган босим.

Сарфланган босим  $h_u$  ҳақиқий суюқликларнинг ҳаракати пайтида кетган солиштирма энергияни характерлайди.

Агар (2.3) тенгламани ўнг ва чап томонларини ( $\rho g$ ) га кўпайтирсак, Бернулли тенгламасини қуйидаги ҳолда ёзиш мумкин:

$$\rho g z_1 + p_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g z_2 + p_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta P \quad (2.5)$$

бу ерда  $\Delta P$  - сарфланган босим фарқи [Па].

$$\Delta P = \rho g h_u \quad (2.6)$$

Умумий ҳолда, сарфланган босим ва босимларнинг фарқи ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун кетади.

$$h_u = h_{uc} + h_{uc} \quad (2.7)$$

Ҳақиқий суюқликларнинг ҳаракати пайтида трубаларнинг бутун узунлигида ички ишқаланиш қаршилиги пайдо бўлади. Унинг қийматига суюқликнинг оқиш режими таъсир кўрсатади.

Трубада суюқлик оқимининг ҳаракат йўналиши ва тезлиги ўзгарганда у маҳаллий қаршиликларга дуч келади. Трубадаги вентиллар, тирсак, жўмрак, торайган ҳамда кенгайган қисмлар ва ҳар хил тўсиқлар маҳаллий қаршиликлар дейилади.

Гидравлик қаршиликларни ҳисоблаш катта амалий аҳмиятга эга. Йўқотилган босимни билмасдан туриб насос ва компрессорлар ёрдамида суюқлик ва газларни узатиш учун керак бўлган энергия сарфини ҳисоблаш мумкин эмас.

Труба ва каналларда ички ишқаланиш қаршилиги учун йўқотилган босим Дарси-Вейсбах тенгламаси орқали аниқланади:

$$h_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.8)$$

яъни, ички ишқаланишни енгиш учун сарфланган босим динамик босим  $h_o = w^2/2g$  орқали ифодаланади. Ички ишқаланиш учун сарфланган босимини динамик босимдан фарқини кўрсатувчи катталikka ички ишқаланиш қаршилиги коэффитциенти деб аталади ва  $\xi$  билан белгиланади  $\xi$  таркибидаги  $64/Re$  эса ички ишқаланиш гидравлик коэффиценти дейилади ва  $\lambda$  билан белгиланади.

Шунинг учун

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (2.9)$$

Шундай қилиб, (2.8) тенгламани қуйидагича ифодалаш мумкин

$$h_u = \xi \cdot \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.10)$$



ёки

$$\Delta P_u = \rho \cdot g \cdot h_u \quad (2.11)$$

ни ҳисобга олганда ички ишқаланиш туфайли ҳосил бўладиган гидравлик қаршилик ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.12)$$

$Re=4 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$  (турбулент режим) бўлганда ишқаланиш коэффициенти  $\lambda$  қуйидаги ифодадан топилади:

$$\lambda = 0,316 / \sqrt[4]{Re} \quad (2.13)$$

Турбулент оқимда ишқаланиш гидравлик қаршилик коэффициентининг катталиги суюқликнинг оқиш режимига ва труба деворининг ғадир-будурлигига боғлиқ бўлади.

Трубаларнинг ғадир-будурлиги абсолют геометрик ва нисбий ғадир-будурлик билан характерланади. Труба деворларидаги ғадир-будурликлар ўртача баландликларнинг труба узунлиги бўйича ўлчаниши абсолют геометрик ғадир-будурлик дейилади.

Труба деворларидаги ғадир-будурликлар баландлигининг ( $\Delta$ ) труба эквивалент диаметрига ( $d_s$ ) нисбати нисбий ғадир-будурлик дейилади ва  $\varepsilon$  билан ифодаланади.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_s} \quad (2.14)$$

ғадир-будурликларнинг  $\lambda_r$  таъсири труба деворларидаги ғадир-будурликлар баландлиги ( $\Delta$ ) ва ламинар қатлам қалинлигининг ( $\delta$ ) ўзаро муносабатидан аниқланади. Турбулент режим бошланиш пайтида ламинар қатламнинг қалинлиги  $\delta$  ғадир-будурликлар баландлигидан  $\delta > \Delta$  катта бўлади. Бунда суюқлик ғадир-будурликлардан аста-секин оқиб ўтади. Шунинг учун  $\lambda$  ни ҳисоблаш пайтида  $\Delta$  ни ҳисобга олмас бўлади. Бундай трубаларни гидравлик силлиқ деб ҳисобласа бўлади ва  $\lambda$  ни топиш учун (2.13) тенгламадан фойдаланиш мумкин. Турли хил маҳаллий қаршиликларда оқим тезлигининг катталиги ва йўналиши ўзгаради ёки айти бир пайтда ҳам оқим тезлигининг катталиги, ҳам йўналиши ўзгариши мумкин. Бунда босимнинг (ишқаланишга сарф бўлгандан ташқари) кўшимча йўқотилиши содир бўлади.

Маҳаллий қаршиликлардаги босимнинг йўқотилиши, ишқаланиш қаршилигидек, динамик босим орқали топилади. Айти бир маҳаллий қаршиликдаги босим йўқотилишининг динамик босимга  $h_o$  нисбатини – маҳаллий қаршилик коэффициенти дейилади ва у  $\xi_{mk}$  деб белгиланади.

Чунончи, ҳар хил маҳаллий қаршиликлар учун:

$$h_{mk} = \xi_{mk1} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$h_{mk} = \xi_{mk2} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.15)$$

$$h_{mkп} = \xi_{mkп} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

ёки ҳамма маҳаллий қаршиликлар учун:

$$h_{mk} = \sum \xi_{mk} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.16)$$

Кўпинча, турли хил маҳаллий қаршилик коэффициентлари тажриба йўли билан аниқланади. Уларнинг ўртача катталиклари илованинг 3-жадвалида ёки бошқа адабиётлардан топиш мумкин [2,3].

Масалан: Трубанинг бирдан кенгайиши туфайли, оқим кўндаланг кесими кичик трубадан кесими катта бўлган трубага ўтганда тезлиги камаяди, бу пайтда суюқлик оқимлари труба деворларига урилиб натижада босим йўқотилади.

Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қиймати

| $Re = \frac{w_c \cdot d_o}{\nu}$ | $F_0/F_1$ |      |     |      |      |      |
|----------------------------------|-----------|------|-----|------|------|------|
|                                  | 0,1       | 0,2  | 0,3 | 0,4  | 0,5  | 0,6  |
| 10                               | 3,1       | 3,1  | 3,1 | 3,1  | 3,1  | 3,1  |
| 100                              | 1,7       | 1,4  | 1,2 | 1,1  | 0,9  | 0,8  |
| 1000                             | 2,0       | 1,6  | 1,3 | 1,05 | 0,9  | 0,6  |
| 3000                             | 1,0       | 0,7  | 0,6 | 0,4  | 0,3  | 0,2  |
| 3500                             | 0,81      | 0,64 | 0,5 | 0,36 | 0,25 | 0,16 |

$F_0$  - кўндаланг кесими кичик бўлган трубанинг юзаси, м<sup>2</sup>;  $w_0$  - кўндаланг кесими катта бўлган трубадаги тезлик, м/с  $F_1$  - кўндаланг кесими катта бўлган трубанинг юзаси, м<sup>2</sup>.

Труба бирдан кенгайганда маҳаллий қаршиликларни енгиш учун йўқотилган босим  $\Delta P_{ок}$  қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\Delta P_{ок} = \xi_{ок} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.17)$$

Қолган маҳаллий қаршиликлар коэффициентлари 2-2 жадвалда келтирилган:

| Т.б.<br>№ | Маҳаллий қаршилик турлари             | Маҳаллий қаршилик<br>коэффициент қийматлари |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 1         | Трубага кириш                         | 0,5   |
| 2         | Трубадан чиқиш                        | 1,0   |
| 3         | Кран тўла очик бўлганда               | 0,2   |
| 4         | Тирсак учун                           | 1,1   |
| 5         | Нормал вентил                         | 4,5-5,5                                     |
| 6         | Трубаинг бурилиши бурчак остида бўлса | 0,14  |

Умумий босим йўқолишини куйидаги тенгламадан

$$h_y = \xi_u \cdot \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{mk} \cdot \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.18)$$

$$h_y = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.19)$$

ва тўла гидравлик қаршиликни

$$\Delta P_y = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.20)$$

ушбу тенгламалар ёрдамида аниқлаш мумкин.

Ушбу ишни ўтказишдан мақсад, тажриба йўли билан суюқлик ҳаракати давомида ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни аниқлаш, сўнгра уларни ҳисоблаш йўли ёки жадвалдан топилган қийматлари билан солиштириш.  $\lambda = f(Re)$  ва  $\xi = f(Re)$  боғиликларни график усулда тасвирлаш.

### **Ишни бажариш тартиби.**

2.1- расмда тажриба ўтазиш қурилмаси кўрсатилган. Идишдаги (1) сув марказдан қочма насос (4) ёрдамида труба ва турли хил маҳаллий қаршиликлар системаси орқали ўтазилиб, яна (1) идишга қайтарилади.

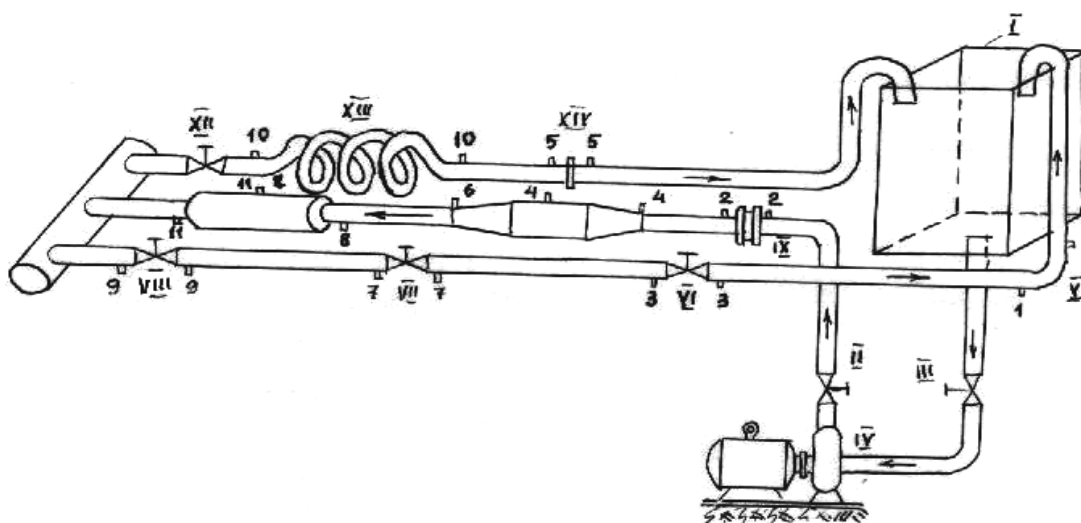
Тажриба қурилмасида 10 та маҳаллий қаршиликлар бор. Суюқликнинг тезлиги хайдаш йўлидаги жўмрақларнинг ёпиш ёки очиш орқали амалга оширилади. Суюқликнинг тезлиги 0,5 дан 2,5 м/с гача ўзгартириш мумкин қурилмадаги труба ва жўмрақларнинг шартли диаметри 50 мм.

Ҳажмий сарф ўлчови диафрагмага (9) уланган симбли манометрнинг кўрсаткичига қараб аниқланади. Маҳаллий қаршиликларда босимнинг йўқолиши ҳам манометрлар ёрдамида топилади. Суюқликнинг температураси симбли термометрда ўлчанади.

Тажриба қурилмаси қуйидаги қисмлардан иборат:

1- ўзгармас суюқлик идиш; 2- ҳайдаш йўлидаги жўмрак; 3- сўриш йўлидаги жўмрак; 4- марказдан қочма насос; 5- синалаётган текис бурчак остидаги тўғри бурилиш ( $l=900\text{мм}$ ); 6- синалаётган жўмрак ( $l=1750\text{мм}$ ); 7- синалаётган жўмрак ( $l=375\text{мм}$ ); 8- тикинли жўмрак ( $d_{\text{ин}}=50\text{мм}$ ); 9- ўлчовчи диафрагма ( $d_{\text{ин}}=50\text{мм}$ ,  $d_0=37\text{мм}$ ); 10- аста-секин кенгайиш ва торайиш  $F_0/F_1=0,3$ ; 11- синалаётган бирдан кенгайиш ва торайиш  $d_{\text{бк}}=98\text{мм}$ ;  $d_{\text{м}}=50\text{мм}$   $F_0/F_1=0,5$ ; 13- синалаётган змеевик ( $D=380\text{мм}$   $d_{\text{мп}}=50\text{мм}$ ); 14- манометр.

### ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ СХЕМАСИ



1. Суюқлик узатувчи бак сув билан тўлдирилади.
2. Сўриш йўлидаги кран 3 очилади, ҳайдаш йўлидаги кран охиригача ёпилади. 3 ёки 12 кранлардан бири синалаётган қаршиликларнинг хилига қараб очиб қуйилади.
3. Насос ишга туширилади.
4. Кран 7 очиб, сувнинг энг кичик сарфи ўрнатилади ва сув синалаётган қаршилик орқали ўтазилади.
5. Манометр 15 ёрдамида босимнинг йўқотилиши ўлчанади, сўнгра сувнинг иссиқлиги аниқланади.
6. Кран 2 очиш орқали сувнинг сарфи аста-секин кўпайтириб борилади ва манометрларнинг кўрсаткичи ўлчанади.
7. Сувнинг сарфи ўлчов диафрагмасига уланган манометрнинг кўрсаткичи асосида ҳисобланади.

### Тажриба кўрсаткичларини ҳисоблаш

Оқимнинг ўртача тезлиги секундли сарф тенгламаси оралиқ аниқланади:

$$w_{yp} = \frac{V_c}{F};$$

Суюқликнинг сарфини қуйидагича топиш мумкин:

$$V = \frac{\alpha \cdot K \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_0 \cdot \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_c}}$$

бу ерда  $\alpha$  - тузатиш коэффициентини,  $\alpha=0,62$ ;  $K$  - трубаинг ғадир-будурлигини ҳисобга олувчи тузатиш коэффициентини. Гидравлик силлиқ трубалар учун  $K=1$ ;  $d_0$  - диафрагма тешигининг диаметри, м;  $h_g$  - манометрдаги суюқлик босимларининг фарқи, м;  $\rho_c$  - трубада оқаётган суюқликнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_m$  - манометрик суюқликнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

#### 2-3 исобот жадвали

|   | Ўлчов<br>бирлиги                     | 1-<br>тажриба | 2-<br>тажриба | 3-<br>тажриба | 4-<br>таж<br>риба |
|---|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| Суюқликнинг ҳажмий сарфи $V_c$                                      | $\text{м}^3/\text{с}$                |               |               |               |                   |
| Манометрнинг кўрсаткичи   | $\text{кг}\cdot\text{к}/\text{см}^2$ |               |               |               |                   |
| Трубаинг кўндаланг<br>кесим юзаси, $F$                              | $\text{м}^2$                         |               |               |               |                   |
| Оқимнинг ўртача тезлиги, $w_{yp}$                                   | $\text{м}/\text{с}$                  |               |               |               |                   |
| Сувнинг температураси, $t$  | $^{\circ}\text{С}$                   |               |               |               |                   |
| Сувнинг динамик қовушоқлиги $\mu$                                   | $\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$   |               |               |               |                   |
| Рейнольдс сони $Re$   | -                                    |               |               |               |                   |
| Маҳаллий қаршиликни<br>енгиш учун йўқотилган босим, $\Delta P_{mk}$ | -                                    |               |               |               |                   |
| Тўғри каналларда ишқаланишни<br>енгиш учун                          | $\text{кг}\cdot\text{к}/\text{см}^2$ |               |               |               |                   |

|                                     |    |  |  |  |  |
|-------------------------------------|----|--|--|--|--|
| Ўқотилган босим $\Delta P_n$        | -  |  |  |  |  |
| Ишқаланиш коэффициентини, $\lambda$ | -  |  |  |  |  |
| Маҳаллий қаршилик коэфф., $\xi$     | -  |  |  |  |  |
| Эквивалент ғадир- будурлик          | мм |  |  |  |  |

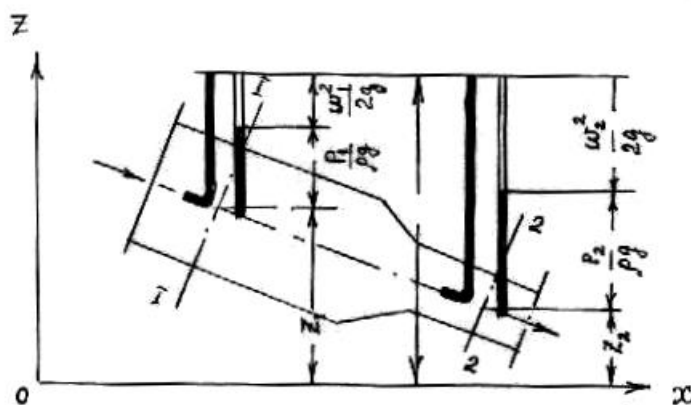
**Текшириш учун саволлар.**

1. Бернулли тенгламаси.
2. Ишқаланиш қаршилиги.
3. Маҳаллий қаршиликлар.
4. Ламинар ва турбулент режимларда, ҳамда ўтиш соҳасида ишқаланиш коэффициентларини аниқлаш.
5. Ғадир-будурлик ва гидравлик силлик трубалар.
6. Бернулли тенгламасини келтириб чиқаринг. Унинг физик маъноси.
7. Оқимнинг узлуксиз тенгламаси.

**3-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING TEZLIGI VA SARFINI PITO-PRANDTL NAYCHASI BILAN O'LCHASH.**

*Ишнинг назарий асослари*

Суюқликларни ҳаракатини ўрганишда, тезлиги ва сарфланиш миқдорини аниқлашда Бернулли тенгламаси қўлланилади. Саноатда суюқликнинг тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссел асбоблар ва пневмометрик трубалар ишлатилади. Пневмометрик трубаларни масалан, Пито-Прандтл найчасининг ишлаш принципи қуйидагича.



3.1 - расм. Статик ва динамик босимларнинг ўзгариши.

Тўғри вертикал пьезометрик найчада суюқлик гидростатик босим  $h_{ст}$  га тенг баландликка кўтарилди  $h_{ст} = \frac{P}{\rho \cdot g}$ , яъни бу катталиқ труба ўрнатилган жойидаги статик босимни ўлчайди. Букилган найча ҳаракатланаётган суюқлик оқими йўналишига қарма-қарши қилиб ўрнатилган бўлиб, ундаги суюқлик баландлиги каттароқ бўлади. Бу баландлик статик босим  $h_{ст}$  ва динамик босим  $h_d$  ларнинг йиғиндисига тенг бўлади.

Бу трубалар ёнма-ён ўрнатилган бўлиб, улардаги суюқликлар баландлигини фарқи динамик босимни кўрсатади. Динамик босимнинг қийматидан тезликни топиш мумкин. Букилган найчанинг ўқи оқим йўналишининг ўқи билан бир бўлгани учун бу тезлик максимал тезлик бўлади:

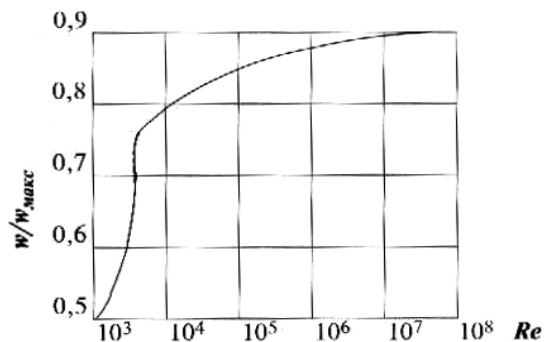
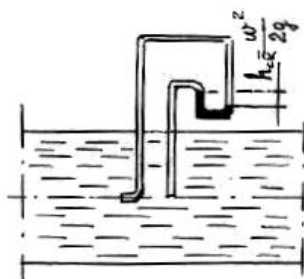
$$h_d = \frac{w_{max}^2}{2g}; \quad w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_d} \quad (3.1)$$

3.1 - расмдан кўришиб турибдики, трубанинг кенг жойида тезлик кичик бўлгани учун динамик босим кичик бўлади. Бернулли тенгламисига биноан трубанинг ҳар бир кесимида умумий гидродинамик босим ўзгармас бўлиб, геометрик, статик ( $P/\rho \cdot g$ ) ва динамик ( $w^2/2g$ ) босимлар йиғиндисига тенг:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} = H \quad (3.2)$$

Шунга асосан иккинчи кесимида трубанинг тор қисмда ҳам умумий босим ўзгармас бўлиб, геометрик ва статик босимлар камаяди, динамик босим эса, тезлик ошгани учун, кўпаяди.

3.1-расмдаги найчалар пьезометрик найча деб аталади. Пьезометрик найчаларидаги суюқлик трубадаги оқаётган суюқлик билан бир ҳил бўлади. Пито-Прандтл найчаси U - симон манометрга эга бўлиб, бу манометр (3.2-расм) трубадаги суюқликка нисбатан зичлиги каттароқ, трубадаги суюқлик билан аралашмайдиган суюқлик билан тўлдирилади.



3.2 - расм.

3.3. расм.

Оқимнинг максимал тезлиги  $w_{\max}$  (3.3) тенгламадан аниқланади.

$$w_{\max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}} ; \quad (3.3)$$

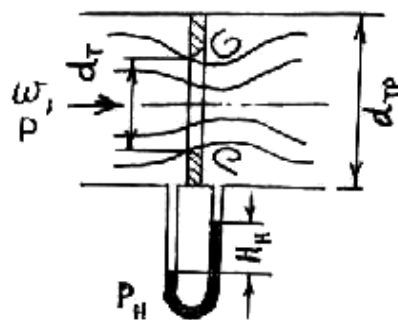
бу ерда  $\rho$  - муҳит зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $h$  - манометрдаги суюқлик баландлиги, м;  $\rho_m$  - манометрдаги суюқлик зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

Ўртача тезликни топиш учун ҳаракат режимни аниқлаш керак. Суюқликларни ҳаракат режими Рейнольдс критерийсининг қиймати  $Re_{кр}$  билан аниқланади:

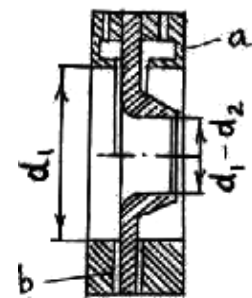
$$Re_{кр} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} ;$$

$d$  - трубаининг диаметри, м;  $\mu$  - муҳитнинг динамик қовушоклиги,  $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$ .

Максимал тезлик орқали



$$Re_{\max} = \frac{w_{\max} \cdot d \cdot \rho}{\mu} ;$$



(3.4)



Агар  $Re_{\max} < 2320$  бўлса, ҳаракат режими ламинар режим бўлиб, ўртача тезлик

3.4-расм

3.5-расм

$$w_{yp} = 0,5 \cdot w_{\max}; \quad (3.5)$$

$Re > 10000$  бўлганда ҳаракат режими турғун турбулент режим бўлиб, у ҳолда ўртача тезлик

$$w_{yp} = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{\max} \quad (3.6)$$

Бундан ташқари ўртача тезликни аниқлаш учун Пито-Прандтл найчасини трубадаги оқимнинг кесими бўйича турли жойига сўриб, шу нуқталарга тўғри келган тезликлар аниқланади. Масалан, бир кесимнинг вертикал бўйича 10 та нуқтасида тезликларни аниқлаб уларни ўртачаси топилади:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = \Sigma w; \quad (3.7)$$

$$w_{yp} = \Sigma w / n;$$

бу ерда  $n$ - ўлчамлар сони.

Ўртача график тезликни бўйича топилса ҳам бўлади. Бунинг учун максимал тезлик ва Рейнольдс критерийси аниқлаб, графикдан топилади ва бу нисбатан ўртача тезлик топилади 3.3 расм.

Суюқлик миқдори эса секундли сарф тенгламаси орқали аниқланади:

$$V = F \cdot w_{yp} \quad (3.8)$$

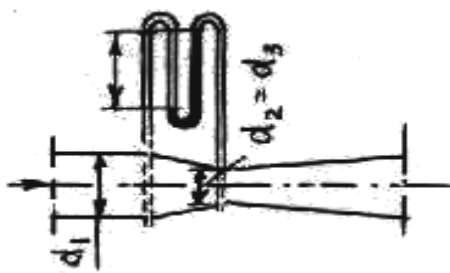
Бу ерда  $F$ -трубанинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ .

Саноатда оқим тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссел асбоблар ҳам ишлатилади. Уларнинг ишлаш принципи Бернулли тенгламасига асосланган бўлиб, трубаларнинг тор ва кенг кесимларидаги динамик босимлар фарқининг ўзгариши билан орқали аниқланади. Дроссел асбоблар сифатида ўлчовчи диафрагма, соплло, Вентури трубалари ишлатилади.

Ўлчовчи диафрагма юмалоқ юзали тешикли юпқа гардиш бўлиб, унинг маркази трубанинг ўқиға тўғри келади (3.4-расм).

Ўлчовчи соплло равон, юмалоқлашган кириш ва цилиндрик чиқишға эға бўлган насадкалар (3.5-расм). Ўлчовчи соплло ва диафрагмаларнинг дифференциал манометрлари, асосий трубаға халқасимон камера бўлмаса икки канал орқали кўшилади.

Вентури трубасида ўлчовчи диафрагма ва сопллоға нисбатан босимни йўқолиши кам бўлади, чунки унинг диаметри аста секин торайиб, сўнгра кенгайди ва ўз ҳолатиға қайтади. (3.6.-расм)



3.6.-расм

Трубага горизонтал ҳолда ўрнатилгани учун 1-1 ва 2-2 кесимлардаги босимларнинг ўзгариши Бернулли тенгламаси орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (3.9)$$

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = h \quad (3.10)$$

бу ерда  $h$ - трубанинг тор ва кенг қисмидаги босимлар ўзгаришини динамометрда ўлчанган миқдори, мм (ишчи суюқлик устуни).

Трубадаги суюқликнинг ўртача тезлиги ва сарфини аниқлаш учун узлуксизлик тенгламасидан фойдаланилади. Трубанинг кенг қисмидаги тезликни  $w_1$ , тор кесимдаги тезлик  $w_2$  орқали ифодалаймиз.

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{F_1}{F_2} = w_2 \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3.11)$$

Вентури трубаси, сопло ва диафрагмада сиқилган оқимнинг юзаси  $F_2$ , трубанинг тор қисмининг кесим юзасига тенг бўлади.

Тезликнинг қийматини динамик напорлар айирмасини ифодаловчи тенгламага (3.10) қўйсак:

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 = h \quad (3.12)$$

бундан

$$w_2 = \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.13)$$

Диафрагма сополни тешиги  $S_0$  дан ва Вентури трубасининг тор кесимдан ўтаётган, яъни, трубадан ўтаётган суюқлик сарфининг миқдори эса:

$$V_c = w \cdot F_0 \cdot \alpha = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.14)$$

бу ерда  $\alpha$  - тузатиш коэффициенти ( $\alpha < 1$ );  $d_0$  - диафрагмага тегишли диаметр.

Тузатиш коэффициентининг миқдори суюқликнинг ҳаракат режимига ва дроссел асбоблар диаметрининг труба диаметри нисбатига боғлиқ:

$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (3.15)$$

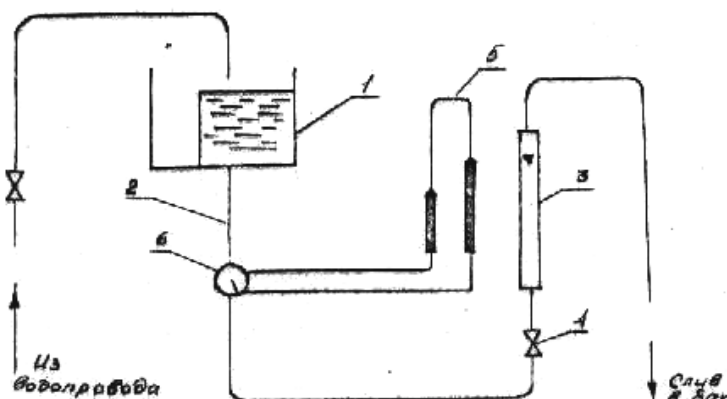
бу ерда  $\alpha$  - дроссель асбобларнинг сарф коэффициенти деб юрилади.

Дроссель курилмаларнинг диаметри труба диаметрдан 3-4 мартаба кичик, шунинг учун (3.14) тенгламадаги  $(d_2/d_1)^4$  катталиқ ҳам кичик бўлади. Демак, суюқликнинг сарфини қуйдагича аниқлаш мумкин

$$V_c = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (3.16)$$

### Иш бажаришдан мақсад:

Суюқликларнинг тезлиги ва сарфини Пито-Прандтл найчалари билан ўлчашни ўрганиш.



### Ишни бажариш тартиби.

3.7-расмдаги лаборатория қурилмаси текширилади.

1-босим ҳосил қилувчи идиш; 2-суюқлик сарфи ўлчанаётган труба  $d=40\text{мм}$ ;

3-ротамер РС-5; 4-вентил; 5-U-симон дифманометр; 6-Пито-Прандтл найчаси.

Идишга суюқлик тўлдирилади. Вентил очиқиб, суюқлик сарфи  $V_{\min}$  дан  $V_{\max}$  гача ўзгартирилади. Ротамернинг ҳар бир кўрсатувига қараб график бўйича суюқлик сарфи ўлчанади. U-симон дифманометрнинг  $h_d$  кўрсатуви ўлчанилади. Бу кўрсатувлар ҳисоблаш жадвалига ёзилади.

3-1 жадвал

| Ўлчанадиган миқдорлар | Ҳисобланувчи миқдорлар |
|-----------------------|------------------------|
|-----------------------|------------------------|

| $h_{\text{дин}}, \text{м}$ | $\rho,$<br>кгс/см <sup>2</sup> ,<br>с/м <sup>2</sup> | $T, ^\circ\text{C}$ | Ротаметр<br>кўрсатиши | $w = \frac{V_c}{f}$<br>м/с | $\Delta P = (\rho_m - \rho_e)gh$<br>Н/м <sup>2</sup> | $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$ |
|----------------------------|--|---------------------|-----------------------|----------------------------|--|---|
|                            |  |                     |                       |                            |  |   |

### Тажриба натижаларини исоблаш.

Суюқлик сарфини ҳисоблаш учун биринчидан суюқликнинг максимал тезлиги ўлчанади:

$$w_{\text{max}} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}, \quad \text{м/с}$$

$h$ -U-симон дифференциал манометрдаги суюқлик баландликларини фарқи, м. Кейин суюқликни ҳаракат режими аниқланади:

$$Re_{\text{max}} = \frac{w_{\text{max}} \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

бу ерда  $d$  - трубанинг диаметри,  $d=40\text{мм}$ ;  $\rho$  - суюқликнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

$\mu$  - суюқликнинг қовушоқлиги, Н·с/м<sup>2</sup>.

Рейнольдс критерийсига қараб ўртача тезлик топилади:

- 1)  $Re < 2320$  -  $w_{\text{ур}} = 0,5 w_{\text{max}}$
- 2)  $Re > 1000$  -  $w_{\text{ур}} = (0,8-0,9) w_{\text{max}}$

ва ниҳоят суюқликни сарфи аниқланади:

$$V_c = w_{\text{ур}} \cdot F = w_{\text{ур}} \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot w_{\text{ур}} \cdot d^2$$

Бу ерда  $F$  - трубанинг қўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>.

Текшириш учун саволлар

1. Бернулли тенгламасининг физик маъноси.
2. Суюқликнинг тезлигини ва сарфини ўлчаш.
  - а) Пневмометрик трубанинг ишлаш принципи.
  - б) Ўлчовчи диафрагма;
  - г) Ўлчовчи сопло;
  - г) Вентурий труба;
3. Сарф коэффициенти.

4. Ньютонмас суюқликлар.
5. Бернулли тенгламасининг амалда қўлланилиши.

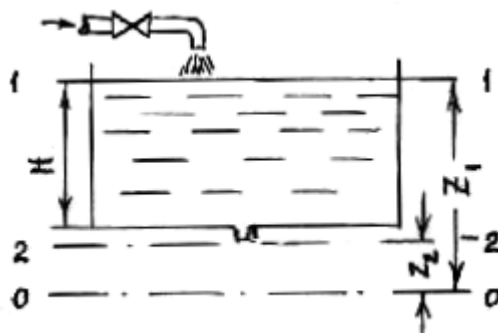
#### 4-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNI NASADKA VA TESHIKLARDAN OQISHI.

##### *Ишнинг назарий асослари*

Усти очик 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 (4.1- расм).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (4.1)$$



4.1- расм.

Идишнинг устки қисми очик 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 тенгламамиз қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{w_2^2}{2g} = H \quad (4.2)$$

бундан

$$w = \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.3)$$

Реал суюқликларни оқиб ўтишида босимни бир қисми тўсиқларни ва ички ишқаланиш кучларини енгитиш учун сарф булади. Шунинг учун реал суюқликлар оқиб тушиш тезлиги қуйидагича аниқланади;

$$w_2 = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.4)$$

бу ерда  $\varphi$  - тузатувчи коэффициент ( $\varphi < 1$ ), яъни суюқлик оқими тешиқдан оқиб тушаётганда, босимни йўқхисобга олади ва тезлик коэффициенти дейилади. Суюқлик оқими тешиқдан оқиб тушаётганда сиқилиши натижасида, тезлик ва босим камаяди, бундай ҳолат тешиқдан чиқаётган оқимнинг сиқилиши коэффициенти орқали ҳисобга олинади ва  $\varepsilon$  билан белгиланади:

$$\varepsilon = \frac{S_1}{S_2} \quad (4.5)$$

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

$$w_0 = \varepsilon \cdot w_2 = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.6)$$

Тезлик ва оқимнинг сиқилиш коэффициентларининг кўпайтмаси сарф коэффициенти дейилади ва  $\alpha$  билан белгиланади.

$$\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \quad (4.7)$$

бундан

$$w_0 = \alpha \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.8)$$

Бу коэффициент суюқлик турига боғлиқ бўлиб, ҳар қандай суюқлик учун тажриба орқали аниқланади, ҳамда унинг қиймати Рейнольдс критерийсига, суюқлик хоссалари, тешиқ шакли ва оқим тезлигига боғлиқ. Сув ва қовушқоқлиги сувнинг қовушқоқлигига яқин бўлган суюқликлар учун сарф коэффициенти  $\alpha = 0,2$  га тенг.

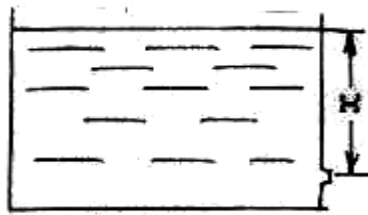
Суюқликлар калта патрубклардан (насадкалардан) оқиб ўтаётганда кириш ва чиқиш қисмида кўшимча тезлик ва босим йўқотади, бу эса  $\varphi$  қийматини камайтиради. Шу билан бирга оқим патрубкага кириш чоғида, бир мунча тўлдирган ҳолда оқиб чиқади, яъни  $\varepsilon = 1$  га тенг натижада, сарф коэффициенти, насадкадан суюқликни оқиб чиқишида катта қийматга эга бўлиб, нисбатан суюқликни тешиқдан оқиб чиқишга, ва сув учун  $\alpha = 0,82$  га тенг.

Ҳажмий сарф миқдори:

$$V = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.9)$$

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 (4.9) Тенгламадаги  $H$  суюқликнинг юқори қатлами билан тешиқ орасидаги масофади (4.2 -расм).



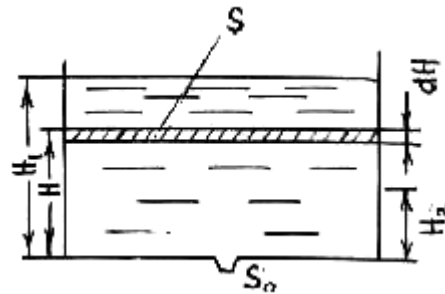
4.2 - расм.

Ўзгарувчан баландликда суюқликни юпқа девордаги тешик орқали оқиб чиқиши.

Бундай оқиб чиқишда, суюқликнинг баландлиги  $H$  вақт бирлигида камайиб боради ва шу билан бирга унинг тезлиги ҳам камайиб, оқиш жараёнини турғунмас ҳаракатда бўлади. Элементар вақт  $d\tau$  бирлигида суюқликнинг баландлиги  $H_1$  дан  $H_2$  гача ўзгарганда, идиш ҳажмидаги пастки тешикдан оқиб ўтаётган суюқлик ҳажми:

$$dV = V_c \cdot d\tau = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau \quad (4.10)$$

бу ерда  $S_0$ - идиш тубидаги тешикнинг кўндаланг кесими.



4.3.- расм.

Вақт бирлигида идишдаги суюқлик баландлиги  $dH$  га ўзгаради ва бунда идишдаги суюқлик миқдори қуйидаги қийматга камаяди:

$$dV = -S \cdot dH \quad (4.11)$$

бу ерда  $S$  - идишнинг кўндаланг кесими; минус ишора идишдаги суюқлик баландлигининг камайганини кўрсатади.

Узлуксизлик тенгламасига асосан, оқиб тушган суюқликлар миқдорларини бири-бирига тенглаштираемиз:

$$\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau = -S \cdot dH \quad (4.12)$$

бундан

$$d\tau = \frac{S \cdot dH}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H}} \quad (4.13)$$

сууюкликни оқиб тушиш вақтини аниқлаш учун бу ифодани интегралласак:  
(4.14)

$$\tau = \frac{S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2 \cdot S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (4.15)$$

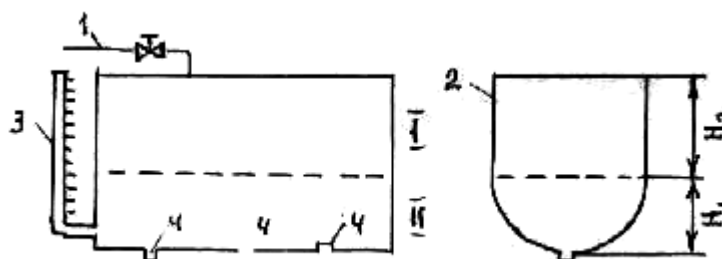
Демак,

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.16)$$

4.16 тенглама орқали идишдаги сууюклик баландлик маълум миқдорга камайганда, яъни  $H_1$  дан  $H_2$  га ўзгарганда сууюкликнинг бутунлай оқиб чиқиш вақти қуйидагича аниқланади:

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot \sqrt{H_1}}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.17)$$

Ушбу ишни бажаришдан мақсад тажриба йўли билан вақт ичида сууюкликни ҳар хил шаклдаги тешиklar орқали ва шунда идишнинг кўндаланг кесими ўзгармаган холда сууюкликни ўзгарувчан баландликда оқиб чиқишини аниқлашдир.



4.4- расм. Лаборатория қурилмаси.

1-жўмрак; 2-идиш; 3-ўлчаш найи; 4-тешик.

### **Ишни бажариш тартиби**

Вақт бирлиги ичида идишнинг кўндаланг кесими ўзгармаган холда сууюкликни оқиб чиқишини аниқлаш қуйидагича:

1. Жўмрак (1) ни очиб идиш сув билан тўлдирилади ва бунда сув сатҳи, ўлчаш найининг (3) юқори қисмигача бўлиши керак.

2. Идиш тубидаги бирон-бир тешик (4) ни очиб шу вақт ( $\tau$ ) ичида оқиб чиқаётган сувнинг ҳажмиймиқдорини, идиш баландлигининг ҳар 2 см баландлик камайганда аниқланади.



3. Сув ўлчагич баландлигининг ўзгариши ва вақт ичида сарф миқдорини ёзиб туриш керак.

4. Сув ўлчагич баландлигининг ўзгаришида тешиқдан оқиб чиққан суюқлик вақти 4.16 формуладан ҳисобланади.

### Тажриба натижаларини ҳисоблаш

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.18)$$

бунда L - қурилманинг узунлиги, м. Суюқликни қандай вақтда оқиб чиқиши (4.16) ва (4.18) формуладан ҳисобланиб, натижани тажрибада олинган катталиқ билан таққослаб, % миқдорида ўзгариш аниқланади.

4-1 жадвал

| V <sub>c</sub> , м <sup>3</sup> /с | τ, с | H <sub>1</sub> , м | H <sub>2</sub> , м | τ, с | % ўзгариши |
|------------------------------------|------|--------------------|--------------------|------|------------|
|                                    |      |                    |                    |      |            |

Текшириш учун саволлар

1. Суюқликни бир хил баландликда оқиб чиқиши.
2. Суюқликни баландлиги ўзгарган ҳолда оқиб чиқиши.
3. Суюқликни оқиб чиқиш вақтини аниқлаш.
4. Бернулли тенгламасини келтириб чиқариш ва унинг физик маъноси.
5. Ўхшашлик назарияси. ўхшашлик назариялари ва критериялари.

## **5-LABORATORIYA ISHI: MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI. MAVHUM QAYNASH QATLAMIDA QAYNASH VA ZARRACHALARNING UCHIB CHIQISH TEZLIKLARINI ANIQLASH.**

### *Ишнинг назарий асослари*

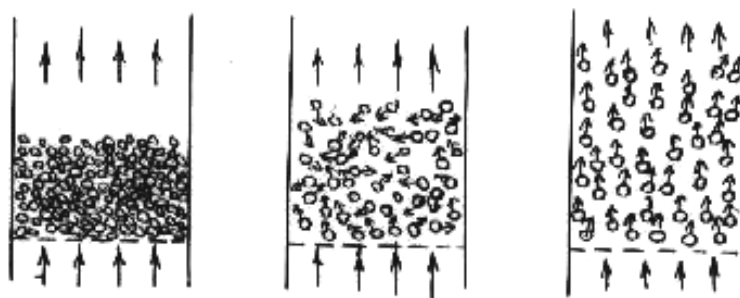
Кимиё ва озиқ-овқат саноатларининг технологик жараёнларида мавҳум қайнаш усули кенг қўлланилмоқда. Иссиқлик алмашилиш, қуритиш, адсорбция, аралаштириш, узатиш, каталитик, куйдириш каби жараёнларда ишлатилиши яхши натижалар бермода.

Мавҳум қайнаш усулининг бир қатор афзалликлари бор, яъни фазалар ўртасида контакт юзаси катта бўлиши жараёни бир неча марта тезлаштиради. Мавҳум қайнаш

қатламининг гидравлик қаршилиги нисбатан катта эмас.

Донасимон заррачалар қатлами газ таратувчи тўр устига солинади. Хамма шарт-шароитлар бир хил бўлганда, Мавҳум қайнаш усулида масса алмашиниш ўзгармас қатламдагидан интенсивроқ бўлади. Натижада, кўпчилик жараёнларнинг тезлиги ортади.

Газ ёки суюлик тезлигига қараб донасимон қатламнинг ҳолати ҳар хил бўлади. Агар тўр орқали пастдан юқорига қаратиб кичик тезлик билан ҳаво оқими юборилса, материал қатлами ўзгармай қолади ва унинг характеристикалари (солиштирма юза, қатламдаги заррачалар орасидаги бўшлиқ ва хоказо) тезлик ошиши билан ўзгармайди (6.1а-расм).



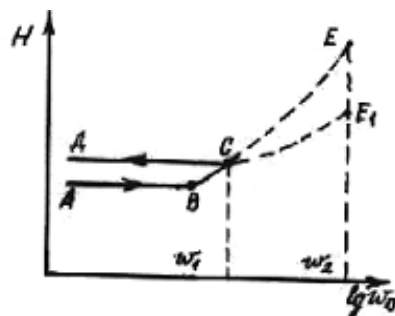
Лекин, ҳаво оқимнинг тезлигини аста-секин ошириб борсак, тезлик маълум 6.1-расм.

бир критик қийматга эга бўлганда қатлам кенгайди, унинг баландлиги (Н) ва қатламдаги заррачалар орасидаги бўшлиқ ( $\varepsilon$ ) ортиб боради. Бунда қатламдаги материалларнинг оғирлиги оқимнинг гидродинамик босим кучига тенг бўлиб қолади заррачалар гидродинамик мувозанат ҳолатини эгаллайди ва ҳар хил йўналишда силжий бошлайди. Ҳаво тезлигини янада оширсак, заррачалар ҳаракатининг интенсивлиги ортади ва улар ҳар хил йўналишда интенсив ҳаракат қилади. Бундай шароитда қатлам мавҳум қайнаш ҳолатини эгаллайди, яъни қатлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринади (6.1б-расм).

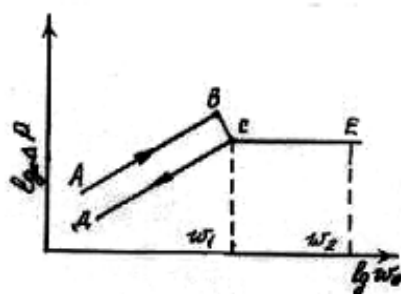
Қатламнинг ўзгармас ҳолатдан мавҳум қайнаш ҳолатга ўтишига тўғри келадиган ҳаво ёки суюликнинг тезлиги мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик деб аталади.

Агар, оқим тезлигини яна ошираверсак, қатламдаги заррачаларнинг орасида бўшлиқ  $\varepsilon = \frac{V_k - V_0}{V_k}$  ортади ва унинг баландлиги Н янги критик тезликгача ортаверади. Бунда, гидродинамик босим кучлари материалнинг оғирлик, кучларидан анча ортиб кетади, натижада қаттиқ заррачалар оқим билан чиқиб кетади (6.1в-расм). Заррачаларнинг юза оқими билан чиқиб кетиш ҳолатига тўғри келадиган тезлик чиқиб кетиш тезлиги ёки иккинчи критик тезлик деб аталади. Шундай қилиб, мавҳум қайнаш биринчи ( $w_1$ ) ва иккинчи ( $w_2$ ) критик тезликлар ўртасида юз беради.

Заррачаларнинг чиқиб кетиш тезлиги остида оммавий олиб кетилиши ходисасини пневмотранспорт дейилади ва у саноатда материалларни бир ердан иккинчи ерга силжитиш учун қўлланади.



6.2-расм.



6.3-расм

Донадор материаллар гидравлик қаршилигининг (а) ва баландлигининг (б) тезлик билан ўзаро боғлилиги.

6.2-расмда қатлам баландлигининг оқим тезлигига боғлилиги тасвирланган. Фиктив тезлиги деб оқим тезлигини қурилманинг қўндаланг кесим юзасининг нисбатига айтилади.

Фиктив тезлик  $w_0$  қандайдир  $w_{\infty}$  тезликкача ошгунча, қатламнинг баландлиги ўзгармайди (АВ кесма). АВ чизиғи ўзгармас қатлам оралиқўтаётган газ харакатини тасвирлайди. Бу оралиқда тезлиги ошиши билан қатламнинг гидравлик қаршилиги Р ортиб боради. ВС чизикмавҳум қайнаш жараёнининг бошланишини характерлайди.

Аммо, мавҳум қайнаш бошланишидан аввалги гидравлик қаршилик С нуқтадагидан кўпроқ бўлади (В нуқта). Бунга сабаб, ўзгармас қатламдаги (АВ чизи) заррачалар орасидаги тортишиш кучларининг борлигидир. Оқимнинг тезлиги  $w_0$  катталигига етганда, заррачалар тортишиш кучини енгади ва босимлар фарқи қаттиқ заррачалар оғирлигига тенг бўлади. С нуқта ўзгармас қатламнинг мавҳум қайнаш ҳолатига ўтишини кўрсатади, шу нуқта тўғри келган тезлик  $w_1$  биринчи критик тезлини характерлайди. Мавҳум қайнаш жараёнининг бошланиши билан оқимнинг гидродинамик босим кучлари қатламидаги қаттиқ заррачалар оғирлиги мувозанатга солиб туради. Газ оқими тезлигининг ортиши билан қаттиқ заррачалар оғирлигини ўзгармайди, заррачаларни мавҳум қайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур бўлган энергия сарфи ҳам бир хил бўлади. Бу ҳолат графикда СЕ горизонтал чизиғи орқали ифодаланади. Е нуқта тўғри келган тезлик  $w_2$  иккинчи критик тезликни характерлайди.

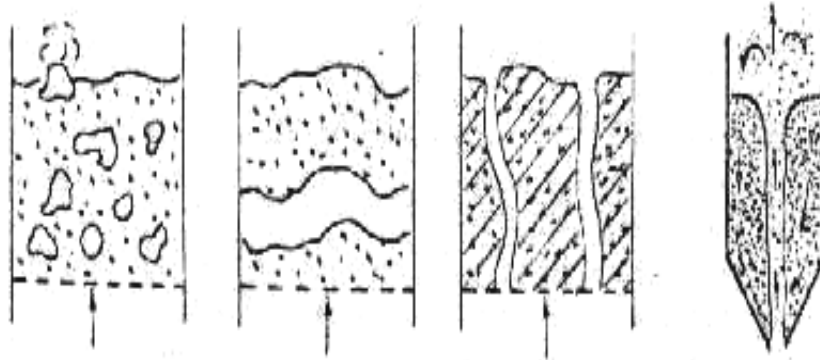
6.4-расм. Мавҳум қайнаш турлари:

а) поршенли қайнаш қатлами; б) каналли қайнаш қатлами; в) фонтанли қайнаш қатлами.

Тезлигини  $w_2$  иккинчи критик тезлик  $w_2$  дан оширсак, қатлам мувозанати бузилади ва заррачалар қурилмадан оқим билан бирга чиқиб кета бошлайди. Бунда қатламдаги заррачалар орасидаги бушлиқўсиб боради.

Агар оқимнинг тезлиги аста-секин камайтириб борилса, эгри чизиғи А нуқтада кесишмай пастроқдан ўтади, яъни чўққиҳосил булмайди. Бу ходиса гистерезис деб номланади.

Мавҳум қайнаш жараёни мавҳум қайнаш сони билан характерланади:



$$K_w = \frac{w_w}{w_1} \quad (6.1)$$

бу ерда  $w_w$ - қурилманинг тўла кесимига нисбатан олинган оқимнинг ишчи тезлиги.

Мавҳум қайнаш сони  $K_w$  заррачаларнинг қатламдаги аралашуш интенсивлиги кўрсатади. Тажриба усули билан  $K_w=2$  бўлганда, энг интенсив аралаш содир бўлиши аниқланган.  $K_w$  қиймати ошиши билан қатлам турли жинсли бўлиб бошлайди. Айрим шароитларида газ кўпикларига эга бўлган мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади (6.4а,б,в-расм). Агар донасимон заррачаларнинг ўлчами катта, қурилманинг диаметри кичик ва газнинг тезлиги юқори бўлса поршенли қатлам пайдо бўлади. Ўлчами кичик ва нам материалларнинг қайнашида каналсимон мавҳум қайнаш ҳосил бўлади (6.2б-расм). Бу ҳолатда газ каналлар орқали ўтиб, қаттиқ материалларнинг массаси ўзгармайди. Конуссимон ва конусцилиндрсимон қурилмаларда канал ҳосил қилувчи қатлам фонтанли қатламга айланади. (6.2в- расм). Бунда газ ёки суюқлик оқими қурилманинг ўқи бўйлаб қаттиқ заррачалар билан биргаликда ҳаракат ва фонтан каби уларни юқорига отади. Сўнгра қаттиқ заррачалар қурилма девори ёнидан пастга қараб ҳаракат қилади. Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги  $\Delta P_k$  қаттиқ заррачалар оғирилигининг  $G_k$  қурилма кўндаланг кесими юзасининг  $S$  нисбатига тенг.

$$\Delta P = \frac{G_k}{S} \quad (6.2)$$

қаттиқ заррачалар оғирлиги эса,

$$G_k = F \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{k.z.} - \rho_m) \cdot g \quad (6.3)$$

бу ерда  $H$  - қатламнинг баландлиги, м;  $\varepsilon$  - қатламдаги бўш ҳажм;  $\rho_{k.z.}, \rho_m$  - қаттиқ заррача ва муҳитнинг зичликлар кг/м.<sup>3</sup>

Фиктив тезлик  $w$  ошиб бориши билан қатламнинг баландлиги  $H$  ва бўш ҳажми  $\varepsilon$  ортади. Лекин,  $(1 - \varepsilon)$  камайгани билан  $H(1 - \varepsilon)$  ўзгармайди, чунки мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги фиктив тезликнинг  $w_0$  қийматига боғлиқ эмас. Ўзгармас қатлам ва Мавҳум қайнаш қатлами баландликлари ўзаро боғлиқлиги қуйидаги ифодадан топилади:

$$H \cdot (1 - \varepsilon) = H_0 \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.4)$$

бу ерда  $H_0$  - ўзгармас қатлам баландлиги, м;

Мавҳум қайнаш қатламининг бўш ҳажми ушбу тенгламадан топилади:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{H_0}{H} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.5)$$

бу ерда  $H_0/H$ -қатламнинг кенгайиш коэффициенти. У мавҳум қайнаш қатламининг хажми ўзгармас қатламнинг хажмидан неча баробар катталигини кўрсатади.

Шарсимон бир жинсли заррача учун  $\varepsilon \approx 0,4$  бўлганда биринчи критик тезлик проф. О.М.Тодес тенгламаси ёрдамида топилади:

$$\text{Re}_{\text{кр1}} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.6)$$

бу ерда

$$\text{Re}_{\text{кр1}} = \frac{w_1 \cdot d\rho}{m} = \frac{w_1 \cdot d}{\nu} \quad (6.7)$$

$$w_1 = \frac{\text{Re}_{\text{кр1}} \cdot \mu}{d\rho}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{\text{кз}} - \rho_{\text{м}})}{\mu^2} \quad (6.8)$$

Қаттиқ заррачаларнинг газ ёки суюқлик оқими билан чиқиб кетиш тезлиги ёки иккинчи критик тезлиги проф.О.М.Тодес тенгламаси орқали топилади:

$$\text{Re}_{\text{кр2}} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.9)$$

бу ерда

$$\text{Re}_{\text{кр2}} = \frac{w_2 \cdot d\rho}{\mu} = \frac{w_2 \cdot d}{\nu} \quad (6.10)$$

$$w = \frac{\text{Re}_{\text{кр2}} \cdot \mu}{d\rho} \quad (6.11)$$

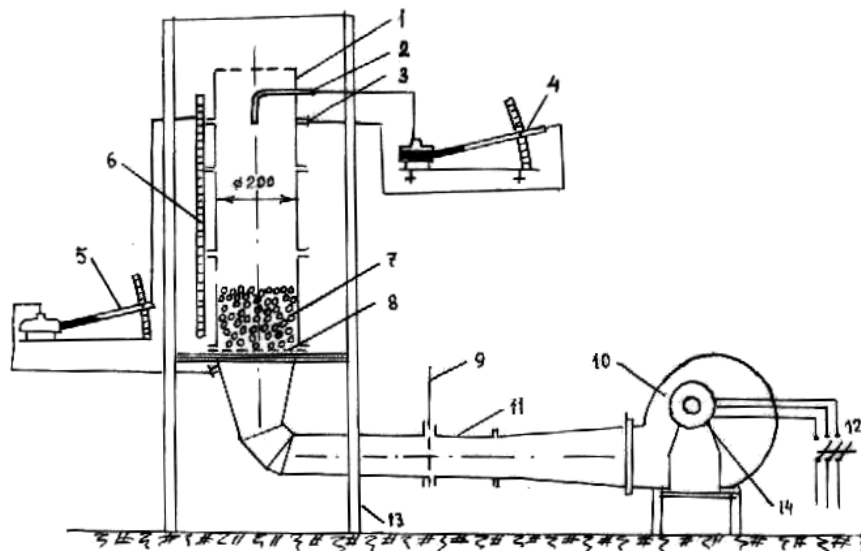
бу ерда  $Ar$  - Архимед критерийси;  $\nu$  - кинематик қовушоқлик,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $d$  – қаттиқ заррача диаметри,  $\text{м}$ .

**Ишни ўтказишдан мақсад:** Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилигини, биринчи ва иккинчи критик тезликларини аниқлаш, ҳамда уларни назарий усулда ҳисобланган катталиклар билан таққослаш.  $\Delta P = f(w)$  ва  $H = f(w)$  боғлиқликларни график усулда тасвирлаш.

### Ишни бажариш тартиби

6.5-расмда тажриба ўтказиш қурилмаси тасвирланган ва у қуйидаги қисмлардан иборат: органик шишадан ясалган колонна (1), унинг пастки қисмида кесим юзаси 20% бўлган тўр парда (8) ўрнатилган. Тўр парда устига ўлчами  $10 \times 10 \times 10$  мм бўлган пенопластдан тайёрланган кубсимон заррачалар жойлаштирилади: Тўр парда остига, газ трубалар (11) орқали вентилятор ёрдамида ростланади. ҳавонинг сарфи шибер (9)

ёрдамида ростланади. Мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги ўлчов чизиғи (6) билан ўлчанади. Гидравлик қаршилиқ миқдори микроанометр (5) билан аниқланади. ҳавонинг сарфи Пито-Прандтл трубкиси уланган микроанометрда  $h_d$  ни ўлчаш йўли билан топилади.



6.5-расм.

Колоннанинг (1) тўр пардаси (8) устига донасимон заррачалардан иборат қатлам қўйилади ва тагидан вентилятор (10) ёрдамида ҳаво бериб бошланади. ҳавони сарфини озгинадан ошириб бориб қатламнинг мавҳум қайнаш бошланиши аниқланади. Сўнгра ҳавонинг сарфи аста-секин кўпайтирилади. Мавҳум қайнаш бошланади. Тажрибалар пайтида қатламнинг гидравлик қаршилиғи ва баландлиги  $H$  ўлчаниб борилади. Материалларни интенсив қайнаш ҳолатига олиб борилиб,  $\Delta P$  ва  $P$  нинг қийматлари ёзиб олинади. Кейин вентилятор ва ҳаво бериш тўхтатилади. ҳар бир тажрибанинг сон қийматлари жадвалга ёзиб қўйилади.

### Тажриба кўрсаткичларини ҳисоблаш

1. Динамик босимнинг қийматига қараб ҳажмий сарф қуйидаги тенгламадан қараб топилади:

$$\Delta P_x = x \cdot K_1 \rho_{cn} g$$

бу ерда  $D$ -қурилма диаметри,  $D=200$  мм;  $\alpha$ -тузатиш коэффициенти,  $\alpha=0,7$ ;  $g$ -эркин тушиш тезланиши,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $\rho$  - спиртнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $x_1$  - микроанометрнинг кўрсаткичи, мм.сим.уст.;  $K_1$ - микроанометрнинг бурчак коэффициенти;  $h_d$  - динамик босим, мм.сув.уст.

$$h_d = \frac{x_2 \cdot K_2 \cdot (\rho_{cn} - \rho_x)}{\rho_x}$$

бу ерда  $x_2$  - манометрнинг кўрсаткичи, мм.спирт.ус.  $\rho_x$ -ҳавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

2. Ҳавонинг фиктив тезлиги аниқланади;

$$w = \frac{V_x}{F}$$

3.  $\Delta P_x = f(w_0)$  ва  $H = f(w_0)$  графиклари қурилади.

4.  $\Delta P_x = f(w_0)$  графикдан (визуал кузатишларнинг натижаларини ҳисобга олиб) биринча  $w$  ва иккинчи  $w$  критик тезликлар аниқланади.

5. Критик тезликларнинг ( $w_1, w_2$ ) (6.8), (6.11) назарий формулалар ёрдамида сон қийматлари топилади.

6. Назарий формула ва тажриба йўли билан аниқланган  $w_1$  ва  $w_2$  нинг қийматлари солиштирилади.

6-1 жадвал.

| Ҳавонинг ҳажмий сарфи $V$ , м <sup>3</sup> /с | Ҳавонинг фиктив тезлиги $w_0$ , м/с | Қатламнинг гидравлик қаршилиги<br>$\Delta P$ , Па·с | Қатламнинг баландлиги, м. |
|---|-------------------------------------|---|---------------------------|
|   |                                     |   |                           |

#### Текшириш учун саволлар

1. Мавҳум қайнаш қатлами. Унинг афзалликлари ва камчиликлари.
2. Қатламнинг гидравлик қаршилиги.
3. Мавҳум қайнаш турлари.
4. Мавҳум қайнашнинг критик тезликлари.

#### Қўшимча саволлар

1. Икки фазали оқимнинг гидродинамикаси.
2. Қайси технологик жараёнларда мавҳум қайнаш ишлатилади?

## 6-LABORATORIYA ISHI: MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKALARI.

### *Ишнинг назарий асослари*

Суюликларни 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.

Насослар ишлаш принципига қараб қуйидаги турларга бўлинади: парракли ёки марказдан қочма, хажмий, уюрмавий ва ўқли бўлади. Парракли ёки марказдан қочма насосларда марказдан қочма куч, ишчи ғилдираги айланишида парракларнинг суюқликка таъсирида ҳосил бўлади. ҳар қандай насоснинг асосий параметрлари, унинг иш унумдорлиги ( $m^3/c$ ), напор  $H$  (м) ва қуввати  $N$  (кВт) ҳисобланади. Насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюқликка берган солиштрма 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:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\text{н}} \quad (5.1)$$

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} + H_0 + \frac{w_x^2 - w_c^2}{2} \quad (5.2)$$

агар,  $w_x = w_c H_0$  кичик бўлса, у ҳолда

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} \quad \text{ёки} \quad H = \frac{P_{\text{мон}} - P_{\text{вак}}}{\rho \cdot g} + h \quad (5.3)$$

бу йерда  $P$  ва  $P_1$  - узатилаётган ва сўриб олинаётган суюқлик юзасидаги босимлар,  $N/m^2$ ;  $H_r$  – суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги, м;  $h$  - сўриш ва ҳайдаш трубаларидаги гидравлик қаршиликлар енгиш учун сарфланган напор миқдори, м;  $P_c$  – суюқликнинг сўриш трубасидаги насосга киришидаги босими,  $N/m^2$ ;  $P_x$  - суюқликнинг узатиш ёки ҳайдаш трубасидаги насосдан чиқишдаги босим,  $N/m^2$ ; – суюқлик босимини кўрсатувчи манометр ва вакуумметрга уланган нукталар орасидаги вертикал масофа, м;  $w_x$  - ҳайдаш трубасидаги суюқликнинг тезлиги, м/с;  $w_c$  - сўриш трубасидаги суюқликнинг тезлиги.

Шундай қилиб насоснинг умумий напори манометр ва вакуумметрлар кўрсаткичларининг йиғиндиси билан бу асбоблар уланган нукталар уланган вертикал масофанинг ( $h$ ) йиғиндисига тенг.

Насоснинг фойдали қуввати  $N_{\phi}$  суюқлик сарфи миқдори  $\rho \cdot g \cdot Q$  нинг солиштирма энергияга кўпайтирилганига тенг:

$$N_{\phi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (5.4)$$



насос ўқидаги қувват

$$N_y = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (5.5)$$

Двигател истеъмол қиладиган қувват:

$$N_{об} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta_n} \quad (5.6)$$

Насос қурилмаларини ўрнатиш учун зарур бўлган қувват, двигатель қувватидан катта бўлади ва ортиқча мидорда қабул қилинади:

$$N_y = \beta \cdot N_{об} \quad (5.7)$$

бу ерда  $\beta$  - қувватнинг захира коэффициентини бўлиб, қиймати двигательнинг номинал қувватига нисбатан топилади;  $\eta_n$  - насоснинг тўла фойдали иш коэффициентини.

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{мех} \quad (5.8)$$

бу ерда  $\eta_v = Q_x / Q$  - ҳажмий фойдали иш коэффициентини, насоснинг ҳақиқий унумдорлигини, назарий унумдорликка нисбатини кўрсатади;  $\eta_r$  - гидравлик фойдали иш коэффициентини, ҳақиқий напорни назарий напорга нисбатини кўрсатади;  $\eta_{мех}$  - механик ф.и.к., насос механизмларидаги ишаланишни энгишга сарфланган қувватнинг йўқтилишини кўрсатади.

Сўриш баландлиги. Суюқлик сўриб олинаётган идишдаги босим  $P_0$  билан юқорига узатилаётган идишдаги босим  $P_c$  орасидаги фарқи ҳосил бўлганлиги сабабли суюқлик устунининг метрларда ифодаланган напори  $P_0 - P_c / \rho g$  ҳосил бўлади. Бу босимнинг бир қисми суюқликни сўриш трубасида  $H$  баландликка кўтариш учун, қолган қисми эса суюқликни  $w$  тезлик билан ҳаракатланишига ёки тезлик напорини ҳосил қилиш учун ва сўрилаётган суюқлик йўлида учрайдиган барча қаршиликлар энгишга сарфланади.

Насоснинг сўриш баландлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left( \frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c^2 - w_1^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.9)$$

Сўриб олинаётган идишдаги суюқликнинг ҳаракат тезлиги  $w$  нолга яқинлигини ҳисобга олсак, у ҳолда сўриш баландлиги:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left( \frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.10)$$

Шундай қилиб, насоснинг сўриш баландлиги сўриб олинаётган идишдаги босимнинг ортиши билан кучайиб, узатилаётган идишдаги босимнинг, ҳайдаш трубасидаги суюқликнинг тезлиги, ҳамда гидравлик қаршиликлар энгиш учун кетган

напор миқдорларини оқиши билан камаяди.

Марказдан қочма турдаги насосларда сўриш баландлигини ҳисоблашда гидравлик ва маҳаллий қаршилиқлар энгиш учун кетган сарфлардан ташқари, кавитация ходисаси таъсирини ҳам инобатга олиниши лозим.

Насос ғилдирагининг тез айланишида ва иссиқ суюқликлар марказдан қочма насослар ёрдамида узатилганда кавитация ходисаси юз беради. Бу вақта насосдаги суюқлик тез буғланади. Хосил бўлган суюқлик билан юқори босимли зонага ўтиб, тезда конденсацияланади. Натижада насос қобиғида катта бўшлиқ хосил бўлади, насос қаттиқ силкинади ва тақиллаб ишлайди. Агар насос кавитация режимида кўпроқ ишласа, у тезда бузилади. Шунинг учун температураси юқори бўлган суюқликлар узатилаётганда, у кўшимча кавитацион коэффицент  $h_k$  билан ҳисобга олинади.

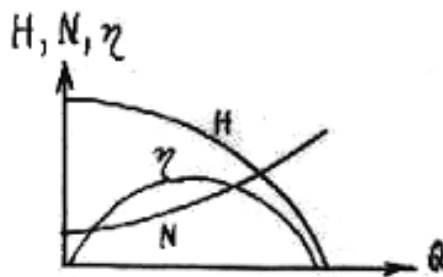
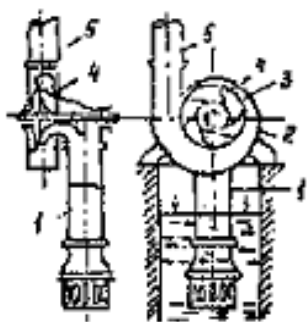
$$h_k = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{2/3}}{H} \quad (5.11)$$

бу ерда  $Q$ - насоснинг унумдорлиги,  $m^3/c$ ;  $n$  - насос валининг айланиш тезлиги,  $c^{-1}$   
 $H$ - насоснинг напори,  $m$ .

Марказдан қочма насослар (5.1 - расм) спиралсимон қобиқ ичида жойлашган парракли иш ғилдирагининг айланиши натижасида хосил бўлган марказдан қочма куч таъсирида суюқлик тўхтовсиз бир меъёردа сўрилади ва узатилади. Суюқлик атмосфера босими таъсирида йиғич резервуардан кириш клапани орқали сўриш трубасидан насосга кириб, ишчи ғилдирагининг марказий қисмини тўлдиради. Суюқлик ғилдирак билан бирга айланиб, марказдан қочма куч таъсирида паррақлар ёрдамида ғилдракнинг марказидан чеккасига отилиб, спиралсимон кўзгалмас камерани тўлдиради ва хайдаш трубаси орқали юқорига кўтарилади.

Бу вақта Бернулли тенгламасига мувофиқ суюқлик оқими кинетик энергиясининг миқдори статик напорга айланиши суюқлик босимини оширишга муваффақ бўлади. Ишчи ғилдирагига суюқлик кираётган қисмида, вакуум вужудга келади ва суюқлик сўриш трубаси ёрдамида тўхтовсиз йиғич резервуардан сўрилади. Шундай қилиб, узлуксиз марказдан қочма куч таъсирида суюқликнинг насос орқали ўтадиган узлуксиз оқими вужудга келади.

Марказдан қочма насосларнинг хосил қилган босими ишчи ғилдиракларнинг айланиш тезлигига боғлиқ бўлади. Насос ишга туширилишидан аввал сўриш трубаси, ишчи ғилдираги ва қобиқ узатилаётган суюқлик билан тўлдирилади. Агар, ишчи ғилдираги билан қобиқ орасидаги бўшлиқ бўлса, ишчи ғилдирагининг айланиши натижасида етарли вакуум хосил бўлмайди, яъни суюқлик сўриш трубаси бўйлаб юқорига кўтарилмайди.



5.1-расм. Марказдан қочма насос.

5.2-расм. Марказдан қочма насос

1- сўриш трубаси; 2- ишчи ғилдираги; 3-  
оби; 4- парраклар; 5- хайдаш трубаси.

нинг характеристика.

Насоснинг иш унумдорлиги, напори, истеъмол қуввати ва ишчи ғилдиракнинг айланиш частотасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади, яъни айланиш частотаси  $n_1$  дан  $n_2$  га ўзгарганда:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (5.12)$$

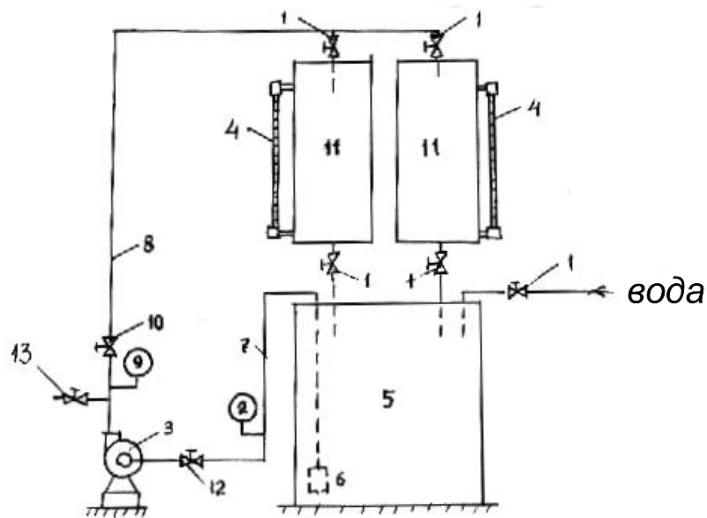
Ишчи ғилдиракнинг айланиш частотаси  $n$  ўзгармас бўлганда, насос иш унумдорлиги  $Q$ , напори  $H$ , қуввати  $N$  ва фойдали иш коэффициент  $\eta_n$  билан ўзаро график усулдаги боғлилиги насосларнинг характеристикаси деб юритилади (5.2 – расм).

Ушбу ишни ўтказишдан мақсад, насос урилмасини синаб насоснинг асосий параметрларини анилашдир. Аниқланган параметрлар асосида насос иш ғилдирагининг айланишлар частотаси ўзгармас  $n = const$  холда  $Q-H$ ,  $Q-N$ ,  $Q-\eta$  орасидаги боғланишларни графикда тасвирлаб, насоснинг характеристика қурилади.

### Ишни бажариш тартиби

Марказдан қочма насос ўзгарувчан электр токи билан ишлайдиган электродвигател билан бир валга ўрнатилиб, айланишлар сони ўлчаниб турилади. Резервуардаги сўриш трубасига ўрнатилган қайтарма клапан насосни суюқлик билан тўлдирганда суюқликни сўриш трубасидан тўкилиб кетмаслигини таъминлайди.

Узатиш трубасига манометр ва суюқлик миқдорини ростловчи вентиль ўрнатилган. Узатиш трубаси орқали суюқлик идишларга узатилади. Ҳар бир идишда суюқлик сатҳини ўлчовчи шиша найчалар ўрнатилган. Идишлардаги суюқлик жўмрақлар орқали суюқлик сўриладиган идишга берилади. Иш унумдорлиги 12 вентилни очилиши билан ўзгартирилади. Насос қурилмасини синашга  $Q-H$ ,  $Q-N$ ,  $Q-\eta$  орасидаги боғланишларни аниқлашга керак бўладиган



5.3-расм. Лаборатория насос қурилмасининг схемаси.

1 – вентиллар; 2 – вакуумметр; 3 – насос; 4 – суюқлик сатхини ўлчовчи найча; 5 – суюқлик резервуари; 6 - қайттариқ клапан; 7 – сўриш трубаси; 8 – узатиш трубаси; 9 – манометр; 10, 12 - ростловчи вентиллар; 11 – суюқлик баклари; 13 – вентиль.

катталиқлар узатилаётган суюқликнинг миқдори, сўриш трубасидаги вакуум, узатиш трубасидаги босим, двигатель истеъмол қилаётган кучланиш аниқланади. Насос қурилмаси ишлаши пайтида бу катталиқлар, яъни узатилаётган суюқликнинг миқдори шиша найчасининг кўрсаткичлари буйича, вақт эса секундомер билан ўлчаниб, ҳисоблаш жадвалига ёзилади. Узатилаётган суюқликнинг напори метр сув устунида аниқланади:

$$H = P_m + P_{\text{вак}} + \frac{w_x^2 + w_c^2}{2 \cdot g} + h \quad (5.13)$$

бу ерда  $P_m$ ,  $P_{\text{вак}}$  - манометр ва вакуумметрнинг метр сув устунидаги кўрсаткичи;  $w_c$ ,  $w_x$  - сўриш ва хайдаш трубаларидаги суюқликнинг тезлиги, м/с;  $h$  - вакуумметр ва манометр оралиқларидаги масофа, м.

Сўриш ва узатиш трубаларининг диаметри бир хил бўлганлиги учун суюқлик бу трубаларда бир хил тезликда ҳаракат қилади, яъни  $w_c = w_x$  Бу ҳолда

$$H = P_m + P_{\text{вак}} + h \quad (5.14)$$

### Тажриба натижаларини ҳисоблаш

Насоснинг иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$Q = \frac{Q_1}{1000 \cdot \tau} \quad (5.15)$$

бу ерда  $Q_1$  - сувнинг шиша найчаси бўйича ўлчанган миқдори, л;  $\tau$  - ват бирлиги, с.

Насоснинг истеъмол қиладиган қуввати, (кВт)

$$N = U \cdot I / 1000 \quad (5.16)$$

бу ерда  $U$  – ток кучланиши, В;  $I$  - ток кучи, А.

Насоснинг фойдали иш коэффициент ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\eta = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot N} \quad (5.17)$$

бу ерда  $Q$  - насоснинг иш унумдорлиги, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  - суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – эркин тушиш тезланиши, м<sup>2</sup>/с;  $H$  - насос умумий напори, узатилаётган суюқликнинг метр устунида .  $Q$ - $H$ ,  $Q$ - $N$ ,  $Q$ - $\eta$  функция боғлиқлик графиклари, миллиметрли қоғозда чизилади.

5-1 жадвал

| Айланишлар сони, $n$ , ай/мин | Вақт бирлиги, $t$ , с | Сувнинг миқдори, $Q$ , дм <sup>3</sup> | Манометр кўрсатган босим, $P_m$      |                   | Вакуум кўрсатган сийракланиш |                     | Умумий напор, $H$ , м | увват $N$ , кВт | Фойдали иш коэффициент $\eta$ , % |
|-------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                               |                       |  | кг/см <sup>2</sup> ёки мм.с.м. устун | Мм.с.у. да, $H_m$ | кг·к/см <sup>2</sup> $P_v$   | м. сув устуни $H_c$ |                       |                 |                                   |
|                               |                       |  |                                      |                   |                              |                     |                       |                 |                                   |

Бир хил вақт бирлигида узатилаётган суюқликнинг миқдори 3 марта ўлчанади. 3 марта ўлчанган суюқликнинг ўртача миқдори ҳисоблаш жадвалига ёзилади.

#### Назорат саволлари

1. Насослар. Насосларнинг турлари.
2. Насоснинг асосий параметрлари: иш унумдорлик, истеъмол қиладиган қувват, фойдали иш коэффициент ва сўриш баландлиги.
3. Кавитация ходисаси.
4. Марказдан қочма насоснинг тузилиши ва ишлаш принципи.
5. Пропорционаллик қонуни.
6. Марказдан қочма насосларнинг характеристикалари.

## 7-LABORATORIYA ISHI: FILTRLASH DOIMIYSINI ANIQLASH.

### *Ишнинг назарий асослари*

Суспензия ва чангли газларни фильтр тўсиқлар орқали ўтказиб тозалаш жараёни филтрлаш дейилади.

Фильтр тўсиқлар қаттиқ заррачаларни ушлаб олиб суюқлик ёки газни ўтказиб юбориш қобилиятига эга.

Фильтр тўсиқлар ёки фильтр сифатида майда тешикли тўрлар, турли газламалар, сочилувчан материаллар, керамик буюмлар ва бошқалар ишлатилади. Фильтр сифатида пахта, юнг ва синтетик газламалардан тайёрланган материаллар ҳам ишлатилади.

Суспензия ва чанг газларни майда қаттиқ заррачалардан тозалаш жараёни фильтр қурилмаларида олиб борилади. Фильтр қурилмаларининг асосий қисмлари куйидагилардан иборат (7.1– расм).

Фильтр тўсиқлари қурилманинг ҳажмини икки бўлакка ажратиб туради (А ва Б). Юқоридаги А ҳажм филтрлаш лозим бўлган суюқлик билан тўлдирилади, куйидаги Б еса, ҳажм тозаланган суюқлик, яъни филтрдан иборат бўлади.

Филтрлаш жараёнида гидродинамиканинг аралашган икки шарти бажарилади, яъни аввал фильтр тўқималарида қаттиқ заррачаларни чўкма ҳосил бўлишида гидродинамиканинг ташқи вазифаси, суюқликнинг ҳосил бўлган чўкма ҳолидаги қаттиқ заррачаларнинг қатлами, ҳамда чўкма орасидаги капиллярларидан ва фильтр тўқималаридан ўтишида гидродинамиканинг ички вазифаси намоён бўлади. Суспензия А бўлакдаги ҳажмдан Б ҳажмга ўтишида, яъни филтратнинг ҳосил бўлишида, тозаланаётган суюқлик бир қатор гидравлик қаршиликларга дуч келади, яъни дисперс фазанинг суюқлик ҳаракатига асосий тўсқинлик қилувчи ҳосил бўлган чўкманинг, ҳамда фильтр тўсиқларининг қаршиликларини енгиб ўтади.

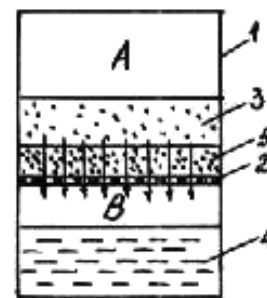
Филтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи А ва Б бўлаклари ҳажмлардаги босимларнинг фарқи  $\Delta P$  тенг бўлади яъни

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (7.1)$$

бу ерда  $P_1$ -А бўлак ҳажмдаги суюқлик устидаги абсолют босим,  $\text{Н/м}^2$ ;  $P_2$  - Б бўлак ҳажмдаги йиғилган филтратдаги абсолют босим,  $\text{Н/м}^2$ .

Филтрлаш жараёнида вақтинг ўтиши билан фильтр тўқималарининг юза қисмида чўкма ҳосил бўлиб, чўкма қатламининг баландлиги ошиб боради.

Ҳосил бўлган чўкма баландлиги ўзгармас кўндаланг кесим фильтр қурилмаси, яъни



7.1. расм. Фильтр қурилмаси.

1 - фильтр; 2 - фильтр тусиқлар; 3 - чўкма; 4 - суспензия;

фильтр тўқимасидаги чўкманинг ҳажмини белгилайди. Чўкманинг ортиб бориши натижасида суспензия асосан чўкма қатлампидан ўтиб, фильтр тўқималар эса, фильтр вазифасини бажармай қўяди. Бу вақтда филтрлаш жараёнида асосий гидравлик қаршилик чўкманинг қаршилиги билан белгиланади.

Фильтр  $\Delta P > P_4$  бўлганда нормал ишлайди. қатламнинг ортиб боришида чўкманинг гидравлик қаршилиги  $\Delta P_4$  кўпайиб, вақт ўтиши давомида А ва В бўлак ҳажмлари орасидаги босимлар фарқи  $\Delta P$  чўкма ҳажмининг гидравлик қаршилигига  $\Delta P$  тенг бўлиб қолади.

$$\Delta P = \Delta P_2 \quad (7.2)$$

Бу вақтда филтрлаш процесси тўхтатилиб, фильтр тўқималари юзасидаги чўкма тозалаб олинади. Фильтр тўқима капиллярларидаги олган чўкмалар тозалаб олиш учун сув билан ювилади ёки ҳаво билан пуфланади ва фильтр қурилмасида қайтадан ишлатилади.

Шундай қилиб филтрлаш жараёнининг асосий характеристикаси қуйидагилардан иборат:

1. Жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Суспензиянинг филтрлаш тезлиги

$$dV/S \cdot d\tau, \quad m^3/m^2 \cdot c \quad (7.3)$$

бу ерда V - олинган филтратнинг ҳажмий миқдори,  $m^3$ ;  $\tau$ -жараённинг давомийлиги, c; S - фильтр тўқималарининг кўндаланг кесими,  $m^2$

3. Жараённинг гидравлик қаршилиги  $\Delta P_k$ .

Филтрлаш тезлиги  $\frac{dV}{S \cdot d\tau}$  жараённинг ҳаракатлантирувчи кучига  $\Delta P$  тўғри ва гидравлик қаршилигига  $\Delta P_k$  тескари пропорционалдир.

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\Delta P_k} \quad (7.4)$$

ёки

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_c + R_{ф.т.})} \quad (7.5)$$

бу ерда  $R_c$  – чўкма қатламининг қаршилиги чўкманинг ҳажм миқдори ва чўкманинг ҳажм жиҳатдан олинган солиштирма қаршилиги  $r_0$  билан аниқланади;  $\mu$  суспензиянинг қовушоқлиги;  $R_{ф.т.}$ - фильтр тўқималарининг қаршилиги. Фильтрда ҳосил бўлган чўкманинг миқдори филтрат ҳажми ва унинг таркибидаги каттик моддаларнинг концентрация миқдори  $x_0$  билан

аниқланади. Бу вақтда чўкманинг ҳажми қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$x_0 \cdot V = h_r \cdot S \quad (7.6)$$

бу ерда  $h_r$ - чўкма қатламининг баландлиги, м;  $S$  - фильтр қурилмасининг қўндаланг кесими, м<sup>2</sup>;

Чўкма қатламининг қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$R_r = r_0 \cdot h_r = r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

(7.7) тенгликдаги  $R_r$  нинг қийматини (7.5) тенгламага қўйиб қуйидаги ифодага эришамиз:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \left( r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} + R_{f.m.} \right)} \quad (7.8)$$

Бу тенглик фильтрлаш жараёнининг асосий тенгламаси дейилади.

Чўкма қатламининг қаршилигига нисбатан фильтр тўсиқларининг қаршилиги жуда хам кичкина қиймат бўлганлиги учун, уни ҳисобга олмасак, у ҳолда фильтрлашнинг дифференциал тенгламаси қуйидаги ҳолда бўлади:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.9)$$

ёки

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.10)$$

Кимийё ва озиқ-овқат саноатида фильтрация жараёни уч хил режимда олиб борилади.

1.  $\Delta P = \text{const}$ . Босимлар фарқи ўзгармас бўлганда, фильтрлаш тезлиги камайиб боради. Бу режимда сиқилган ҳаво ёрдамида фильтр билан чўкма остида доимий ўзгармас босим ҳосил қилиниб турилади ва фильтр

очиқ бўлиб, фильтрат вакуум ёрдамида тортиб олинади.

2.  $W = \text{const}$  фильтрлаш тезлиги ўзгармас бўлиши учун босимлар фарқини ошириш керак. Бу режимда ишлайдиган фильтрларга суспензия поршенли насослар ёрдамида берилади.

3. Бир вақтнинг ўзида босим ва фильтрлаш тезлиги ўзгариб туради. Бу режимда ишлайдиган фильтрларга суспензия вакуум насос ёрдамида берилади.

Агар (7.10) тенгламани босимлар фарқи ўзгармас режимда ишлайдиган  $\Delta P = \text{const}$  фильтрлаш учун интегралласак, қуйидаги ифодага эришилади:



$$\int_0^V V dV = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.11)$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{\Delta P \cdot F}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \cdot \tau \quad (7.12)$$

$$V = F \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \tau}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}} \quad (7.13)$$

(7.13) тенглама оралиқ вақт давомида олинган фильтратнинг ҳажмини, фильтр қурилмасининг унумдорлигини аниқлаш мумкин. Худди шунингдек, фильтрлаш вақтини хар қандай режим учун топиш мумкин. Бу тенгламадан кўриниб турибдики, босимлар фарқи ўзгармас бўлганда, фильтрлаш вақти анча кўп бўлса, шунча кўп фильтрат олинади.

(7.13) тенгламадаги босимлар фарқи  $\Delta P$  суспензиянинг қовушоқлиги, чўкманинг солиштира қаршилиги, чўкма ва фильтрат ҳажмларининг нисбати фақат тажриба орқали аниқланади. Шу сабабли, буларнинг ўзаро боғлиқлиги фильтрлаш доимийлиги  $K$  орқали ифодаланади:

$$K = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.14)$$

Фильтрлаш доимийлиги босимлар фарқи, чўкманинг физик таркиби ва суспензиянинг қовушоқлигини ҳисобга олинади.

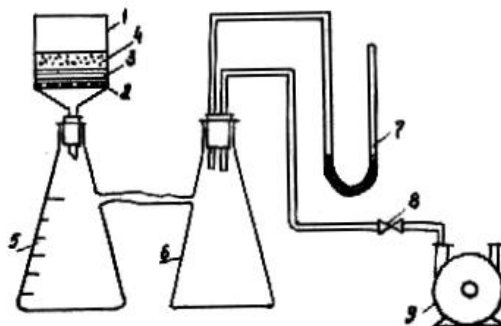
Худди шунингдек фильтр тўсиқларининг гидравлик қаршилигини, ҳам фильтрлаш доимийлиги  $C$  билан белгилаш мумкин:

$$C = \frac{R_{\phi.m.}}{r_0 \cdot x_0} \quad (7.15)$$

Фильтр тўсиқ ва фильтрлаш доимийларининг қийматларини (7.8) тенгламага қўйсақ, қуйидаги кўринишга келади:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot c = K \cdot \tau \quad (7.16)$$

Ушбу ишни ўтказишдан мақсад, филтёрда чўкманинг ҳосил бўлишида фильрлаш доимийлигини аниқлаш. 7.2-расмда фильрлаш доимийлигини аниқлаш учун лаборатория қурилмаси тасвирланган.



7.2-расм. Лаборатория урилмаси.

1-воронка; 2-нутч фильтрнинг таг қисми; 3-фильтрлаш тўсиғи; 4-чўкма; 5- вакуум- насосга уланган фильрат йиғиладиган идиш; 6-оралиқ идиш; 7- вакуумни ўлчовчи симобли манометр; 8-вакуум миқдорини ростловчи кран; 9- вакуум-насос.

### Ишни бажариш тартиби

1. Берилган концентрация буйича суспензия тайёрланади.
2. Лаборант иштирокида лаборатория тажриба қурилмасининг ҳолати текширилади.
3. Фильтрлаш учун суспензия нутч-фильтрга қуйилади. Лаборант иштирокида вакуум-насос ишга туширилиб, йиғичда вакуум ҳосил қилинади. Вакуум-бирор қурилманинг атмосфера босимидан паст босимда ишлашни кўрсатади. Вакуумнинг миқдори U-симон манометр билан аниқланади. Йиғичдаги тўла абсолют босим атмосфера ва вакуум босимлар орасидаги фарққа тенг бўлади.
4. Ўзгармас бир хил вақт бирлигида филтрланган фильратнинг ҳажми аниқланади.
5. Фильтрнинг юзаси аниқланади.
6. Кузатиш тажриба бирликлари жадвалдан ёзилади ва ҳисобланади.
7. Тажриба асосида  $\Delta\tau/\Delta q - q$  орасидаги боғланиш графиги чизилади.
8. Фильтрлаш доимийлиги  $K$  ҳисобланади.

### Тажриба кўрсаткичларини ҳисоблаш

Фильтрлаш давомида чўкманинг ҳосил бўлишида филтрлаш доимийлиги аниқланади. Ушбу филтрда филтрлаш доимийлиги ўзгармас катталиқ бўлиб, филтрлаш режимини, чўкманинг, ҳамда эритманинг физик-кимёвий хусусиятларини ҳисобга олади, филтрлаш дифференциал тенгламаси оралиқ аниқланади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V}$$

Ифодада  $V$  - филтрнинг унумдорлиги  $\tau$  вақт ичида оқиб ўтган фильратнинг ҳажм миқдори,  $m^3$ ;  $\tau$ - филтрлаш вақти, с;  $\Delta P$  - филтрлашдаги босимларнинг фарқи,  $N/m^2$ ;  $S$  - филтрнинг умумий юзаси,  $m^2$ ;  $\mu$  - суюқликнинг қовушоқлиги,  $N \cdot c/m^2$ ;  $x_0 = V_2/V$  чўкма ҳажмининг  $V_4$  филтрлат ҳажмига  $V_4$ га нисбати;  $r_0$  - чўкманинг солиштира қаршилиги.

Агар  $C = 1\text{ м}^2$  деб қабул қилинса:

$$dV/d\tau = \Delta P/\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \quad (7.17)$$

Фильтрлаш жараёни ўзгармас босимлар фарқида олиб борилганлиги учун яъни  $\Delta P = \text{const}$  да  $K'$  нинг миқдори:

$$\Delta P/\mu \cdot r_0 \cdot x_0 = K'$$

(7.18) тенгламани  $K$  билан ифодаласак, у олда (7.17) тенглама қуйидагича ифодаланadi:

$$\frac{dV'}{d\tau} = \frac{K'}{V} \quad \text{ёки} \quad V \cdot dV = K' \cdot d\tau \quad (7.18)$$

(7.12) интеграллаб қуйидаги ифодани олинади:

$$\frac{V^2}{2} = K' \cdot \tau \quad \text{ёки} \quad V^2 = 2 \cdot K' \cdot \tau \quad (7.19)$$

ифодада  $K$  – фильтрлаш доимийлиги. Фильтрлаш тезлигини шу момент ватқ ичида аниқлаш учун (7.19) тенгламани дифференциаллаб, ҳақиқий фильтрлаш тезлигини топамиз, яъни

$$2 \cdot V \cdot dV = K \cdot d\tau \quad (7.20)$$

ҳосил бўлган ифодадан фильтрлаш доимийлигини аниқлаш учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2 \cdot V} \quad (7.21)$$

Ҳисоблашни қулайлаштириш учун (7.21) ифодани қуйидагича тасвирлаш мумкин:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta q} = \frac{2}{K} \cdot q \quad (7.22)$$

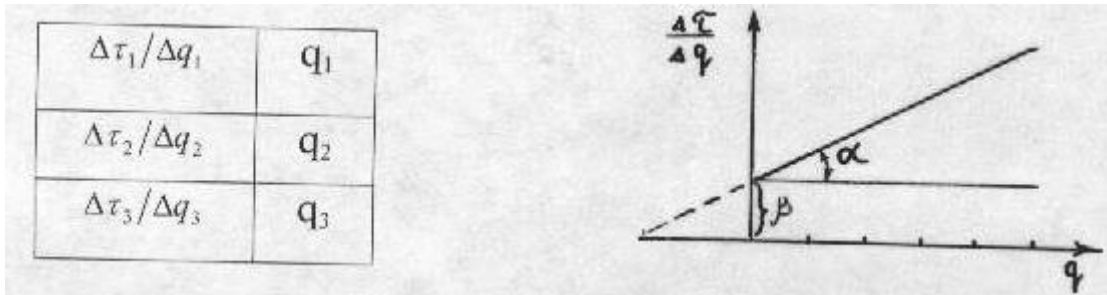
ифодада  $q = V/S$  - фильтрнинг солиштирма унумдорлиги,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $\Delta\tau/\Delta q = f(q)$  фильтрлаш тезлигининг тескари қийматиға тўғри келган миқдор: (7.22) тенгламани координат ўқларида  $\Delta\tau/\Delta q - q$  боғланиш орқали ифодаланганда, графикда тўғри чизиқҳосил бўлиб, унинг оғма тангенс бурчагининг  $\text{tg} = 2/K$  қиймати фильтрлаш доимийлигига тенг бўлади.

7-1 жадвал

|                            |                  |                              |                              |                               |                  |                            |
|----------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| Фильтрат<br>нинг<br>умумий | Ўлчов<br>вақтлар | Фильтрат<br>ҳажм<br>миқдорин | Фильтрат<br>ҳажм<br>мидорини | $\Delta\tau/\Delta q$<br>нинг | Фильтр<br>юзаси- | Умумий<br>фильтрат<br>ҳажм |
|----------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|

|  |                      |   |   |                 |                  |                             |
|--|----------------------|---|---|-----------------|------------------|-----------------------------|
| ҳажм<br>мидори<br>$V, \text{см}^3$               | орасдаги<br>фарқт, с | инг вақт<br>бирлигид<br>а ортиши<br>$\Delta V, \text{см}^3$ | нг<br>фильрат<br>юзасига<br>нисбати<br>$\Delta q = \frac{\Delta V}{S}$<br>$\text{см}^3/\text{см}^2 = \text{с}$<br>м | нисбати<br>с/см | $S, \text{см}^2$ | миқдори<br>$V, \text{см}^3$ |
| Олинган катталикларнинг СИ системада ифодаланиши |                      |   |   |                 |                  |                             |
| $\text{м}^3$                                     | с                    | $\text{м}^3$  | м   | с/м             | $\text{м}^2$     | $\text{м}^3$                |

7-2 жадвалдан  $\Delta\tau/\Delta q$  ва  $q$ га тўғри келган олиниб координат ўқларига график курилади.



Графикда ҳосил бўлган тўғри чизиксуспензияни филтрлаш жараёнини ифодалайди. Тўғри чизикдан тангенс оғиш бурчагининг қийматини аниқлаб, ундан  $\text{tg}\alpha = 2/K$  ифода орқали филтрлаш доимийлиги  $K$  ни аниқлаймиз. Филтр тўсиқларининг ўзгармас қаршилигининг миқдорини аниқлаш учун, ордината ўқи билан филтрлаш жараёни чизиғи билан кесишган кесма аниқланади. Бу кесманинг миқдори  $V=2c/K$  га тенг бўлади. Бу ифодадан ўзгармас катталик "С" нинг миқдори аниқланади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Филтрлаш жараённинг физик моҳияти.
2. Филтрлаш жараёнининг қаршилиги ва ҳаракатлантирувчи кучи.
3.  $P=\text{const}$  бўлган ҳолатда филтрация тенгламаси.
4. Филтрлар конструкциялари, ишлаш принципи, солиштириш характеристикалари.

5. Суспензияларни марказдан қочма куч таъсирида ажратиш.

6. Газ аралашмаларини филтрлар воситасида тозалаш.

## **8-LABORATORIYA ISHI: “TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI” ISITGICHDAGI ISSIQLIK BERISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.**

### *Ишнинг назарий асослари*

Кўпчилик технологик жараёнларнинг интенсивлиги, иситиш ёки совитиш жараёнини қандай амалга оширилаётганига боғлиқ.

Иссиқлик жараёнлари - температуралар фарқи мавжуд бўлганда, температураси юқори бир жисмдан температураси паст иккинчи жисмга иссиқликнинг ўтишидир.

Бундай жараёнлар иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан амалга оширилади. Иссиқлик алмашилиш жараёнларида қатнашувчи суюқликлар иссиқлик ташувчи агентлар деб аталади. Юқори температурага эга бўлиб, ўзидан иссиқликни температураси паст муҳитга берувчи суюқликлар иситувчи агентлар дейилади. Совутилаётган муҳитга нисбатан паст температурага эга бўлган ва ўзига муҳитдан иссиқликни олувчи суюқликлар совутувчи агентлар деб аталади.

Иссиқлик ташувчи агентлардан совутувчи агентларга иссиқлик таралишининг асосан учта тури бор:

1. Иссиқлик ўтказувчанлик (кондукция);
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 Фурье қонунига биноан топилади:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau \quad (8.1)$$

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 алмашилиши табиий ёки эркин конвекция дейилади. Ташқи кучлар таъсирида (насослар ёрдамида узатиш, механик аралаштиргичлар билан аралаштириш пайтида) мажбурий конвекция ҳосил бўлади.

Иссиқлик ташувчи агентлар трубанинг деворига ёки трубанинг деворидан совутувчи

агентга иссиқликнинг ўтишига иссиқлик бериш дейилади ва у Ньютоннинг совутиш қонунига биноан аниқланади:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_o - t_e) \quad (8.2)$$

яъни,  $\tau$  вақт ичида ўтаётган иссиқлик миқдори девор юзаси ва муҳит температураларининг фарқига ( $T_d - T_e$ ), ҳамда жараённинг давомийлигига тўғри пропорциоалдир.

Ҳозирги пайтда конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнларини тезлатишни бир неча хил усуллари ўрганилган ва янги қурилмаларда (иситгичларда) улланишга тавсия этилган.

Бир фазаги суюқликларнинг труба ичида оқиб ўтаётганда қуйидаги усуллар билан иссиқлик алмашинишни тезлатиш мумкин: сунъий йўл билан труба юзасида турбулизаторлар, ғадир - будурлииклар ва қирралар ҳосил қилиш, спиралсимон қирралар ёрдамида оқимга айланма ҳаракат бериш, шнекли ва оқимга тўлқинсимон йўналиш берувчи мосламалар ёрдамида амалга оширилади.

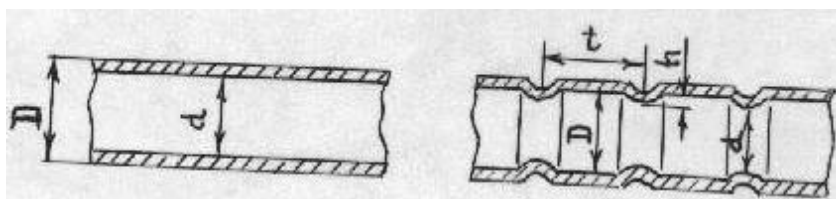
Буғларни конденсацсиялаш жараёнида эса, конденсат юпқа қатламни турбулизатор ёки қирралар ёрдамида бузиш, махсус қурилма орқали томчи-симон конденсация ҳосил қилиш, оқимга ёки иссиқлик алмашиниш юзасига айланма ҳаракат бериш усуллари ёрдамида иссиқлик жараёнини тезлатиш мумкин.

Шуни таъкидлаш керакки, иссиқлик алмашиниш жараёнини у ёки бу усул билан тезлатиш, фақат труба юзасининг самарадорлик кўрсаткичи етарли эмас. Шунинг учун, иссиқлик алмашиниш қурилмаларини йиғиш технологияси, мустаҳкамлиги, труба юзасининг ифлосланиш даражаси, фойдаланиш хусусиятлари ва хоказо 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 сунъий равишда турбулизация қилиш усуллари билан конвектив иссиқлик алмашинишни тезлатиш энг самарадор усул деб тан олинган.

Бу усуллардан қулай ва самаралиги думалатиб зичлаш орқали трубаларда сунъий ғадир-будурликлар ҳосил қилишдир (8.1б - расм ).



8.1-расм. Силлиқ (а) ва кўндаланг ариқчали(б)

трубаларнинг бўйлама кесимлари тасвирланган.

Иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  деворнинг  $1 \text{ м}^2$  юзасидан суюқликка  $1 \text{ с}$  вақтичида, девор ва суюқликлар фарқи  $1^\circ\text{С}$  бўлганда, берилган иссиқлик миқдорини билдиради ва у қуйидаги ўлчов бирлигига эга.

$$[\alpha] = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot (t_o - t_e)} = \frac{Ж}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}} = \frac{Вт}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (8.3)$$

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 сизгими  $s$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$ , суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти  $\beta$ , деворнинг шакли, ўлчами ва унинг ғадир-будурлигига  $\varepsilon$  боғлиқ, яъни:

$$\alpha = f(w, \mu, \rho, s, \lambda, \beta, \alpha, l, \varepsilon) \quad (8.4)$$

Иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  кўпчилик факторларнинг функцияси бўлганлиги учун, бу коэффициентни Нуссельтнинг критериял тенгламасидан топиш мумкин:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (8.5)$$

$Nu$  - Нуссельт критерийси девор ва оқим чегарасида иссиқликнинг ўтиш тезлигини характерлайди;  $l$  – аниқловчи геометрик ўлчам (трубалар учун унинг диаметри), м;  $\lambda$  - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(мК).

Конвектив иссиқлик алмашилишнинг критериял тенгламаси умумий ҳолда қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, Pe...) \quad (8.6)$$

Думалатиб зичлаш усули билан олинган трубалар учун иссиқлик алмашилиш тезлиги қуйидаги кўрсаткичларга боғлиқ:

$$Nu = f\left(Re, Pr, \Psi, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}\right) \quad (8.7)$$

бу ерда  $\Psi = t_d/t_c$  - температура фактори;  $h/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз чуқурлиги;  $d/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз диаметри;  $t/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз қадами.

Бугларни силлиқ трубади курилмаларда конденсациялаш пайтида, буг таркибига ҳаво қушилиб олса, иссиқлик алмашилиш тезлиги кескин равишда камайиб кетади. Лекин, конденсаторлардаги силлиқ трубалар, думалатиб зичлаш усули билан олинган трубалар билан алмаштирилса, иссиқлик алмашилиш тезлашади ва бу жараён ушбу функция орқали ифодаланади:

$$Nu = f\left(Re, Re_{пл}, \varepsilon, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}, \frac{t}{D}, P\right) \quad (8.8)$$

бу ерда  $\varepsilon = (G_x/G_6)$  - хаво буг аралашмасидаги хавонинг миқдори, %;

$G_x$  - хавонинг сарфи, кг/с;  $G_6$  - буғнинг сарфи, кг/с;  $P$  - қурилмадаги босим, Па;  $Re_{пл}$  - конденсат юққа қатлами оқимининг Рейнолдс сони.  $Re$  - Пекле критерийси, жараённинг гидродинамик шароити ва муҳитнинг хоссаларини белгилайди.

$$Pe = \frac{w \cdot l}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (8.9)$$

бу ерда  $a$  - температура ўтказувчанлик коэффициентини,  $m^2/c$ ;  $Pr$  - Прандтл критерийси суюқликнинг қовушқоқлик ва температура ўтказувчанлик хоссаларининг нисбатини ифода қилади.

$$Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{w \cdot l}{a}; \quad \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{a} \quad (8.10)$$

Рейнолдс критерийси оқимдаги инерсия ва ишаланиш кучларнинг нисбатини аниқлайди.

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (8.11)$$

Фурье критерийси нотурғун иссиқлик жараёнларида температура майдонининг ўзгариш тезлиги – муҳитнинг ўлчами вақт ва физик катталиклари - ўртасидаги боғлиқларни белгилайди

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.12)$$

Грасгоф критерийси еркин конвекция пайтида иссиқ ва совуқ суюқлик зичликларининг фарқи таъсирида ҳосил бўлган оқимнинг гидродинамик режимини ифода қилади

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.13)$$

бу ерда  $\beta$  - ҳажмий кенгайиш коэффициентини,  $1/K$ ;  $\Delta t$  - девор ва атроф муҳит орасидаги температуралар фарқи.

Иссиқлик ўтказишнинг ҳар қандай ҳолати учун алоҳида критериял тенглама мавжуд.

Шундай қилиб, оқимнинг ҳар бир режими алоҳида критериял тенглама билан ифодаланади. Турбулент режимда

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g}\right)^{0,25} \quad (8.14)$$



Ламинар режимда:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (8.15)$$

бу ерда  $Pr_c$  – суюқликнинг ўртача температурасида ҳисобланади;  $Pr_d$  - деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади.

Думалатиб зичланган трубалар ичида бир фазали суюқликлар ёки газлар оқиб ўтганда, ўртача иссиқлик бериш қуйидаги критериял тенгламадан аниқланади:

$$Nu = A \cdot Nu_{cl} \quad (8.16)$$

бунда

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.17)$$

бу ерда  $Nu_{cl}$  - силлик труба учун ушбу формуладан топилади:

$$Nu_{cl} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,443} \quad (8.18)$$

(8.16) формуладан ва  $Re \geq 10^4$  бўлган ораликда фойдаланиш мумкин. Иситувчи агентлар учун иссиқлик бериш коэффициентининг ораликда иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати қуйидагича ўзгариши мумкин:

Иситиб ёки совутилатганда  $\alpha$ , 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 буғининг  | 580 - 2320   |
| 8. Плёнкасимон конденсацияланаётган экстракцион бензин-ҳаво буғининг конденсацияланиши учун | 500 - 2000   |

Конденсацияланаётган буғнинг иссиқлик бериш коэффициенти конденсацияланиш критерийси орқали ҳисобга олинади:

$$K = \frac{r}{C_p \cdot \Delta t} \quad (8.19)$$

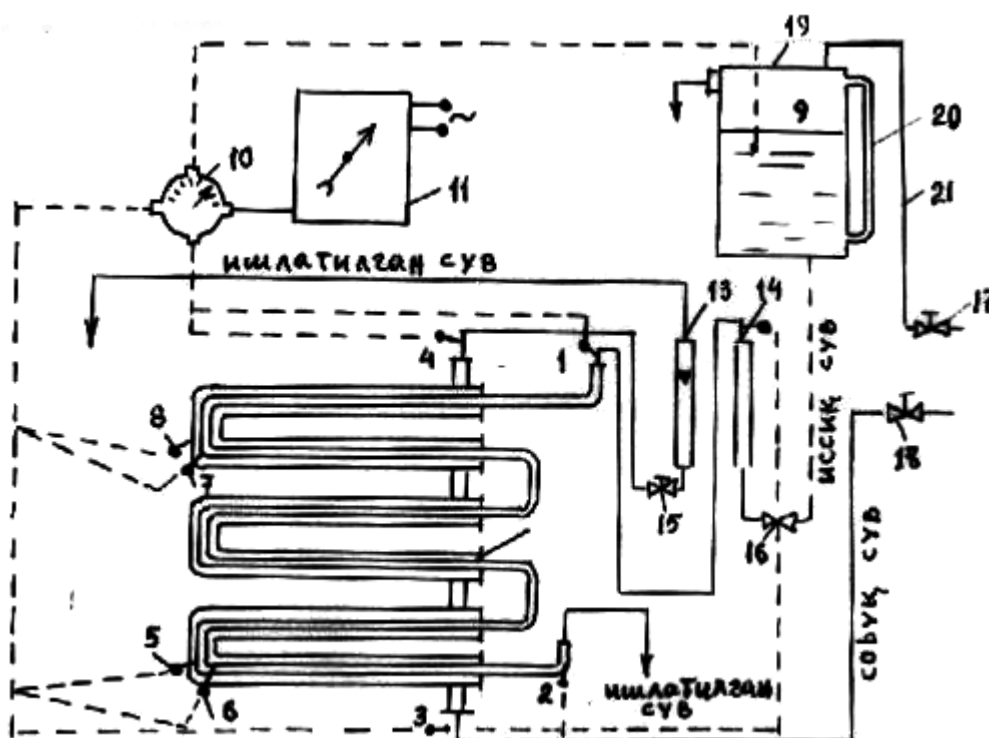
бу ерда  $\gamma$  – буғланиш иссиқлиги, Ж/кг.

Конденсацияланиш критерийси  $K$  иситувчи агентнинг агрегат ҳолатининг ўзгаришини характерлайди.  $\gamma$  ва  $C_p$  лар иситувчи агентнинг ўртача температурасида берилган (иловадаги 8-жадвалдан) аниқланади.

Иш ўтказишдан мақсад - иситувчи агентдан трубанинг деворига ёки трубанинг деворига ёки трубанинг деворидан совитувчи агентга иссиқлик ўтганда иссиқлик бериш коэффициентларини аниқлаш.

### Ишнинг бажариш тартиби

8.2 - расмда экспериментал қурилма схемаси тасвирланган. Қурилма напорли бак 19,



"труба ичидаги труба" типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмадан 12 ва сув сарфини ўлчовчи асбобларидан иборат. Иситувчи агент сифатида иссиқ сув ишлатилади ва у иссиқлик алмашиниш қурилма трубасининг ички қисмида йўналтирилади. Совитувчи агент сифатида совуқ сув ишлатилиб, у трубалар ва қурилманинг ички девори оралиғидаги бўшлиқда ҳаракат қилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқ ва совуқ сув сувлар ўзаро қарама-арши йўналишда ҳаракат қилади.

Совуқ ва иссиқ сувларнинг сарфи ротаметрлар (13, 14) ёрдамида ўлчанади.

Температура термопаралар ёрдамида ўлчанади ва уларнинг тартиб номери 8-1 жадвалда берилган.

8.2 - расм. Лаборатория қурилмасининг схемаси.

1-9 термопаралар; 10 - термопараларни потенциометрга улайдилган қурилма, 11 - потенциометр, 12 – Иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 13,14 - сув сарфини ўлчайдиган РС ротаметри; 15-18 - сув сарфини

ростловчи мосламалар, 19 - босим хосил қилувчи идиш; 20 - сув баландлигини кўрсатувчи найча, 21 – иссиқ сув бериладиган труба.

8.1-жадвал.

| Термопаралар номери | Ўлчанаётган температура  | Белгиланиши |
|---------------------|--|-------------|
| 1                   | Иссиқ сув қурилмага киришдан олдин                                 | $t_1$       |
| 2                   | Иссиқ сув қурилмага киришдан олдин                                 | $t_2$       |
| 3                   | Совук сув қурилмага киришдан олдин                                 | $t_3$       |
| 4                   | Совук сув қурилмага киришдан олдин                                 | $t_4$       |
| 5                   | Ички девор атрофидаги сувнинг температураси                        | $t_5$       |
| 6                   | Кичик трубанинг ички деворнинг температураси                       | $t_6$       |
| 7                   | Кичик трубанинг ташқи деворининг температураси                     | $t_7$       |
| 8                   | Катта трубанинг ички девори атрофидагига суюқликнинг температураси | $t_8$       |
| 9                   | Бакдаги сувнинг температураси                                      | $t_9$       |

Қуйидаги ишда иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш қуйидаги тартибда олиб борилади;

1. Напорли бак 19 сув билан тўлдирилади ва термопара 9 ёрдамида унинг температураси аниқланади. Бунинг учун термопараларни потенциометрга улайдиган қурилмани 0 (нол) ҳолатига қўйилади.

2. Совуқ сув берилма бошланади. Унинг сарфи ротаметр 13 ёрдамида ўлчанади.

3. Сўнг иссиқ сув бериб, унинг сарфи, ротаметр 14 ёрдамида ўлчанади.

4. Ҳамма термопараларнинг кўрсаткичлари аниқланади ва ёзиб олинади.

5. Беш минут ват ўтгандан кейин қайтадан ҳамма термопаралар кўрсаткичи аниқланади ва ёзиб олинади.

6. Совуқ ёки иссиқ сувнинг сарфи кўпайтирилади ва 4,5 бандлардаги ишлар қайтарилади.

### Тажриба кўрсаткичларини ҳисоблаш

Иситувчи агентдан деворга бериётган иссиқлик миқдори қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.20)$$

бу ерда  $G_1$  - иситувчи агентнинг сарфи, кг/с;  $c_1$  - ўртача температурадаги  $t_{yp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$  иситувчи агентнинг иссиқлик сиғими.

Тенгламадан  $Q$  нинг қийматини аниқлаб, иситувчи агентдан труба девори орасидаги тажрибий иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1$  қуйидаги формуладан топилади.

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot F_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.21)$$

бу ерда  $Q_1$  - труба деворнинг юзаси,  $Q_1=0,193\text{м}^2$

Иситилган труба деворидан совутувчи агентга ўтаётган иссиқлик миқдори, ушбу формуладан аниқланади

$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.22)$$

бу ерда  $G_2$  - совутувчи агент сарфи, кг/с;  $c_2$  - ўртача температура  $t_{yp} = \frac{t_3 + t_4}{2}$  даги совуқ агентнинг иссиқлик сиғими, Ж/кг·К.

Труба девори ва совутувчи агент орасидаги иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_2$  қуйидаги формуладан топилади:

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot F_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.23)$$

бу ерда  $G_2$  - ички трубанинг юзаси,  $G_2=0,139\text{м}^2$

Иссиқлик бериш коэффициентини қийматини критериял тенгламадан аниқланади:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_b} \right)^{0,25} \quad (8.24)$$

$$Re = \frac{w \cdot d\rho}{\mu} \quad (8.25)$$

бу ерда  $w$  - суюқликнинг тезлиги, секундда сарф тенгламасидан топилади:

$$V_c = w \cdot F \quad (8.26)$$

бу ерда  $V_c$  – суюқликнинг ҳажмий сарфи миқдори,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $S$  - трубанинг кўндаланг

кесим,  $F = \pi \cdot d^2 / 4$ . Трубалар кўндаланг кесим учун  $F = \pi \cdot d_s^2 / 4$  ( $d=0,021\text{м}$ ,  $d_e=0,028\text{м}$ ). Иловадаги 2-жадвалдан олинади.

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (8.27)$$

бу ерда  $c$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$  - ўртача температура суюқликнинг иссиқлик сифими, қовушоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.(Илованинг 2- жадвалидан олинади)

$$Gr = \frac{g \cdot d_s^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.28)$$

бу ерда  $\beta$  - ҳажмий кенгайш коэффициентининг қиймати иловадаги иловадаги 1-жадвалдан аниқланади;  $\Delta t$  - девор ва атроф мухит орасидаги температуралар фарқи;  $d_s$  - труба диаметри;  $\nu$  - суюқликнинг кинематик қовушоқлиги (илованинг 2 - жадвалидан олинади).

$$Pr_c / Pr_o \approx 0,25 \div 1,1$$

бу ерда  $Pr_o$  - критерийни ҳисоблаш учун суюқликнинг физик-кимёвий катталиклари деворнинг температураси бўйича олинади.

Иссиқлик ўхшашлик критерийларининг қийматларини билгандагина, Нуссельт критерийсини аниқлаш мумкин. Сўнгра, Нусельт критерийсидан иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  топилади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

бу ерда  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (илованинг 2-жадвалидан олинади). Кейин, тажрибавий ва ҳисобий  $\alpha$  ларнинг қийматлари таққослаб тажрибанинг ҳатоси % ларда аниқланади.

8 – 2 ҳисобот жадвали

| Сув сарфи  |                 |            |                 | Температура $^{\circ}\text{C}$ |                |                |                |                |                |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |
|------------|-----------------|------------|-----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Ис-<br>сиқ |                 | Со-<br>вуқ |                 |                                |                |                |                |                |                |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |
|            | $\frac{M^3}{c}$ |            | $\frac{M^3}{c}$ | T <sub>1</sub>                 | T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> | T <sub>4</sub> | T <sub>5</sub> | T <sub>6</sub> | T <sub>7</sub> | T <sub>8</sub> | T <sub>9</sub> | $\alpha_1$ тажр. | $\alpha_2$ тажр. | $\alpha_3$ тажр. | $\alpha_4$ тажр. | $\alpha_5$ тажр. | $\alpha$ ҳисоб. |
|            |                 |            |                 |                                |                |                |                |                |                |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                 |

## HAZOPAT SAVOLLARI

1. Конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнининг физикавий асоси.
2. Ньютоннинг совитиш қонуни.
3. Иссиқлик бериш коэффициенти ва унинг турли факторларга боғлиқлиги.
4. Иссиқлик беришни ҳисоблаш учун критериал тенгламалар: а) Иситувчи агентнинг агрегат ҳоли ўзгарганда; б) Иситувчи агентнинг агрегат ҳоли ўзгармаганда.

### 9-LABORATORIYA ISHI: “TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI” ISITGICHNING ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

#### *Ишнинг назарий асослари*

Иссиқлик ўтказиш - иссиқлик энергияси тарқалиш қонунларини ўрганувчи фандир. Иссиқлик ўтказиш қонунлари иситиш, совитиш, конденсацияланиш, буғлатиш каби иссиқлик жараёнларнинг асоси бўлиб, иссиқлик таъсирида борадиган масса алмашиниш жараёнларини амалга оширишда жуда катта аҳамиятга эга.

Температураси юқори бўлган муҳитдан температураси паст бўлган муҳитга бирор девор орқали иссиқликнинг берилиши иссиқлик ўтиши деб аталади. Бунда берилган иссиқликнинг миқдори иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси орқали топилади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (9.1)$$

Бу тенглама биноан, температураси юқори бўлган муҳитдан температураси паст бўлган муҳитга ўтаётган иссиқлик миқдори, ажратувчи деворнинг юзасига  $F$ , ўртача температуралар фаркига  $\Delta t_{yp}$  ва вақт  $\tau$  га тўғри пропорционалдир. Узлуксиз ишлайдиган турғун жараёнлар учун (9.1) тенгламаги  $\tau$  ҳисобга олинмайди. У ҳолда:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (9.2)$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  температураси юқори бўлган муҳитдан температураси паст бўлган муҳитга вақт бирлиги ичида ажратувчи деворнинг юзаси  $1 \text{ м}^2$ , муҳитлар температуралари фарқи  $1^\circ\text{C}$  бўлганда, ўтказилган иссиқлик миқдорини билдиради.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25}$$

Текис девор учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини қуйидаги ифодадан топиш мумкин:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (9.3)$$

Цилиндрсимон юзадан иссиқлик ўтганда иссиқлик ўтказиш коэффициентини ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u \cdot r_u} + \frac{1}{\lambda} 2,31g \frac{r_m}{r_u} + \frac{1}{\alpha_u \cdot r_m}} \quad (9.4)$$

бу ерда  $\alpha_1, \alpha_и$  - иситувчи, агентдан деворга иссиқлик ўтаётган пайтдаги иссиқлик бериш коэффициентлари, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_2, \alpha_т$  - девор юзасидан совутувчи агентга иссиқлик ўтаётган пайтдаги иссиқлик бериш коэффициентлари, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda$  - трубанинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\delta/\lambda$  - труба деворининг қалинлиги;  $r_и, r_т$  - трубанинг ички ва ташқи радиуслари, м.

Иситиш юзаси иссиқлик ўтказишнинг умумий тенгламасидан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp} \cdot \tau} \quad (9.5)$$

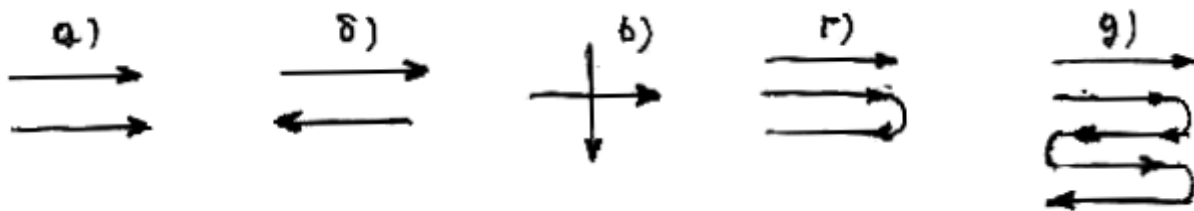
бу ерда Q – суюқликни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори, Вт; G – суюқлик сарфи, кг/с;  $\Delta t_{yp}$  - ўртача температуралар фарқи, иссиқлик жараёнларини харакатлантирувчи кучи ва у қуйидаги тенглама билан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ка} - \Delta t_{ку}}{2,31 \cdot g \frac{\Delta t_{ка}}{\Delta t_{ку}}} \quad (9.6)$$

Агар  $\Delta t_{ка}/\Delta t_{ку} \leq 2$  бўлса, ўртача температуралар фарқи қуйидаги ифодадан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ка} + \Delta t_{ку}}{2} \quad (9.7)$$

(9.6) ва (9.7) формулалардаги  $\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ку}$  иссиқлик алмашилиш қурилмасининг четлардаги температураларнинг катта ва кичик фарқлари бўлиб, иссиқлик ташувчи агентларнинг йўналишига боғлиқ. Иссиқ ва совуқ суюқликлар ўзаро параллел (9.1а - расм), қарама-қарши (2.1б -расм) ёки ўзаро кесишган (9.1в - расм) ҳолда ҳаракат қилиши мумкин. Бундан ташқари, амалда иссиқлик ташувчи агентларнинг анча мураккаб ҳаракат йўналиш схемалари учрайди.



9.1 - расм. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларида  
иссиқлик ташувчи агентларнинг йўналишлари.

$\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ки}$  иситувчи ва совутувчи агентларнинг қурилмага кириш ва чиқиш пайтидаги фарқи деб ҳисобланади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари иккига бўлинади:

1) Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари, буларда иссиқлик бир мухитдан иккинчи мухитга ажратиб турувчи юза орқали ўтади;

2) аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари, бундай иссиқлик алмашиниш қурилмалари кенг ишлатилади.

Саноатнинг барча тармоқларида суюқлик ва газларни иситиш ҳамда совитиш учун сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари кенг тарқалган. Конструктив тузилишга кўра сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари труба, змеевили, пластинали, спиралсимон, қиррали, ғилофли ва махсус иссиқлик алмашиниш қурилмаларига бўлади. Иситиш юзасининг жойлашишига қараб вертикал ва горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмаларига бўлинади.

Қобик-труба қурилмаларда труба турларга развальцовка, пайвандлаш, кавшарлаш ва сальниклар ёрдамида бириктирилиши мумкин.

Юқорида қайд этилган қурилмаларнинг ўзига яраша афзалликлари ва камчиликлари бордир.

Қобик-силлик труба иситкичлар қуйдаги афзалликларга эга: ихчам, металл кам сарф қилинади, труба ларнинг ичини тозалаш осон, (U - симон труба лар иситкичлардан ташқари) иссиқлик алмашиниш юзаси ва унумдорлиги катта.

Бу қурилмалар камчиликлардан ҳам холи эмас: иссиқлик ташувчи агентларни катта тезлик билан ўтказиш қийин, труба лараро бўшлиқни тозалаш ва тузатиш имкони кам, развальцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан иситкичларни ясаб бўлмайди.

Думалатиб зичланиш орқали олинган труба лар иситкичлар қуйдаги афзалликларга эга: ихчам, металл кам сарф бўлади, иссиқлик алмашиниш юзаси катта, труба ларнинг ичини тозалаш вақтининг оралиғи 3-5 марта кўпроқ, чунки труба девори атрофидаги оқимнинг қатлами турбулизация қилинади.



Бундан ташқари, думалатиб зичлаш усули билан олинган трубади иссиқлик алмашиниш қурилмалари силлиқ трубадиқ қурилмалар олдида ушбу асосий хусусиятлар билан ажралиб туради:

1. Думалатиб зичланган трубаларда энг юқори интенсивлаш қийматиға эришилади. Унда иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати силлиқ трубадағидан 1,2-2,0 баробар кўпдир.

2. Думалатиб зичланган труба ишлатилса, бирданиға 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 алмашиниш қурилмаларида ишлаб чиқариш технологияси ўзгартирмайди. Бундан ташқари, буларни конденсациялашда, думалатиб зичланган трубади конденсаторларда сову сувнинг сарфи силлиқ трубади конденсаторниқидан 30- 35% кам.

"Труба ичидағи труба" типидағи иссиқлик алмашиниш 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 ўртасидағи бўшлиқни тозалаш қийин.

Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг афзалликлари: тайёрлаш осон, иссиқлик юзасини кузатиш ва тузатиш осон, идишдағи суюқликнинг ҳажми катта бўлганлиги сабабли, режимнинг ўзгаришларига унча сезгир эмас.

Камчиликлари: ўлчами катта, идишдағи суюқликнинг тезлиги кичик бўлганлиги учун, змеевикнинг ташқарисидағи иссиқлик бериш коэффициенти кам, трубалар ички юзасини тозалаш қийин.

Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари қуйидағилардан иборат: совутувчи агентнинг сарфи кам, тузилиши содда, трубаларни тозалаш осон, шу билан бирға нархи ҳам арзонға тушади.

Камчиликлари: ўлчами катта, жуда кўп суюқлик сарфланади.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши ихчам, иккала иссиқлик ташувчи агентларни катта тезлик билан ўтказиш мумкинлиги учун, катта иссиқлик ўтказиш коэффициентига эға, гидравлик қаршилиги кўп йўлли қобиқ-трубади қурилмаларниқига қараганда кам.

Камчиликлари: тайёрлаш ва тузатиш мураккаб, 0,6 МПа дан ортиқ босимларда ишлаш мумкин эмас.

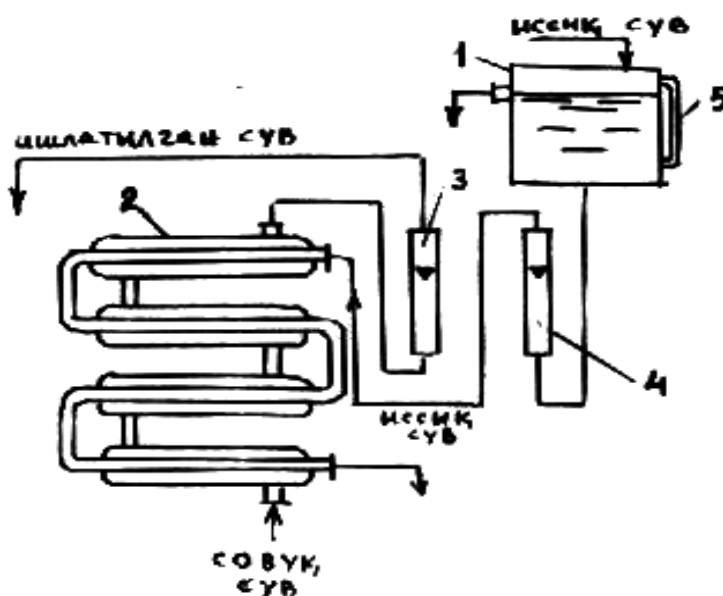
Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг афзалликлари: ихчам, гидравлик қаршилиқлари катта эмас, шунинг учун иккала агентларнинг тезлигини катта қилиш мумкин, натижада иссиқлик ўтказиш коэффициентини ошириш мумкин.

Камчиликлари: катта босимларга бардош бера олмайди, иситкичлар тузатилгандан кейин (қистирмаларнинг сони кўп бўлгани учун) тегишли зичликни хосил қилиш қийин.

Ғилоfli иссиқлик алмашиниш қурилмалари конструктив жихатдан содда, кузатиш ва тузатиш қулай.

Иш ўтказишдан мақсад - "труба ичида труба" типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида иситувчи агентдан совутувчи агентга иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш.

### Ишни бажариш тартиби



9.2 - расмда тажриба ўтказиш қурилмаси тасвирланган. Экспериментал қурилма напорли бак 1, "труба ичида труба" типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси 2, суюқликларнинг сарфини ўлчайдиган ротаметрлар 3, 4 ва температура ўлчаш асбоби 5 лардан иборат. Иситувчи агент сифатида иссиқ сув ( $60-80^{\circ}\text{C}$ ) ишлатилади ва у иситкичнинг ички трубасига йўналтирилади. Совутувчи агент сифатида совуқ сув ( $11-15^{\circ}\text{C}$ ) ишлатилади ва у иситкичнинг трубалараро бўшлиғига юборилади.

9.2-расм. Лаборатория қурилмасини схемаси.

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини тажриба қурилмасида қуйидаги тартибда аниқланади:

Напорли бак 1 иссиқ сув билан тўлдирилади ва унинг температураси ( $t_1$ ) ўлчанади. Сўнгра иссиқ сув алмашиниш жараёнига юборилиб, ротаметр ёрдамида сарфи ( $V_1$ )

аниқланади. Крандан келаётган совуқ сувнинг температураси ( $t_1'$ ) аниқланади ва иситкичга юборилиб, унинг сарфи ( $V_2$ ) ротаметр ёрдамида топилади. 30 минутдан кейин иссиқ ( $t_2$ ) ва совуқ ( $t_2'$ ) агентларнинг температураси, иситкичдан чиқиш пайтида ўлчанади.

### Тажриба натижаларини ҳисоблаш

Иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг тажрибадан олинган қийматлари иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси орқали топилади

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{yp}}$$

F - деворнинг юзаси,  $F=0,193\text{м}^2$

$$Q_1 = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2)$$

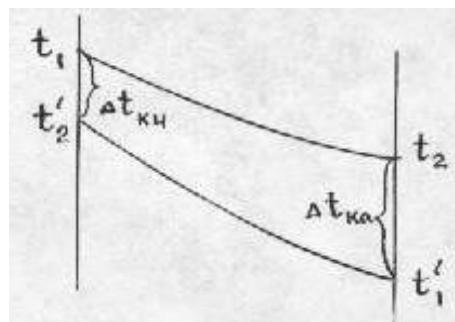
$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2' - t_1')$$

бу ерда  $Q_1$  – иссиқсувдаги иссиқлик миқдори, Вт;  $Q_2$  – совуқсувдаги иссиқлик миқдори, Вт;  $c_1, c_2$  - ўртача температурадаги иссиқ ва совуқ сувнинг солиштирма иссиқлик сифими коэффициентлари (илованинг 2 жадвалидан олинади), Ж/кг·К.

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}}$$

$$\Delta t_{ka} = (t_2 - t_1')$$

$$\Delta t_{ku} = (t_1 - t_2')$$



Иссиқлик ўтказиш коэффициенти K нинг ҳисобий қийматини қуйидаги тенгламадан топилади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

бу ерда  $\delta$  - труба деворининг қалинлиги  $\delta=2$  мм;  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти,  $\lambda=46,5$  Вт/м·К;  $\alpha_1=600$  Вт/м·К;  $\alpha_2=200$  Вт/м·К;

Сўнгра, тажрибавий ва ҳисобий иссиқлик ўтказиш коэффициентлар таққосланиб, тажрибанинг хатоси % ларда аниқланади.

9-1 жадвал

| Иссиқ сув сарфи | Совуқ сув сарфи | Иссиқ сувнинг иситкичга | Иссиқсувнинг иситкичд | Совуқсувнинг иситкичга | Совуқсувнинг иситкичд | Иссиқлик ўтказиш коэффициенти |
|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|

|  | $\frac{M^3}{c}$ |  | $\frac{M^3}{c}$ | кириш пайтидаги температу раси<br>$t_1, ^\circ C$ | ан чиқиш пайтидаги температу раси<br>$t_2, ^\circ C$ | кириш пайтидаги температу раси<br>$t_1', ^\circ C$ | ан чиқиш пайтидаги температу раси<br>$t_2', ^\circ C$ | енти<br>$K, \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ |
|--|-----------------|--|-----------------|---|--|--|---|-------------------------------------|
|  |                 |  |                 |   |  |  |   |                                     |

**Текшириш учун саволлар.**

1. Иссиқлик ўтказиш жараёнининг физика сosisи.
2. Иссиқлик ўтказишнинг асосий қонуни, унинг физика маъноси.
3. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва унинг физик маъноси.
4. Иссиқлик ташувчи агентларнинг ҳаракат йўналиши ва иссиқлик алмашиниш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучини аниқлаш.
5. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг ишлаш принципи ва конструкцияси (қобик труба, змеевикли, пластина ва б.).
6. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг солиштирма характеристикаси.
7. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш.

**11-LABORATORIYA ISHI: ERITMALARNING TEMPERATURE DEPRESSIYASINI ANIQLASH.**

*Ишнинг назарий асослари*

Учувчан бўлмаган моддалар эритмаларини унинг таркибидаги эритувчисини қайнатиш пайтида чиқариб юбориш йўли билан қуюқлантириш жараёни буғлатиш деб юритилади. Агар буғланиш жараёни қайнаш температурасида паст температураларда, яъни суёқликнинг юзасида рўй берса, буғлатиш жараёнида бу эритманинг бутун ҳажмидан ажралиб чиқади.

Буғлатиш жараёни буғлатувчи қурилмада олиб борилади.

Кимё саноатида ишқор, туз ва боша моддаларнинг сувли эритмалари, айрим минерал ва органик кислоталар, кўп атомли спиртлар, ҳамда шу каби бир қатор суёқ эритмалар буғлатилади. Айрим вақтда буғлатиш ёрдамида тоза эритувчилар ҳам олинади. Баъзи шароитларда қуюқлаштирилган эритма кристалланиш жараёнини амалга ошириш учун махсус буғлатиш қурилмаларига юборилади. Буғлатиш жараёнларида иситувчи агент сифатида асосан сув буғи ишлатилади, бундай буғ бирламчи буғ деб юритилади. Қайнаётган эритмани буғлатиш пайтида ҳосил бўлган бу иккиламчи буғ деб аталади. Буғлатиш жараёни вакуум остида, атмосфера ва юқори босимларда олиб борилиши мумкин. Эритмаларнинг хоссалари ва иккиламчи буғнинг иссиқлигидан фойдаланиш заруратига кўра ҳар хил босимлар ишлатилади. Вакуум остида буғлатиш бир қатор

афзалликларга эга: жараёни паст температураларда олиб бориш мумкин; вакуум таъсирида иситувчи агент ва эритма температураси ўртасидаги фойдали фарқ кўпаяди ва натижада қурилманинг иситиш юзаси камаяди, вакуум билан буғлатиш учун нисбатан паст параметрли (температура ва босим) иситувчи агентлардан фойдаланиш мумкин. Вакуум ишлатилганда иккиламчи буғдан қайтадан бирламчи буғ сифатида фойдаланиш имкони туғилади.

Кимё саноатида буғлатиш жараёни бир ва кўп корпусли қурилмаларда амалга оширилади. Кўп корпусли, яъни бир неча қурилмалардан ташкил топган буғлатиш қурилмалари кенг ишлатилади. Кўп корпусли қурилмаларнинг фақат биринчи корпусига иситувчи (бирламчи) буғ берилади, кейинги корпусларини иситиш учун эса олдинги корпуслардан чиққан иккиламчи буғ ишлатилади. Саноатда кўпинча 3-4 корпусли буғлатиш қурилмалари кенг ишлатилади. Натижада бу қурилмаларда буғнинг умумий сарфи, бир корпусли буғлатиш қурилмаларига нисбатан 3-4 марта камаяди. Ҳар қандай исиклик жараёнларидек, буғлатиш жараёнини харакатлантирувчи кучи деб температуралар фарқи ҳисобланади. Кўп корпусли буғлатиш қурилмаларда жараёни харакатлантирувчи кучи умумий ва фойдали температуралар фарқидир.

Кўп корпусли буғлатиш қурилмасининг умумий температуралар фарқи  $\Delta t_y$ , биринчи корпусни иситувчи бирламчи буғнинг температураси  $T_1$  ва конденсаторга тушган иккиламчи буғнинг тўйиниш температураси  $T'_{\text{конд}}$  ўртасидаги фарқга тенг:

$$\Delta t_y = T_1 - T'_{\text{конд}} \quad (10.1)$$

бу ерда  $T_1$  - бирламчи буғнинг температураси,  $K$ ;  $T'_{\text{конд}}$  - иккиламчи буғнинг охириги корпусидан конденсаторга тушган иккиламчи буғнинг тўйиниш температураси,  $K$ .

Кўп корпусли буғлатиш қурилмасидаги температураларнинг умумий фойдали фарқи  $\Delta t_\phi$  ни аниқлашга ҳамма қурилмаларда температуралар йўқотилишининг йиғиндиси ҳисобга олинади:

$$\Delta t_\phi = \Delta t_y - \Sigma \cdot \Delta \quad (10.2)$$

$$\Sigma \Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.3)$$

бу ерда  $\Sigma \Delta$  - температураларнинг йўқотилиши;  $\Delta'$  - температура депрессияси, бир хил босимда олинган эритма қайнаш температураси билан тоза эритувчи қайнаш температураси ўртасидаги фарқни кўрсатади.

Температура депрессиясининг қиймати эриган модда ва эритувчининг физик-кимёвий хоссалари, эритма концентрацияси ва босимига боғлиқ.

Суюлтирилган эритмалар учун ҳар хил босимларда температура депрессиясининг қиймати И.А.Тищенко тенгламаси орқали аниқланади:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{T^2}{r} \cdot \Delta'_{\text{атм}} \quad (10.4)$$

бу ерда  $\Delta'_{атм}$  - эритманинг атмосфера босимидаги температура депрессияси,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T$  - тоза эритувчининг берилган босимдаги қайнаш температураси,  $\text{K}$ ;  $r$  - тоза эритувчининг берилган босимдаги буғланиш иссиқлиги,  $\text{кЖ/кг}$ .

$\Delta''$  - гидростатик депрессия, гидростатик босим таъсирида буғлатиш қурилмаларнинг иситиш трубалари ичидаги эритманинг пастки ва устки қатламларидаги қайнаш температураларининг фарқи. Иситиш трубаларнинг пастки қатламида эритма, суюқлик устунининг таъсирида, устки қатламга нисбатан юқори температурада қайнайди. Гидростатик депрессиянинг қиймати аниқҳисоблаш қийин, чунки  $\Delta''$  иситиш трубаларнинг деярли катта қисмини эгалланган буғ-суюқлик эмулсиянинг циркуляция тезлигига ва унинг ўзгарувчан зичлигига, ҳамда иситиш трубасининг узунлигига боғлиқ. Эритма циркуляция қилинадиган вертикал қурилмалар учун  $\Delta''$  қийматини  $1-3^{\circ}\text{C}$  атрофида олиш мумкин.

$\Delta'''$  - гидравлик депрессия, иккиламчи буғсепаратор қурилмалари ва труба орқали ҳаракатланганида ўз йўлида гидравлик ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун кетган вақтидаги, иккиламчи буғ босимининг камайишини ҳисобга олади. Битта қурилма учун  $\Delta'''$  қиймати  $1^{\circ}\text{C}$  тенг деб олиш мумкин.

Температура ва гидростатик, гидравлик депрессияларни ҳисобга олган ҳолда эритманинг қайнаш температурасини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$t_{\kappa} = T' + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.5)$$

бу ерда  $T'$  - иккиламчи буғнинг температураси.

Буғлатиш жараёнининг яхши кетиши учун ҳар бир қурилмада температураларнинг фойдали фарқи (иситувчи бу ва қайнаётган эритма температураларнинг фарқи) маълум қийматга эга бўлиши шарт. Бу фарқи табиий циркуляция билан ишлайдиган қурилмалар учун камида  $5-7^{\circ}\text{C}$  ва мажбурий циркуляция билан ишлайдиган қурилмалар учун камида  $3^{\circ}\text{C}$  бўлиши керак.

Умумий ва фойдали температураларни билган ҳолда, ҳар бир қурилма учун фойдали температураларни ҳисобга олган ҳолда, кўп корпусли буғлатиш қурилмаларида, уларнинг оптимал сонларини аниқлаш мумкин.

Масалан:

$$\Delta t_{\phi} = T_1 - T'_{конд} - \Delta = 160 - 60 - 25 = 75^{\circ}\text{C}$$

икки қурилмали қурилма учун

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 2 \cdot 25 = 50^{\circ}\text{C}$$

ҳар бир корпус учун

$$\Delta t_{\phi} = \frac{\Sigma \Delta t_{\phi}}{2} = \frac{50}{2} = 25^{\circ}\text{C}$$

Уч корпусли буғлатиш қурилмасининг ҳар бир корпуси учун

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 3 \cdot 25 = 75^{\circ} C$$

Тўрт корпусли буғлатиш қурилмасининг ҳар бир қурилмаси учун

$$\Delta t_{\phi} = \frac{25}{3} = 8,3^{\circ} C$$

Шундай қилиб кўп корпусли буғлатиш қурилмалари учун қурилмаларнинг сони 3 та бўлиши керак.

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 4 \cdot 25 = 0$$

Шундай қилиб кўп корпусли буғлатиш қурилмаларида корпуслар сони ошиши билан фойдали температуралар фарқи камаяди, аммо иситиш юзаси бир ҳил бўлган ҳолда эса унинг унумдорлиги юқори бўлади.

Кўп корпусли бу қурилмаларида корпусларнинг оптимал сонини график усул билан ҳам аниқлаш мумкин. Вертикал ўқда буғлатишнинг қиймати, горизонтал ўқда эса корпусларнинг сони кўрсатилган (10.1 - расм).



10.1 - расм. Қурилманинг оптимал

сонини аниқлаш.

1 - Иситувчи буғнинг сарфи.

2 - Амортизация сарфлари.

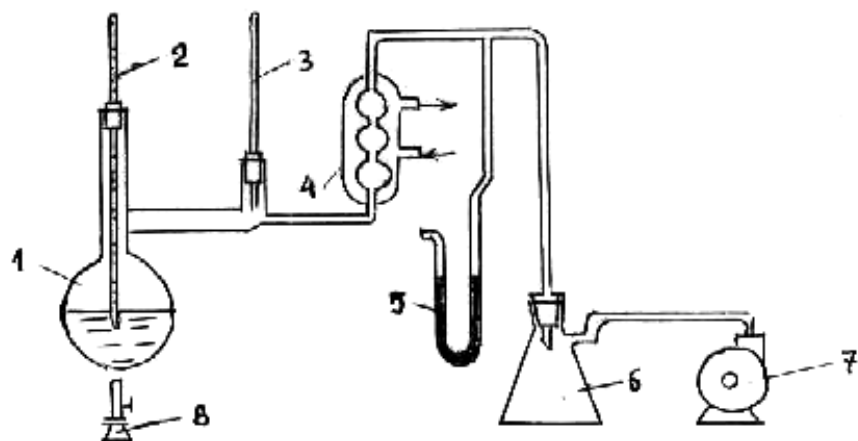
3 - Умумий сарф.

Графикдан кўришиб турибдики, корпусларнинг сони кўпайиши билан иситувчи буғнинг сарфи камаяди, амортизация сарфлари эса ортади, умумий сарфларни белгиловчи эгри чизиғининг (3) минимумига тўғри келган қурилмаларнинг сони тахминан оптимал деб қабул қилинади.

Ишни ўтказишдан мақсад- суюлтирилган эритмаларнинг ҳар ҳил босим таъсирида қайнаш пайтидаги температура депрессиясини тажриба йўли билан аниқлаш.

### Ишни бажариш тартиби

Лаборатория тажриба қурилмасининг схемаси 10.2 - расмда кўрсатилган.



10.2 - расм. Лаборатория тажриба курилмаси

1 - суюлтирилган эритма қуйилган колба; 2 - эритманинг қайнаш температурасини ўлчовчи термометр; 3 - иккиламчи буғнинг температурасини ўлчовчи термометр; 4 – совуткич; 5 - манометр; 6 - Бунзен колбаси; 7 - вакуум-насос; 8 - газ иситкич.

Вакуум насос ва Бунзен колбаси воситасида суюлтирилган эритма қуйилган колбада вакуум ҳосил қилинади. вакуумнинг миқдори U-симон манометрнинг кўрсаткичи бўйича ўлчанади. Эритманинг қайнаш ва иккиламчи буғнинг температураси термометрлар воситасида ўлчанади.

Эритмани қайнаш температурасигача газ иситкич ёрдамида қиздирилади. Лаборатория тажриба курилмасида эритманинг температура депрессияси қуйидаги тартибда аниқланади:

1. Курилманинг ҳолати текширилади.
2. Лаборант иштирокида вакуум-насос электр ток манбаига уланади ва газ иситкич ёқилади.
3. Вакуум насос ёрдамида системада энг кўп сийракланиш ҳосил қилиниб, колбадаги эритмани қайнаш ҳолатигача қиздирилади.
4. Эритмани қайнаш пайтидаги термометрларнинг кўрсаткичи бўйича, эритманинг қайнаш температурасини ( $t$ ) ва тўйинган буғнинг (иккиламчи бу) температурасини ( $\theta$ ) аниқлаб ҳисоблаш жадвалига ёзилади.
5. Вакуум насос ҳосил қилаётган вакуум миқдорини аста-секин минимумгача қанвоситасида камайтирилиб, эритма қайнатилади. Вакуум миқдори ҳар хил бўлганда, эритма қайнаш пайтида термометрларнинг кўрсаткичи аниқлаб, ҳисоблаш жадвалига ёзилади. Газ иситкич ўчирилади. Эритмани аста-секин совитиб, системада аста-секин вакуум миқдори кўпайтирилади ва тажриба қайтадан бажарилади.

### Тажриба натижаларини ҳисоблаш



Системада тажриба вақтида вакуум ҳар ҳил миқдорда ўзгарганда эритманинг температура депрессияси қуйидаги тенглама воситасида аниқланади:

$$\Delta'_T = t - \theta \quad (10.6)$$

Эритманинг температура депрессия назарий жиҳатдан И.А.Тишенко тенгламаси орқали ҳисобланади.

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta_{амм}$$

Формуладаги  $r$  - нинг миқдори абсолют босимнинг катталигига асосан иловадаги 8 - жадвалдан аниқланади.

$\Delta_{амм}$  - эритманинг концентрацияси бўйича иловадаги 9-жадвалдан аниқланади. Тажриба олинган  $\Delta'_T$  қийматини, А.И.Тишенко тенгламаси билан ҳисобланган  $\Delta'$  қиймати билан таққослаб тажрибанинг хатоси % миқдорида аниқланади.

Ҳисоблаш жадвали

| № | Эритма ва унинг консент-ратсияси          |   |  | Атмосфера босимидаги температура депрессияси $\Delta'_{амм}$ |   |   |
|---|---|---|--|--|---|---|
|   | Абсолют босим<br>$P_{абс}=P_{ат}-P_{вак}$ | Эритманинг қайнаш температура си<br>$t, ^\circ C$ | Тўйинган буғнинг температура си $\theta, ^\circ C$ | Эритма-нинг температура депрессия-си $\Delta'_T, ^\circ C$   | Эритма-нинг ҳисоблан-ган температура депрессия-си $\Delta'_T, ^\circ C$ | Тажрибанинг хатоси<br>$\frac{\Delta' - \Delta'_T}{\Delta'} \cdot 100\%$ |
| 1 |   |   |  |  |   |   |
| 2 |   |   |  |  |   |   |
| 3 |   |   |  |  |   |   |
| 4 |   |   |  |  |   |   |
| 5 |   |   |  |  |   |   |
| 6 |   |   |  |  |   |   |

### Текширишчунсаволлар

1. Буғлатиш. Буғлатиш ҳақида умумий тушунча.
2. Бир корпусли буғлатиш қурилмаси.
3. Моддий ва иссилик баланслари.
4. Температураларнинг йўқотилиши.

5. Умумий ва фойдали температуралар фарқи.
6. Кўп корпусли буғлатиш қурилмалари.
7. Қурилмаларнинг оптимал сонини аниқлаш.
8. Буғлатиш қурилмаларнинг конструкциялари (осма иситиш камерали, таши циркуляцион трубади, ажратилган иситкичли, мажбурий циркуляцияли, пленкади, иссиқлик насосли буғлатиш қурилмалари).

## **12-LABORATORIYA ISHI: QURITISH QURILMASIDA QURISH JARAYONINI O'RGANISH. QURITISH JARAYONING KINETIKASI.**

### *Ишнинг назарий асослари*

Қуритиш – қаттиқ ва пастасимон материалларни қуритувчи агент ёрдамида сувсизлантириш жараёнига айтилади. Қуритиш асосан икки усулда олиб борилади.

1. Конвектив қуритиш - нам материал билан қуритувчи агент тўғридан-тўғри ўзаро аралашади.

2. Контактли қуритиш – иссиқлик ташувчи агент ва нам материал ўртасида уларни ажратиб турувчи девор бўлади.

Қуритиш жараёнида материалдан намлик буғланади ва ана шу буғлар газ, ҳаво билан қўшилиб, бир жинсли аралашма ҳосил қилади, қайсики бунга термодинамиканинг асосий қонунлари қўлланилади.

Демак: нам, қуруқ ҳаво ва сув буғларининг аралашмасидан иборат, қуритиш жараёнида, (асосан нам ҳаво) намлик ва иссиқлик ташувчи агент вазифасини бажаради.

Нам ҳавонинг асосий хоссалари қуйидаги параметрлар билан характерланади: абсолют намлик, нисбий намлик, нам сақлаш, энталпия.

Абсолют намлик - нам ҳавонинг ҳажм бирлигига тўғри келган сув буғларининг миқдорига айтилади ва  $\rho_{сб}$  (кг/м<sup>3</sup>) билан белгиланади. Агар нам ҳаво ўзгармас нам салашда  $x = const$  совутилса, маълум темературага етгач, намлик шудринг сифатида ажрала бошлайди, бундай жараёнга шудринг нуқтаси дейилади. Бу шароитда ҳаво таркибида максимал миқдорда сув буғи бўлади. Ҳавонинг тўйиниш пайтидаги абсолют намлиги  $\rho_{т}$  (кг/м<sup>3</sup>) орқали ифодаланади.

Нисбий намлик - ҳаво абсолют намлигининг тўйиниш пайтидаги абсолют намлик нисбатига айтилади. Ҳавонинг нисбий намлиги (тўйиниш даражаси) фоиз ҳисобида қуйидаги ифода бўйича топилади:

$$\varphi = \frac{\rho_{сб}}{\rho_{т}} = \frac{P_{сб}}{P_{т}} \quad (13.1)$$

бу ерда:  $P_{сб}$  - текширилаётган нам ҳаводаги сув буғларининг парциал босими, Па;

$P_T$  - берилган температура ва умумий барометрик босимда тўйинган сув буғларининг босими, Па.

Нам сақлаш - 1 кг абсолют куруқ ҳавога тўғри келган сув буғларининг миқдори. Бу параметр  $x$  (кг/кг) ёки  $d$  (г/кг) билан белгиланади ва қуйидаги нисбатда ифодаланади:

$$x = \frac{\rho_{сб} \cdot m_{сб}}{\rho_{кх} \cdot m_{кх}}; \quad \frac{\text{кг.буғ}}{\text{кг.абс.кур.хаво}} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{сб}}{\rho_{кх}} \quad (13.3)$$

бу ерда:  $\rho_{кх}$  - абсолют куруқ ҳавонинг зичлиги;  $m_{сб}$  - нам ҳавонинг берилган ҳажмдаги сув буғлари массаси;  $m_{кх}$  - нам ҳавонинг берилган ҳажмдаги абсолют куруқ ҳавосининг массаси.

Менделеев-Клапейрон тенгламасидан фойдаланиб, қуйидаги кўринишдаги ифодани оламиз:

$$x = \frac{\rho_{сб}}{R_{сб} \cdot T} \cdot \frac{R_{сб} \cdot T}{\rho_{г}} = \frac{P_{сб} \cdot P_{г}}{R_{сб} \cdot R_{г}} \quad (13.4)$$

бу ерда:  $P_{сб}$  - сув буғи доимийси;  $T$  - аралашманинг абсолют температураси, К.

Абсолют куруқ ҳавонинг парциал босимини  $P_{кх}$  умумий аралашманинг босими  $P$  га алмаштирадик ва Дальтон қонунига асосан: қайсики  $P_{сб} = \varphi \cdot P_T$  бўлса,

$$P_{г} = P - P_{сб} = P - \varphi \cdot P_T \quad (13.5)$$

унда

$$x = \frac{R_{г}}{R_{сб}} \cdot \frac{\varphi \cdot P_T}{P - \varphi \cdot P_T} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_T}{P - \varphi \cdot P_T} \quad (13.6)$$

ёки

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_T}{P - \varphi \cdot P_T}, \quad (13.7)$$

ёки агарда  $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_T}{P - \varphi \cdot P_T}, \quad \frac{\text{кг.сув.буғи}}{\text{кг.кур.хаво}} \quad (13.8)$$

Охирги икки ифода сув буғи билан ҳаво аралашмаси бўлгани каби тутун гази ва сув буғига ҳам талуклидир. Нам ҳавонинг энтальпияси  $I$  (Ж/кг куруқ ҳаво) куруқ ҳаво энтальпияси билан шу нам ҳавода бўлган сув буғи энтальпиясининг йиғиндисига тенг.

$$I = c_{кх} \cdot t + x \cdot i_{у.б.} \quad (13.9)$$

бу ерда:  $c_{к.х.}$  - куруқ ҳавонинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/кг·К;  $m$  - ҳаво температураси, °С;  $m_{у.б.}$  - ўта қиздирилган буғнинг энталпияси, Ж/кг;

Ўта қиздирилган буғнинг энталпияси  $i_{у.б.}$  (Ж/кг) термодинамикада қуйидаги тенглама билан топилади:

$$i_{у.б.} = r + c_{б.} \cdot t \quad (13.10)$$

бу ерда:  $r$  - 0°С даги буғнинг энталпияси,  $r = 2493 \cdot 10^3$ , Ж/кг;  $c_{б.}$  - буғнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $c_{б.} = 1,97 \cdot 10^3$ , Ж/кг·К

Агар куруқ ҳавонинг солиштирма иссиқлик сифими 1000 Ж/кг·К деб олинса, (13.10) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I = (1005 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (13.12)$$

Шудринг нуқтаси, бу аралашманинг температураси совишда ( $x=const$ ) сув буғининг тўйинишига ( $\varphi=100\%$ ) айтилади. Намлик температурасининг кейинги пасайиши туман ҳосил бўлишига олиб келади. Хўл термометр температураси ( $m_x$ ) - аралашма температураси совишида, энталпияси ўзгармаган ҳолда ( $I=const$ ) сув буғининг тўйинишига айтилади. Шу температурада, газ фазасидан суюқлик фазаси юзасига ўтадиган иссиқлик намликнинг буғ-ланишига тўлиқ сарфланади, бу ҳолатни нам жисмнинг совиш чегараси деб ҳам юритилади.

Қуришиш потнциали деб, куруқ газ температураси ( $m_k$ ) билан хўл термометр температурасининг айирмасига айтилади.

$$\varepsilon = t_k - t_x \quad (13.13)$$

Қуришиш потнциали газнинг нам ютиш хусусиятини характерлайди. Қуришиш жараёни аналитик ва график усулидан ҳисобланиши мумкин. График исоблаш улай бўлгани учун кенг қўлланқилади. Бу диаграмма Рамзин томонидан таклиф илинган ва I - x диаграмма ам деб юритқилади, унинг тузилишида босим ийматини ўзгармас деб олинган, яъни 745 мм симоб устунига тенг.

Диаграмманинг асосий ўқлари оралиғидаги бурчак 135° Асосий ўқларга нам ҳавонинг иккита асосий параметрлари - энталпия I (Ж/кг уру ҳаво) ва нам сақлаш x (кг/кг уру хҳаво) жойлаштирилган. Нам салашнинг ийматлари диаграммадан фойдаланиш улай бўлиши учун ёрдамчи горизонтал ўқига жойлаштирилган. Бунда  $I=const$  чизиқлар ордината уўйига нисбатан 135°С бурчак билан маълум масштабда жойлаштирилган.  $x=const$  чизилар еса, ёрдамчи абссисса ўқига перпендикуляр қилиб жойлаштирилган. I - x диаграммасига асосий чизиқлардан ташқари қуйидаги чизиқлар ҳам жойлаштирилган: ўзгармас температура чизиқлари ёки изотермалар ( $t=const$ ) ўзгармас нисбий намлик чизиқлар  $\varphi = const$ , сув буғининг парциал босим чизии,  $\varphi = 100\%$  чизиғи диаграммани икки қисмга бўлади. Бу чизигнинг юқори қисми диаграмманинг иш юзаси деб айтилади ва у тўйинмаган нам ҳавога тўғри келади.

I - x диаграммаси ёрдамида нам ҳавонинг исталган иккита параметри бўйича нам

ҳавонинг олган параметрлари аниқлаш мумкин. Сув буғининг парциал босими чизиғи диаграмманинг пастки қисмига жойлаштирилган. Агар диаграммада нам ҳавонинг ҳолатини белгиловчи нуқта маълум бўлса, сув буғининг парциал босими қийматининг  $P_n$  аниқлаш мумкин.

Қуритиш қурилмаларида иссиқлик миқдорини ҳисоблаш учун ҳавонинг сарф миқдори ва иссиқлик миқдорини билиш зарур.

Ҳавонинг сарфи ( $L$ , кг/соат) моддий баланс тенгламасидан аниқланади

$$L \cdot x_2 = L \cdot x_0 + W \quad (13.14)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (13.15)$$

бу ерда:  $W$  – буғланган намлик миқдори, кг;  $x_0, x_2$ – қуруқ ва қуриткичдан чиқаётган ҳавонинг нам сақлаши.

Ҳавонинг солиштирма сарф миқдори (1 кг буғланиш учун)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{\text{кг қуруқ ҳаво}}{\text{кг буғ}} \quad (13.16)$$

Қуритишга кетган иссиқлик миқдори иссиқлик балансида аниқланади.

Иссиқликнинг кириши: (кЖ/соат)

1) ҳаво билан  $L \cdot I_1 = L \cdot I_0 + Q_n$  бу ерда  $L \cdot I_0$ - иситкичгача кирган ҳавонинг иссиқлиги,  $n$  - иситкичда ҳавонинг берган иссиқлиги;

2) Материал билан  $G_1, c_1, \theta_1$  бу ерда  $c_1$  - нам материалнинг иссиқлик сифими,  $\theta_1$  - материалнинг дастлабки температураси;

3) Транспорт қурилмалари билан  $G_{мп}; c_{мп}; \theta_{мп}$  бу ерда  $G_{мп}$  - транспорт қурилмаларининг массаси;  $c_{мп}$  - транспорт қурилмалари материалининг иссиқлик сифими;  $\theta_{мп}$ - транспорт қурилмаларининг дастлабки температураси;

4) Қуритиш камерасига киритилган қўшимча иссиқлик  $q_k$ .

Иссиқликни сарфланиши (кЖ/соат)

1) Қуриткичдан чиқаётган ҳаво билан -  $L i_2$

2) Қуритилган материал билан -  $G_2 c_2 \theta_2$

3) Транспорт қурилмалари билан -  $G_{мп} c_{мп} \theta_{мп}$

4) Иссиқликни атроф-муҳитга йўқолиши -  $Q_{\text{й}}$

Иссиқлик балансини тузамиз:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{мп} \cdot c_{мп} \cdot \theta'_{мп} + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_{мп} \cdot c_{мп} \cdot \theta''_{мп} + Q_{\text{й}}$$

бундан

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta''_{mp} - Q_{\dot{u}}$$

ёки

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Охирги тенгламанинг ўнг ва чап томонларини  $W_{га}$  бўлиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{L}{W} \cdot (I_2 - I_1) = \frac{\sum Q}{W}$$

$$\frac{\sum Q}{W} = \Delta \quad \text{деб белгилаймиз,} \quad \frac{L}{W} = l \quad \text{бўлгани учун}$$

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta \quad \text{ёки} \quad I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

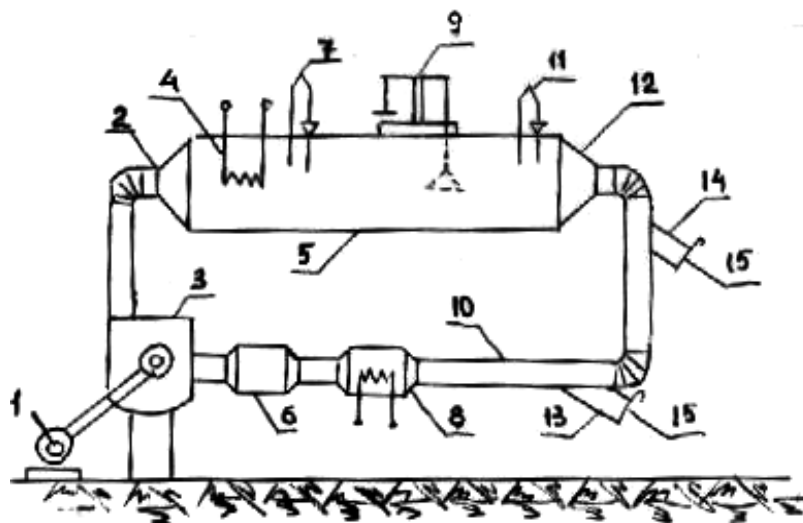
Тенгламага киритилган  $\Delta$  катталик қуритиш камераси ичидаги киритилган ва сарфланган иссиқликлар айирмасининг 1 кг бўланган намликка нисбатини белгилайди. Бу ерда асосий калориферда иситилган ҳаво билан кирган ва чиққан иссиқликлар ҳисобга олинади. Кўпинча  $\Delta$  қуритиш камерасининг ички баланси деб аталади. (13.12) тенгламасидан кўришиб турибдики,  $\Delta$  нинг ишорасига кўра  $I_2$  нинг қиймати  $I_1$  нинг қийматидан катта ёки кичик бўлиши мумкин. Агар  $\Delta = 0$  булса, у холда  $I_2 = I_1$  бу эса назарий қуритиш дейилади. Бунда қуритиш жараёнида қуритувчи агент энтальпияси ўзгармаган холда бўлади. Бу деган сўз материални сувсизлантириш ҳавонинг совуб кетишига боғлиқдир. Унда иссиқлик миқдори ҳаво билан келаётган қуритилаётган материалнинг намлиги билан қайтиб кетади. Агарда  $\Delta > 0$  бўлса, кўриш жараёнида энтальпиянинг ўсиши кузатилади, яъни  $I_2 > I_1$  Агарда  $\Delta < 0$ , бўлса  $I_2 < I_1$  энтальпиянинг камайишидир. Иссиқлик ва ҳавонинг миқдорини қуритиш жараёнида аниқлаш катта аҳамиятга эга бўлиб, у технологияни ҳисоблашда қўлланилади. Бу ҳисоблаш аналитик ёки графоаналитик усулларда олиб борилади ва амалиётда кенг қўлланилади.

Графоаналитик усули  $I - x$  диаграммага асосланган бўлиб, ундан ҳавонинг нам сақлаш ва энтальпияси аниқланиб, кейин эса қуритиш жараёни диаграммада қўлланилади (назарий ёки реал қуритиш жараёнлари).

Ишдан мақсад - материални қуритишда намлик миқдорини аниқлаш, иссиқликни ва ҳавони солиштирма сарф миқдорларини аниқлашдан иборат бўлиб,  $I - x$  диаграммасида кўриш жараёни тасвирланади.

### Ишни бажариш тартиби

13.1- расмда лаборатория қурилмаси тасвирланган.



13.1-расм. Лаборатория қурилмасининг схемаси

1-электроюриткич; 2-диффузор; 3-вентилятор; 4-қуриткичнинг қобиғи (400x400); 6-  $\text{H}_2\text{CO}_4$  б-н тўлдирилган идиш учун трубанинг кенгайган қисми; 7-қуруқ ва хўл термометрлар (қуритишдан олдин); 8-электр иситкич; 9-тарози; 10- аво оқими ҳаракатланадиган труба  $D = 200$  мм; 11-қуруқ ва хўл термометрлар (қуритишдан кейин); 12- конфузор; 13- ҳаво бериладиган патрубк; 14-ишлатилган ҳаво чиқарадиган патрубк; 15-ҳаво сарфини созловчи мослама.

**Лаборатория қуритиш урилмасида иш қуйидаги тартибда бажарилади.**

1. Қурилмадаги қуриткич, вентилятор, тарози, иситкич ҳавонинг миқдорини ўлчовчи шибер, термометрларнинг ҳолати текширилади.
2. Қуритиш учун 100 – 120 г миқдорда намланган материал тортиб олинади.
3. Намланган материал қуритиш ускунасидаги камера ичидаги тарози палласига қўйиб қуритилади.
4. Хўл ва қуруқ термометрларнинг биринчи кўрсаткичлари ёзиб олинади.
5. “Ассман” психрометри ёрдамида қуруқ ва хўл термометрлар кўрсаткичи ўлчанади (Рамзин диаграммасида ҳавонинг бошланғич нуқтасини анилаш у-н ).
6. Қуритиш аппарати ток манбаига уланади.
- 7.Маълум вақтдан сўнг (ўқитувчи кўрсатмасидан сўнг) қуруқ ва хўл термометрлар кўрсаткичи ўлчанади.

**Тажриба натижаларини ҳисоблаш**

Олинган натижаларга асосан  $I - x$  диаграммада назарий қуритиш жараёни тасвирланади.  $I - x$  диаграммага бир бўлак калка қоғози қўйиб координаталар ўқи кўчириб олинади ва калка қоғозидида тажрибада аниқланган ҳавонинг қуритишдан аввалги,

қуриткичга кириш ва чиқиш ҳолати А, В, С, нуқталар билан тасвирланади.

Буғланган намликнинг миқдори  $W$  аниқланади

$$W = G_1 - G_2 \quad (11.23)$$

бу ерда  $G_1$  - нам материалнинг массаси, кг/с;  $G_2$  - қуруқ материалнинг массаси, кг/с;

Ҳаво сарфи (6.15) тенгламаси ёрдамида аниқланади:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (11.15)$$

Ҳавонинг солиштирма сарф миқдори:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (11.16)$$

Қуритиш учун кетган иссиқлик сарфи қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Q = q \cdot W \quad (11.24)$$

бу ерда – солиштирма иссиқлик сарфи

$$q = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_0} \quad (11.25)$$

бу ерда  $I_1, I_2$  - ҳавонинг қуриткичга кириши ва чиқиши вақтидаги энтальпиясининг ыймати, кЖ/кг  $I$  - х диаграммадан аниқланади.

### Ҳисоблаш жадвали

|                               |                        |  |                        |   |                        |                              |                                     |
|-------------------------------|------------------------|--|------------------------|---|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| ҳаво муҳитининг температураси |                        | ҳавонинг қуритиш камерасигача бўлган температураси |                        | ҳавонинг қуритиш камерсининг кейининг температураси |                        | Нам материалнинг миқдори, кг | қуритилган материалнинг миқдори, кг |
| Хўл термометр, t, °C          | Қуруқ термометр, t, °C | хўл термометр, t, °C                               | қуруқ термометр, t, °C | хўл термометр, t, °C                                | қуруқ термометр, t, °C |                              |                                     |

### Текшириш учун саволлар

1. Нам ҳавонинг асосий параметрлари:

а) абсолют намлик, б) нисбий намлик, в) нам сақлаш, г) нам ҳавонинг энтальпияси, д) парциал босим, е) шудринг нуқтаси температураси, ж) хўл термометр температураси.



2. I-x диаграмманинг тузилиши.
3. I-x диаграммада қуритиш жараёнини тасвирланг.
4. Назарий ва реал қуриткич жараёнларининг I-x диаграммада тасвирланиши.
5. Қуритиш жараёнлари учун иссиқлик ва ҳавонинг умумий, солиштирма сарф миқдорларини аниқлаш.
6. Кўриш жараёнларини вариантларини I-x диаграммада тасвирланиши.

## **ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИНГ КИНЕТИКАСИ**

### *Ишнинг назарий асослари*

Материалларни қуритиш жараёнида намлигини йўқотиш мураккаб масалалардан ҳисобланади. Аввал намлик материалнинг ички қисимларидан унинг юзасига таралади, сўнгра материал юзасидан ташқарига чиқиб кетади. Материал таркибидан намликнинг булғатиб чиқариш интенсивлиги  $U$  материал юзаси бирлиги  $F$  дан, вақт бирлиги ичида бўлган намликнинг миқдори билан ўлчанади

$$U = \frac{W}{F \cdot \tau} \quad (14.1)$$

бу ерда  $W$  - қуритиш пайтида материалдан ажралиб чиққан намлик массаси;  $\tau$  - қуритиш жараёнининг умумий вақти.

Намликнинг буғланиш интенсивлиги, нам материал ва атроф-муҳит орасидаги иссиқлик ва масса алмашилиш механизмига боғлиқ. Бу механизм жуда мураккаб бўлиб, икки босқичдан иборат

- а) намликнинг материал ичида силжиши;
- б) материал юзасидан намликнинг буғланиши.

### *Намликнинг материал юзасидан буғланиши*

Бу жараён асосан буғнинг қаттиқ материал юзасидан ҳавонинг чегара қатлами орқали ташқи диффузия йўли билан ўтишидан иборат. Ташқи диффузия ёрдамида намликнинг тахминан 90% йўқотилади. Материал юзасидан атроф муҳитга намлик буғ ҳолатида ўтади. Ташқи диффузиянинг ҳаракатлантирувчи кучи материал юзаси ва атроф-муҳитдаги концентрация ёки парциал босимлар айирмаси  $P_m - P_x$  билан ифодаланади.

Диффузия оқимидан ташқари, намлик термодиффузия йўли билан ҳам тарқалади. Термодиффузия ходисаси, чегара қатламида температуралар фарқининг таъсири натижасида юз беради. Конвектив қуритиш жараёни нисбатан паст температураларда олиб борилса, термодиффузия орқали тарқалган намликнинг миқдори жуда кичик бўлади.

Қуритиш тезлиги ўзгармас бўлган даврда материалнинг намлиги гигроскопик

намликдан катта бўлади, материал юзасидаги буғэса, тўйинган бўлади ( $P_m = P_m$ ). Бу даврда намлик материалнинг юзасига унинг ички қисимларидан катта тезлик билан силжийди. Материал юзасидан намликнинг берилиши қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$m = \beta \cdot (P_m - P_x) \cdot 760 / B \quad (14.2)$$

бу ерда  $\beta$  - намлик бериш коэффиценти;  $P_m$ - материал юзасидаги тўйинган буғнинг парциал босими;  $P_x$  – буғнинг ҳаводаги парциал босими;  $B$  - барометрик босим.

$P_m, P_x$  ва  $B$  катталиклар Па (Паскал) ёки мм. симоб устуни ҳисобида ўлчаш. Намлик бериш коэффиценти  $\beta$  ҳавонинг тезлигига, иссиқлик ташувчи агентнинг материал юзасини айланиб ўтиш шароити, материалнинг шакли ва унинг ўлчами, қуритиш температураси ва бошқа параметрларга боғлиқ.

### ***Намликнинг материал ичида силжиши***

Материалнинг ташқи юзасидан намликнинг буғланиши натижасида материал ичида намлик градиенти пайдо бўлади. Бу градиент таъсирида материалнинг ички қатламларидан унинг юзасига қараб ҳаракатланади. Намликнинг бундай ҳаракати ички диффузия деб аталади. Қуритишнинг биринчи даврида (қуритиш тезлиги ўзгармас бўлганда) материал ичидаги намликнинг ўзгариши катта бўлади, бунда қуритиш тезлигига асосан материал юзасидан намликнинг буғланиш тезлиги (яъни ташқи диффузия) таъсир қилади. Бироқ, материал юзасидаги намлик камайиб бориб гигроскопик намликка етганда, яъни қуритишнинг иккинчи даврида жараённинг тезлигига асосан ички диффузия таъсир қилади. Қуритишнинг иккинчи даврида жараённинг тезлиги доимо камайиб боради.

Қуритиш жараёнининг биринчи даврида материал ичидаги намлик суюқлик кўринишида тарқалади. Иккинчи даврнинг бошланишида материал юзасининг айрим жойларида чуқур зоналар пайдо бўлади ва материалнинг ичида буғланиш юз беради. Бунда капиллярлардаги намликнинг бир қисми материалнинг ичида бу холида силжийди.

Кейинчалик буғланишнинг ташқи юзаси борган сари материалнинг геометрик юзасидан камайиб кетади.

Бундай шароитда намликнинг ички диффузия ёрдамида силжишининг аҳамияти ортади. Иккинчи даврнинг қуритиш тезлиги камаядиган босичда материал билан боғланган адсорбцион намлик қаттиқ фазалар ичида фақат буғ холида тарқалади. Бу ходиса намлик ўтказувчанлик деб аталади. Намлик ўтказувчанликнинг интенсивлиги ёки намлик оқимининг зичлиги, намлик концентрацияси градиентига пропорционалдир:

$$m = -D_m \cdot \frac{\partial c}{\partial n} \quad (14.3)$$

бу ерда  $D_m$ - намлик ўтказувчанлик коэффиценти.

Бу ифоданинг ўнг томонидаги минус ишора намликнинг концентрацияси катта бўлган қатламдан, концентрацияси кичик бўлган қатламга қараб силжишини кўрсатади.

Намлик ўтказувчанлик коэффициентининг  $D_m$  нинг ( $m^2/c$ ) физик маъноси намликнинг материалдаги ички диффузия коэффициентининг маъноси намликнинг материалдаги ички диффузия коэффициентини ифодалайди. Намлик ўтказувчанлик коэффициентининг қиймати намликнинг материал билан бириктиш тури, қуритиш температураси ва материалнинг намлигига боғлиқ бўлиб, тажриба йўли билан аниқланади.

### Қуритиш тезлиги ва даврлари

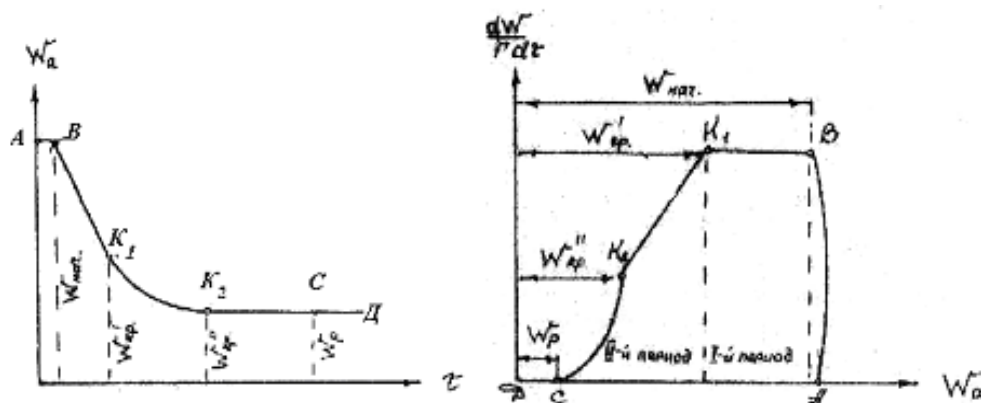
Қуритгичларни ҳисоблаш ва лойихалаш учун қуритиш тезлигини билиш зарур. Қуритиш тезлиги  $U$  чексиз қисқа вақт  $d\tau$  давомида материал намлигининг камайиши  $dW$  орқали аниқланади:

$$U = \frac{dW}{d\tau} \quad (14.4)$$

Қуритиш тезлиги тажриба йўли билан лаборатория қурилмаларида топилади (11.1-расм). Бу қурилма вентилятор, электр иситкич, қуритиш камераси ва тарозидан ташкил топган. Электр иситкичда қиздирилган ҳаво вентилятор ёрдамида қуритиш камерасига узатилади. Камеранинг эшикчаси орқали нам материал тарозининг бир палласига жойлаштирилади. Қуритиш жараёни давомида материалнинг массаси (намлиги) камайиб боради. Олинган тажриба натижалари асосида қуритиш эгри чизиғи қурилади. Қуруқ ва хўл термометрлар ёрдамида ҳавонинг нисбий намлиги аниқланади.

Материал намлиги  $W$  нинг вақт давоми  $\tau$  да ҳаво параметрлари ўзгармас бўлганда ( $x = const, \varphi = const, t = const$ ) олинган график боғлиқлиги қуритиш эгри чизиғи деб юритилади (14.1 - расм).

Қуритиш жараёнининг бошланишида намлик ажралиб чиқиши билан бирга материал қизийди. Бу давр қисқа вақтни ташкил этади. Материалнинг қизиши тамом бўлганидан сўнг, қуритиш жараёни тўғри чизиғи бўйича кетади. Бу даврда қуритиш жараёни ўзгармас тезликка эга бўлади. Бу давр  $K_1$  нуқтада тугайди ва бу нуқтага материалнинг критик намлиги  $w_{yp}$  тўғри келади.



14.1 - расм. Материал намлигининг

14.2- расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.

вакт давомида ўзгариши.

Биринчи даврда эркин боғланган намлик ажралиб чиқади.  $K_1$  нуқтадан сўнг қуритишнинг иккинчи даври бошланади. Бу даврда материал таркибидан боғланган намлик ажралиб чиқади. Иккинчи даврда қуритиш тезлиги доимо камайиб боради, материалнинг намлиги эса, мувозанат намликка яқинлашади. қуритиш жараёни мувозанат намликка қадар давом этиши мумкин.

Шундай қилиб, қуритиш эгри чизиғи хосил қилинади. Эгри чизикнинг истилган нуқтасига ўтказилган уринма оғиш бурчагининг тангенци қуритиш тезлиги  $d\omega/d\tau$  ни ташкил қилади (14.2 - расм). Горизонтал ўққа материал намлигининг қиймати (% исобида), вертикал ўққа эса қуритиш тезлиги  $d\omega/d\tau$  нинг қиймати (% / мин) қўйилади. Ҳосил бўлган эгри чизиғи қуритиш тезлигини тасвирлайди.

Биринчи даврда қуритиш тезлиги горизонтал тўғри чизиғи бўлади, чунки бу даврда қуритиш тезлиги ўзгармас қийматга эга. Иккинчи даврда қуритиш тезлигининг чизиғи материалнинг турига ва намликнинг материал билан боғланиш турига қараб ҳар хил кўринишга эга бўлади. Бу даврда қуритиш тезлиги доимо камайиб боради.

14.2- расмда турли материаллар учун қуритиш тезлигининг эгри чизиклари келтирилган. Хамма эгри чизиклар мувозанат намликка тўғри келган нуқтага келганда тугайди. Қуритиш тезлиги эгри чизикларининг айримларида иккинчи критик нуқта  $K_2$  мавжуд бўлади. Кўпинча бу нута адсорбцион намлик ажралиб чиқишининг бошланишига тўғри келади.

Қуритиш ва қуритиш тезлиги эгри чизикларидан шу нарса кўриниб турибдики, қуритиш жараёни икки даврга бўлинар экан.

Биринчи даврда қуритиш тезлиги асосан ташқи диффузияга боғлиқ бўлади. Материалнинг ичида намликнинг диффузияланиш тезлиги катта қийматга эга бўлади, бироқ бу ҳолат намликнинг материал юзасида берилиш тезлигини белгилайди.

Иккинчи даврда қуритилаётган материал ичидаги боғланган намлик ажрала бошлайди. Қуритиш тезлиги асосан материал ичидаги намликнинг тарқалиш тезлигига боғлиқ. Шу сабабли иккинчи даврда қуритиш тезлигига, материал таркиби билан боғлиқ бўлган параметрлар таъсир кўрсатади.

### **Ишни бажариш тартиби**

1. Қуритгич, вентилятор, электр иситкич, қуқру ва ҳўл термометрларнинг ҳолати текширилади.
2. 150 – 200 г нам материал қуритишга тайёрланади.
3. Нам материал тортиб, олиниб, қуритиш камерасига жойлаштирилади.
4. Фақат лаборант иштирокида қуритгич ишга туширилади.
5. Маълум вақт ичида материалнинг оғирлигини аниқлаб, қуритиш жараёни текширилади.
6. Ҳар 5 мин. (4 марта) вентилятор тўхтатилиб материални оғирлиги аниқланади, сўнг вентилятор яна ишга туширилади.
7. Материалнинг оғирлиги ҳар 10 минутда тўрт марта, сўнгра ҳар 15 минутда

тўрт марта тортииб, оғирлиги аниқланади.

8. Материал мувозанат намлигига етгунча қуритиш жараёни давом этирилади ва тортилган охирги материалнинг оғирлигига тенг бўлади (демак,  $G = \text{const}$  )
9. Тажриба натижалари 14-1 жадвалга куйидаги шаклда ёзилади.

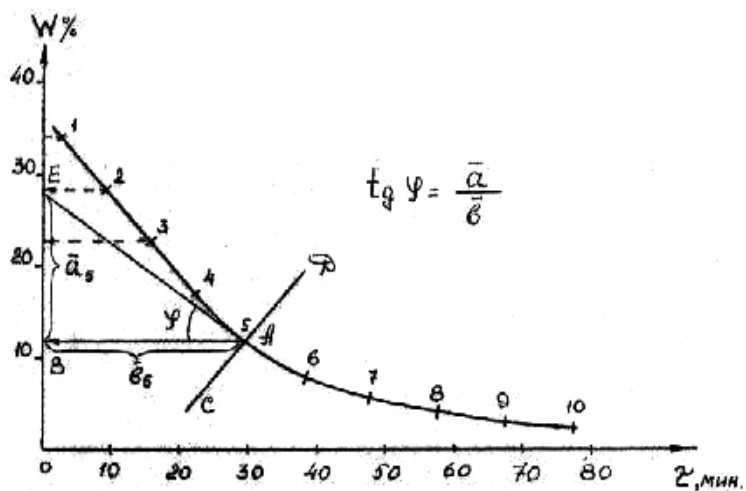
14-1 жадвал

| Тажриба бошланиш вақтининг ўзгариши<br>$\tau$ , мин | Нам материалнинг оғирлиги $G$ , кг | Нам материал оғирлигининг камайиши<br>$G_1 - G_2$ , кг | Вақт бирлиги ичида материал намлагини ўзгариши,<br>$W$ , кг | Нам материалнинг қуруқ материалга нисбатан намлаги исобида ўзгариши,<br>$\frac{G_1 - G_n}{G_n} = W\%$ |
|---|------------------------------------|--|---|---|
|   |                                    |  |   |   |

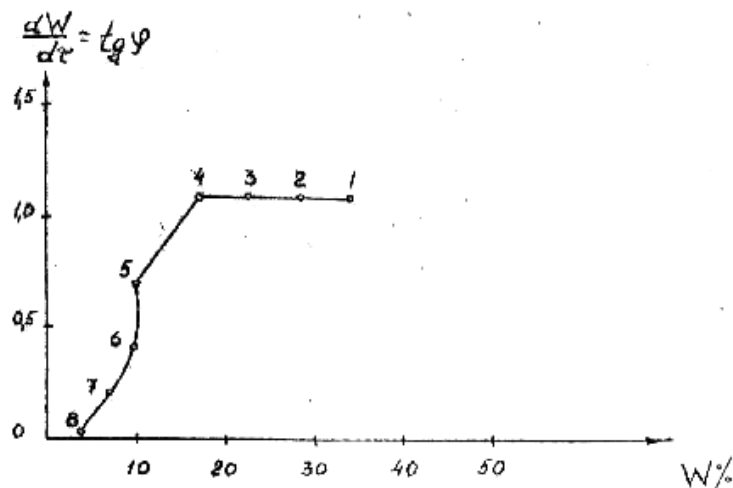
**Тажриба натижаларини ҳисоблаш**

Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи икки босичда чизилади.

1.  $W$ - $\tau$  ораларидаги боғланиш асосида қуритишнинг эгри чизиғи чизилади (14.3 - расм).



14.3 - расм. Қуритиш жараёнининг эгри чизиғи.



14.4 - расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.

2. Қуритиш эгри чизиғи асосида қуритиш тезлиги эгри чизиғи қурилади. Бунинг учун ҳар ҳил вақт бирлигида, материал намлигининг ўзгаришини, қуритиш эгри чизиғидан дифференциал график усулида аниқланади. Бу вақтда қуритишнинг эгри чизиғи 10-15 бўлакка бўлинади. Ҳар бир нуқтага уринма ўтказиб, оғиш бурчагининг тангенси аниқланади. Тангенс бурчагининг қиймати, шу вақт ичида, материал намлигининг ўзгаришининг тезлигига тенг бўлади. Аниқланган ҳар бир бўлак учун оғиш бурчакларининг қийматлари асосида  $\text{tg}\varphi - W$  координаталарида қуритиш тезлиги эгри чизиғи тасвирланади.

Тажрибада олинган вақт бирлиги ичидаги материал намлигининг ўзгариши қийматлари 14.2 -ҳисоблаш жадвалида берилган.

14-2 ҳисоблаш жадвали

| Қуритиш эгри чизиғидаги бўлаклардаги нуқталар сони | Нуқталардаги материал намлигини ўзгариши, $W, \%$ | Шу нуқталар учун $W-\tau$ графигидан аниқланган оғиш бурчаги, $\text{tg}\varphi$ қиймати, $\text{tg}\varphi = dw/F \cdot d\tau$ |
|--|---|---|
| 1.   | $W_1$   | $\text{tg}\varphi_1 = \bar{a}_1/\bar{b}_1$  |
| 2.   | $W_2$   | $\text{tg}\varphi_2 = \bar{a}_2/\bar{b}_2$  |
| 3.   | $W_3$   | $\text{tg}\varphi_3 = \bar{a}_3/\bar{b}_3$  |
| ...  | ...   | .....   |
| 10.  | $W_{10}$  | $\text{tg}\varphi_{10} = \bar{a}_{10}/\bar{b}_{10}$   |

Бу иккита график асосида қуритиш жараёнининг берилган материал учун биринчи ва иккинчи қуритиш даврларининг давомийлиги аниқланади.

### *Тегириши учун саволлар.*

1. Қуритиш жараёнининг характеристикаси.
2. Намликнинг материалга боғланиш усуллари.
3. Қуритиш жараёнининг механизми.
4. Қуритиш жараёнининг эгри чизиғи.
5. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.
6. Қуритиш режимининг материал сифатига таъсири.
7. Қуриткичларнинг турлари.
8. Узлуксиз ишлайдиган қуриткичларнинг асосий конструкциялари.
9. Мавхум қайнаш қатламли қуриткичлар.

## **13-LABORATORIYA ISHI: HARAKATCHAN NASADKALI KOLONNALARDA MASSA BERISH VA O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.**

### **Ишнининг назарий асослар**

Кимё ва озик-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш технологиясида модда алмашилиш жараёни муҳим ўрин эгаллайди. Бундай жараёнлар бир фазадан иккинчи фазага моддаларнинг ўтишига асосланган. Модда ўтказиш жараёнининг механизми ўзаро таъсир қилаётган фазаларнинг агрегат ҳолатларига боғлиқ бўлади. Бу хусусиятларга кўра фаза системалари қуйидагича бўлади;

1-Газ-суюқлик; 2-қаттиқ жисм-газ; 3-суюқлик-бу; 4-суюқлик-суюқлик; 5-қаттиқ жисм-суюқлик.

Бу, газ ёки тутунли газларнинг, ҳамда буғ-газ аралашмаларидаги бир ва бир неча компонентларнинг суюқликда ютилиш жараёни абсорбция деб аталади. Абсорбция жараёни газ-суюқлик системасида олиб борилади. Ютилаётган газ абсорбтив, ютувчи суюқлик абсорбент дейилади. Тескари жараён, яъни ютилган компонентларни суюқликдан ажратиб чиқиши десорбция деб аталади. Саноатда абсорбция жараёни турли мақсадларда қўлланилади: газ аралашмалардан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олишда, компонентларни ҳар ҳил зарарли моддалардан тозалашда учун (минерал ўғитларни олишда ҳосил бўлган газ аралашмаларини фтор бирикмаларидан), тайёр масулотлар, масалан  $SO_2$  ва азот оксидлар,  $HCl$  нинг сувда ютилиши натижасида сульфат, азот, хлорид кислоталар ва ҳаказолар олишда. Адсорбция, қуритиш экстракция каби модда алмашилиш жараёнлари қаттиқ-жисм, суюқлик, қаттиқ-жисм бу (газ) фазалар системасида олиб борилади.

Газ, бу ёки суюқлик аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентларнинг ғоваксимон қаттиқ моддага ютилиш жараёни адсорбция дейилади. Фаол юзага эга бўлган қаттиқ материаллар адсорбентлар деб аталади. Ютилувчи модда адсорбент ёки адсорбтив дейилади. Тескари жараён, яъни қаттиқ адсорбциядан кейин олиб борилади, ва кўпинча ютилган компонентни адсорбентдан ажратиб олиш учун (ёки адсорбентни регенерация илиш учун) хизмат қилади. Ион алмашилиш жараёни адсорбциянинг бир тури бўлиб, айрим қаттиқ моддалар (ионитлар) ўзларининг харакатчан ионларини электролит эритмалардаги ионларга алмаштириш қобилиятига асосланган. ҳар бир адсорбент мураккаб аралашмаларда маълум компонентларни ютиб, аралашманинг бошқа компонентларига таъсир қилмайди. Демак, адсорбентлар танловчанлик қобилиятига эга.

Адсорбция жараёни кўпинча газ ва суюқлик аралашмаларидаги ютилаётган компонентнинг концентрацияси кам миқдорда бўлганда адсорбтивни бутунлай ажратиб олиш учун қўлланилади. Агар ажиралаётган компонентнинг концентрацияси юқори бўлса, у холда адсорбция қўлланилади.

Адсорбция жараёни газларни, эритмаларни тозалашда, эритмалардан қимматбаҳо моддаларни ажратиб олишда, нефт маҳсулотларидан ҳосил бўлган аралашмаларни тозалашда, нефтни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган аралашмаларини тозалашда, нефтни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган газ аралашмаларидан водород ва этиленни, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни ажратиб олишда, ёғларни вино масулотларни, ҳар хил мева-сабзавот шарбатларини тозалашда кимё озик-овқат саноатининг барча тармоқларида кенг қўлланилади.

Қуритиш - қаттиқ ва пастасимон материалларни иссиқлик ташувчи агент ёрдамида намликни буғлатиш йўли билан ажратиб чиқаришдир. Қуритувчи агент сифатида иситилган ҳаво, тутунли газлар ишлатилади. Қуритиш жараёнида намлик қаттиқ фазадан газ (ёки буғ) фазасига ўтади.

Нам материалларни қуритиш жараёнини саноатда ташкил этиш катта аҳмиятга эга. Қуритилган материалларни транспорт воситасида узатиш арзонлашади, уларнинг тегишли хоссалари яхшиланади, қурилма ва трубаларнинг емирилишга учраши камади.

Экстракция жараёни «суюқлик-суюқлик», «қаттиқ жисм-суюқлик» фазалар системасида олиб борилади. Бирор суюқликда эриган моддани бошқа суюқлик ёрдамида ажратиб олиш жараёни суюқликни экстракциялаш деб аталади. Бундай жараёнда бир ёки бир неча компонент бир суюқ фазадан иккинчи суюқ фазага ўтади. Суюқликни экстракциялаш жараёни нефтни қайта ишлаш, кокс кимё саноатида, минерал кислоталар ишлаб чиқариш ва озик-овқат саноатларида кенг қўлланилади.

Экстракция жараёнида «қаттиқ-жисм суюқлик» системасида олиб борилганда - қаттиқ фазанинг суюқликка (эритувчига) ўтиши эритиш жараёни деб аталади. Бундай жараёнларда қаттиқ, ғоваксимон материаллар таркибидан бир ёки бир неча компонентлар эритувчилар ёрдамида ажратиб олинади. Агар эритиш жараёнида қаттиқ фаза тўла суюқ фазага ўтса, экстракциялаш пайтида эса, қаттиқ фаза амалий жиҳатдан ўзгармай олади, фақат унинг таркибидаги тегишли компонент суюқ фазага ўтади.



Қаттиқ моддаларни экстракциялаш жараёни саноатнинг турли тармоқларида ишлатилади. Кимё саноатида ишқор, кислота ва тузларни, озиқ-овқат саноатида қанд, ўсимлик мойлари, шарбатлар витаминлар, кимё-фармацевтика саноатида турли доривор моддаларни, гидрометаллургияда эса рангли ва нодир металларни экстракциялаш усулларидан кенг фойдаланилади.

Суюқ ва буғ фазалар орасида компонентларнинг ўзаро алмашилиш йўли билан суюқ аралашмаларини ажратиш жараёни ҳайдаш деб аталади. Бу жараён иссиқлик таъсирида олиб борилади, оддий ҳайдаш (дистиллаш) ва мураккаб ҳайдаш (ректификация) жараёнлари бор.

Аралашма компонентларининг учувчанлиги ўртасидаги фарққанча катта бўлса, бунда оддий ҳайдаш усулидан фойдаланилади. Оддий ҳайдаш пайтида суюқликнинг бир марта қисман буғланиш юз беради. Одатда бу усул суюқ аралашмаларни кераксиз қўшимчалардан тозалаш учун ишлатилади.

Суюқ аралашмаларни компонентларга тўла ажратиш учун ректификация усулидан фойдаланилади. Ректификация жараёни аралашмани буғлатишда ажралган буғ ва буғнинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлган суюқлик ўртасида кўп маротабалик контакт пайтидаги модда алмашилишига асосланган.

Ректификация жараёни спирт, нефт ва синтетик каучук ишлаб чиқаришда кенг ишлатилади. Бундан ташқари спирт, вино, ликер-ароқ, эфир мойлари ва изотоплар, полимерлар, ярим ўтказгичлар ишлаб чиқаришда ҳам ректификация усули кенг қўлланилади.

Суюқэритмалар таркибидаги қаттиқ фазани кристаллар олатида ажратиш жараёни кристалланиш дейилади. Бу жараён эритмаларни ўта тўйинтириш ёки совитиш натижасида содир бўлади. Кристалланиш пайтида модда суюқ фазадан қаттиқ фазага ўтади.

Кимё технология саноатида кристалланиш жараёни тоза моддалар олиш учун кенг қўлланилади. Озиқ-овқат саноатида кристалланиш жараёни қанд-шакар ишлаб чиқаришда, глюкоза олишда, кондитер саноатида ва бошқа соҳаларда ишлатилади. Мембрана усули билан ажратиш модда алмашилишнинг янги йўналишидир. Мембрана ёрдамида ажратиш қуйидаги усуллар билан амалга оширилади: тесқари осмос, ультрабин, ультрафилтрлаш, микрофилтрлаш, мембрана орқали буғланиш, диализ, электродиализ, газларни диффузия билан ажратиш. Ярим ўтказувчи мембраналар ёрдамида углеводородларни, юқори ва қуйи молекулали бирикмалар аралашмаларини ажратиш, табиий газлардан гелий ва водородни, ҳаводан кислородни ажратиш олиш, сут маҳсулотларини, мева, сабзавот шарбатларини ва бошқа эритмаларни қуюлтириш, пивони пастеризатсия қилиш, юқори сифатли қанд ва шу каби бир қатор муҳим вазифаларни бажариш мумкин.

Демак, саноатдаги олиб бориладиган турли хил технологик жараён моддаларининг физик-механик хоссалари билан бир-биридан кескин фарқли бўлганда, модда ўтказиш жараёни орқали амалга оширилади. Модда ўтказиш жараёнлари учун икки фазанинг бўлиши характерли бўлиб, модда бир фазадан иккинчисига, фазалар орасидаги чегаравий

катлам орқали ўтади. Ҳар бир фазада иккита зона бор: фазанинг ядроси (ёки фазанинг асосий массаси) ва фазанинг чегарасида юпқа чегара қатлам.

Модда ўтказиш мураккаб жараён бўлиб, у 3 боскичдан иборат:

1. Тақсимланаётган модданинг молекулалари, фазанинг ядросидан шу фазанинг чегара қатламига ўтади;

2. Чегара қатламдан тақсимланаётган модда фазалараро чегаравий қатламга ўтади;

3. Фазалараро чегаравий қатламдан тақсимланаётган модда молекулалари иккинчи фазанинг ядросига ўтади.

Фазаларни ажратувчи юзадан моддани суюқ (ёки газ) фаза ядросига берилиши ёки аксинча фаза ядросидан ажратувчи юзага модданинг берилиши модда бериш жараёни дейилади.

Модда бериш жараёни қайтар жараёндир, яъни модда иккинчи фазадан ажратувчи юзага ўтиши мумкин. Модданинг ўтиш жараёни фазалар орасидаги мувозанат ҳолат вужудга келгунча давом этади. Мувозанат пайтида  $x$  нинг маълум концентрацияси қийматига бошқ фазадаги тегишли аниқ бир қийматли мувозанат концентрацияси  $\bar{y}^*$  тўғри келади. Худди шунингдек  $\bar{y}$  нинг маълум концентрация қийматига тегишли мувозанат концентрацияси  $\bar{x}^*$  тўғри келади. Мувозанат пайтида фазалардаги тақсимланаётган модда концентратсиялари ўртасидаги умумий боғлиқлик қуйидагича аниқланади:

$$y^* = f(\bar{x}) \quad (11.1)$$

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (11.2)$$

Модда ўтишида системадаги мувозанат ҳолатининг ўзгариши жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади. Системанинг мувозанат ҳолати ўзгарганда, тақсимланаётган компонент концентрацияси юқори бўлган фазадан, концентрацияси паст булган фазага мувозанат ҳолат давом этгунча ўтади.

Модда ўтказиш жараёни тезлиги, система мувозанат ҳолати ўзгаришининг даражасига ва фазалардаги модда алмашилишининг механизмига боғлиқ бўлади.

Моддаларнинг бир фаза ичида тарқалиши ва бир фазадан иккинчи фазага ўтиши молекуляр диффузия йўли билан боради. кўзалмас муҳитда кўпинча модда молекуляр диффузия ёрдамида, ҳаракатдаги муҳитда эса, модда конвектив диффузия ёрдамида тарқалади. Турбулент оқимда модда турбулент диффузия орқали тарқалади, бу ҳолда молекуляр диффузиянинг аҳмияти жуда кам бўлиб, чегаравий қатламда эса, модданинг тарқалиши молекуляр диффузияга боғлиқ бўлади. Молекула атом, ион ва коллоид заррачаларнинг тартибсиз ҳаракати таъсирида модданинг тарқалиши молекуляр диффузия деб аталади.

Молекуляр диффузия ФИК нинг биринчи қонуни билан ифодаланиб, қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$M = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dn} \cdot \tau \quad (11.3)$$

бу ерда  $M$  - бир фазадан иккинчи фазага ўтаётган модданинг миқдори, кг/с;  $D$  - пропорционаллик коэффициенти, молекуляр диффузия коэффициенти,  $m^2/c$ ;  $F$  - фазаларнинг тўқнашув юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$  - модданинг ўтиш вақти, с;  $\frac{dc}{dn}$  - концентрация

градиенти, кг/м;  $n$  - қатламнинг қалинлиги, м.

Тенгламанинг ўнг томонидаги минус ишора молекуляр диффузиянинг тарқалувчи компонент концентрациясининг камайиши томонга қараб боришини кўрсатади.

Молекуляр диффузия коэффициенти физик ўзгармас катталиқ бўлиб, модданинг диффузия йўли билан қўзалмас муҳитга кириш қобилиятини белгилайди. Диффузия коэффициенти тарқалувчи модда ва муҳитнинг хоссаларига, температурага ва босимга боғлиқ. Ҳар бир оний шароит учун  $D$  нинг қиймати тажриба йўли билан тенгламалар ёрдамида аниқланади.

Газнинг бошқа бирор газ таркибида тарқалиш диффузия коэффициенти  $D \approx 0,1 \div 1,0$   $cm^2/c$ , газнинг суюқликка ўтиш диффузия коэффициенти  $D = 10^5$  марта кам бўлиб, таяминан  $1 cm^2/суткага$  тенг. Демак, молекуляр диффузия жуда секинлик билан борадиган (айниқса суюқликларда) жараёндир.

Турбулент пульсация таъсири остида, оқимнинг ҳаракатида бир фазадан иккинчи фазага модданинг тарқалиши турбулент диффузия дейилади.

Турбулент диффузиянинг тезлиги оқимнинг турбулентлик даражасига, жараённинг гидромеханик режимига боғлиқ. Бирор фаза миқёсида турбулент диффузия орқали тарқалган модданинг миқдори қуйидаги тенглама билан топилади:

$$dM = -\epsilon_D \cdot dF \cdot \frac{dc}{dn} \cdot d\tau \quad (11.4)$$

бу ерда  $\epsilon_D$  - турбулент диффузия коэффициенти. 11.4-тенгламадан  $\epsilon_D$  ни аниқланади;

$$\epsilon_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{kg \cdot m}{c \cdot m^2 \cdot kg / m^3} = \frac{m^2}{c}$$

Турбулент диффузия коэффициенти ват бирлиги ичида концентрация градиенти бирга тенг бўлганда юза бирлигидан турбулент диффузия йўли билан ўтган модданинг миқдорини билдиради. Турбулент диффузия коэффициенти  $m^2/c$  ўлчов бирлигига эга бўлиб, унинг қиймати жараённинг гидродинамик шарт-шароитларига боғлиқ. Буердагидинамикшарт-шароитоқимнингтезливатурубулентликмасштабигақарабаниқланади.

Ҳаракатланувчисуюқликёкигаздамоддамолекулярватурбулентдиффузияларёрдамид атарқаладибужараёнларнингйиғиндисиконвективдиффузиядебаталади. Конвектив диффузия концентратция градиенти, муҳитнинг тезлиги ва физик хоссаларига боғлиқ.

Фазаларни ажратувчи юзадан модданинг суюқ ёки газсимон фазанинг марказига берилиши ёки аксинча, фазанинг ядродан ажратувчи юзага модданинг берилиши конвектив диффузия ёки модда бериш жараёни деб аталиб, худди иссиқлик алмашилиш жараёнига ўхшаб, бу жараён қуйидаги дифференциал тенглама орқали ифодаланиш мумкин:

$$\frac{dc}{d\tau} + \frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.5)$$

Тенгламадаги  $\partial c / \partial \tau$  ифода ват бирлиги ичида концентрациясининг ўзгаришини кўрсатади. Бу тенглама нотурғун модда алмашиниш жараёнлари учун характерлидир.

Қўзалмас мухитдаги модда алмашиниш жараёнида

$w_x = w_y = w_z = 0$  бўлгани учун:

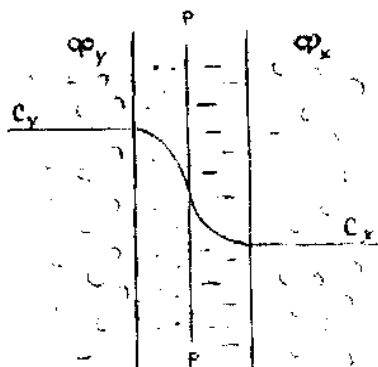
$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (11.6)$$

Бу холда 11.5 тенглама молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламаси кўринишига келади:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.7)$$

(11.7) тенглама Фикнинг иккинчи қонуни деб юритилади. Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси мураккаб бўлгани учун уни оддий усуллар билан ечиш қийин. Ўхшашлик назариясидан фойдаланиб, дифференциал тенгламани қайта ишлаб чиқиш натижасида, жараённи характерловчи ўхшашлик критерийлари аниқланади.

Модда ўтказиш мураккаб жараён бўлиб, фазаларни ажратувчи юзанинг икки томонида юз бераётган модда бериш жараёнларидан ташкил топган бўлади. 11.1 расмда модда ўтказиш жараёнини тушунтирувчи схема кўрсатилган.



11.1-расм. Масса ўтказиш жараёнида фазаларда  
концентрациянинг тақсимланиши.

Фазалар бир-бирига нисбатан маълум тезликда, яъни турбулент режимда ҳаракат қилади ва қўзалувчан ажратувчи юзага эга. Тарқалувчи модда  $\Phi_x$  фазадан  $\Phi_y$  фазасига ажратувчи юза орқали модда бериш жараёни орқали ўтади. Модда ўтказиш жараёни ҳар бир фазадаги турбулент оқимнинг структурасига боғлиқ. Гидродинамикадан маълумки, турбулент оқимда қаттиқ юза устида чегаравий қатлам ҳосил бўлади. Ҳар бир фаза ядрога (ёки фазанинг асосий массаси) ва фазанинг чегаравий юпка қатламга эга бўлади. Фазанинг ядросида модда асосан турбулент *пульсациялар* ёрдамида тарқалади ва тарқалувчининг концентрацияси ( $c_{oy}$  ва  $c_{ox}$ ) амалий жиҳатдан ўзгармас қийматга эга бўлади. Чегаравий қатламда турбулент режим аста-секин сўниб боради, натижада ажратувчи юзага яқинлашган сари концентрацияси ўзгариб боради. Ажратувчи юзанинг ўзида модданинг тарқалиши жуда секинлашади, чунки модданинг ўтиши фақат молекуляр диффузиянинг тезлигига боғлиқ бўлиб олади. Фазалар ўртасидаги ишқаланиш ва суюқ фаза чегарасидаги сирт таранглик кучлари таъсирида ажратувчи юза яқинида концентрация кескин, тахминан тўғри чизик бўйича ўзгаради.

Шундай қилиб, турбулент оқимда фазанинг ядродан фазаларни ажратувчи чегарагача (ёки тескари йўналишда) модда берилиши параллел равишда молекуляр ва турбулент диффузиялар ёрдамида амалга оширилади, бирор фазанинг асосий массасида модданинг берилиш жараёни диффузия йўли билан боради.

Демак, модда ўтказишнинг тезлиги ҳаракатлантирувчи кучга тенг бўлган, тақсимланаётган модданинг фаза ядроси билан чегаравий қатламлари орасидаги концентрациялари фарқига тўғри пропорционал бўлади. Фаза ядросидан чегаравий қатламга ёки ажратувчи юзага берилаётган модданинг миқдори модда бериш тенгламаси билан аниқланади:

газ фазаси учун,  $\Phi_y$

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_u) \quad (11.8)$$

суюқлик фазаси учун,  $\Phi_x$

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_u - x) \quad (11.9)$$

бу ерда  $M$  - вақт бирлиги ичида берилган модданинг миқдори;  $\beta_y, \beta_x$  - газ ва суюқлик фазаларидаги модда бериш коэффициентлари;  $(y - y_u)$  – модда беришнинг  $\Phi_y$  фазадаги ҳаракатлантирувчи кучи;  $(x_u - x)$  – модда беришнинг  $\Phi_x$  фазадаги ҳаракатлантирувчи кучи;  $y_u$  ва  $x_u$  ҳар бир фазанинг ядросидаги ўртача концентрацияси;  $y_u, x_u$  – тегишли фазалар чегарасидаги концентрациялар;  $\Phi$  - фазаларни ажратувчи юза.

Модда бериш коэффициенти (11.8),(11.9) тенгламаларидан аниқланади:

$$\beta_y = \frac{M}{(y - y_u) \cdot F} = \frac{kg/c}{kg/m^3 \cdot m^2} = \frac{m}{c} \quad (11.10)$$

Модда бериш коэффициентлари ( $\beta_x, \beta_u$ ) ват бирлиги ичида жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи бирга тенг бўлганда юза бирлигидан фазаларни ажратувчи юзадан фазанинг ядросига (ёки тескари йўналишда – фазанинг ядросидан ажратувчи юзага томон) ўтган модданинг массасини билдиради.

Модда бериш коэффициентини физик ўзгармас катталиқ эмас, у фазанинг физик хоссаларига ( зичлик, қовушоқлик ва бошқалар), муҳитнинг гидродинамик режимларига, ( ламинар ёки турбулент оқим ) модда алмашилиш қурилмасининг конструктив тузилишига ва унинг ўлчамларига боғлиқ бўлган кинетик катталиқдир, яъни:

$$\beta = f(\rho, \mu, D, w, L_1, L_2)$$

Шундай қилиб, модда бериш коэффициентини  $\beta$  нинг бир қатор ўзгарувчан факторларга боғлиқлиги сабабли, улар орасидаги боғланишини аниқлаш учун ҳамда модда бериш коэффициентининг қийматини ҳисоблаш учун ўхшашлик назариясидан фойдаланилади. Ўхшашлик назарияси асосида бўғлиқликларни ифодаловчи, модда беришнинг умумий критерияларини тенгламаларини келтириб чиқарамиз.

Ўхшашлик назарияси усуллари ёрдамида бир нечта диффузион критерийлари ҳосил қилинган. Булар жумласига (  $Nu'$  ), Фурье (  $Fo'$  ), Пекле (  $Pe'$  ), Прандтл (  $Pr'$  ) диффузион критерийлар киради.

Нуссельт диффузия критерийси қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu' = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (11.11)$$

бу ерда  $\beta$  - модда бериш коэффициентини;  $D$  – молекуляр диффузия коэффициентини;  $L$  – системанинг аниқловчи ўлчами. Ўхшаш системаларнинг ўхшаш нуқталарида  $Nu'$  критерийси бир хил қийматга эга бўлади. Бу ўхшашлик критерий фазалар ядросининг ва диффузион чегара қатламидаги модда ўтказиш интенсивлигини ифодалаб ва улар орасидаги нисбатни кўрсатади.

Нуссельт критерийси тенгламасида ҳисобланаётган модда бериш коэффициентини бўлгани учун у аниқланувчи критерийдир.

Фурье диффузия критерийси нотурғун ҳолдаги модда бериш жараёнларини ифодалайди ва қуйидаги катталиқлар орқали белгиланади:

$$Fo' = \frac{\tau \cdot D}{l^2} \quad (11.12)$$

бу ерда  $\tau$  - жараённинг давомийлиги.

Нотурғун ўхшаш системалар ўхшаш нуқталарида Фурье критерийси бир хил қийматга эга бўлиб, вақт бирлиги ичида модда берилишининг ўзгаришини кўрсатади.

Пекле критерийси ўхшаш системаларнинг ўхшаш нуқталарида конвектив ва молекуляр диффузиялар орқали ўтаётган модда массаларининг нисбати даражасини белгилайди ва қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (11.13)$$

бу ерда  $w$  - оқимнинг тезлиги. Кўп ҳолларда  $Pe^b$  критерийси ўрнига Прандтл диффузия критерийси ишлатилади:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{w \cdot l}{D} : \frac{w \cdot l}{v} = \frac{v}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (11.14)$$

Прандтл критерийси ўхшаш оқимларнинг ўхшаш нуқталарида суюқлик (газ) нинг физик хоссалари нисбатининг ўзгармаслигини ифодалайди. Газлар учун  $Pr'$  нинг қиймати бирга яқин суюқликлар учун эса  $Pr' = 10^3$ , чунки суюқликларда диффузия коэффиценти жуда кичкина қийматга ( $D = 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ ) ега.

**Нуссельт диффузия критерийси асосий аниқланиши лозим бўлган критерий бўлиб, унинг бошқа критерийлар ва комплекслар билан боғлиқлиги қуйидаги умумий кўринишга эга.**

$$Nu = f(Re, Pr', Fo', Pe', \Gamma_1, \Gamma_2) \quad (11.15)$$

бу ерда  $\Gamma_1, \Gamma_2$ - геометрик ўхшашлик комплекслар.

Модда бериш жараёнларини ҳисоблаш қийин, чунки фазалар чегарасидаги тақсимланаётган модда концентрациясининг миқдорини аниқлаш қийин, чунки ҳисоблаш усуллари маълум эмас. Шунинг учун бир фазадан иккинчи фазага вақт бирлиги ичида ўтган модданинг массаси  $M$  ни аниқлашда модда ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланилади:

$$\Phi_y \text{- фаза учун} \quad M = K_y \cdot F \cdot (y - y^*) \quad (11.16)$$

$$\Phi_x \text{- фаза учун} \quad M = K_x \cdot F \cdot (x^* - x) \quad (11.17)$$

бу ерда  $M$  - бир фазадан иккинчи фазага вақт бирлиги ичида ўтган модданинг миқдори;  $K_y, K_x$ - газ ва суюқлик фазалари учун модда ўтказиш коэффиценти;  $(y - y^*), (x^* - x)$  - газ ва суюқлик фазаларидаги ҳаракатлантирувчи куч;  $y, x$  - фазалардаги ишчи концентрациялар;  $y^*, x^*$  – берилган фазадаги мувозанат концентрациялар.

Модда ўтказиш коэффиценти қуйидаги боғланиш орқали аниқланади.

Газ фазаси учун:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (11.18)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \quad (11.19)$$

бу ерда  $m$  - мувозанат чизиғи қиялиги бурчагининг тангенци. Бу тенгламаларнинг чап томонлари модданинг бир фазадан иккинчи фазага ўтиши учун умумий қаршиликни, ўнг томонлари эса фазалардаги модда бериш жараёнлари қаршиликларнинг йиғиндисини билдиради. (11.18), (11.19) ифодалар фазовий диффузия қаршиликларнинг аддитивлик тенгламалари деб юритилади.

Модда ўтказиш коэффиценти (11.18), (11.19) тенгламалардан аниқланади.

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\kappa z}{\kappa z / m^3 \cdot m^2 \cdot c} = \frac{m}{c} \quad (11.20)$$

Модда ўтказиш коэффициентлари ( $K_y$ ,  $K_x$ ) вақт бирлиги ичида фазаларнинг контакт юзаси бирлигидан, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи бирга тенг бўлганда, бир фазадан иккинчи фазага ўтган модданинг массасини билдиради.

Модда бериш ва ўтказиш коэффициентларининг ўлчов бирликлари бир хил бўлиб, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучнинг ўлчов бирлигига, ҳамда фазолараро ўтаётган модданинг миқдорига боғлиқ бўлади.

Фазалар ажратувчи юза бўлиб ҳаракат қилганда, уларнинг концентрациялари ўзгаради, натижада жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳам ўзгаради. Шу сабабли модда ўтказишнинг асосий тенгламасига ўртача ҳаракатлантирувчи куч тушунчаси ( $\Delta y_{yp}$ ,  $\Delta x_{yp}$ ) киритилади.

$$M = K_y \cdot \Phi \cdot \Delta y_{yp} \quad (11.21)$$

$$M = K_x \cdot \Phi \cdot \Delta x_{yp} \quad (11.22)$$

Газ фазанинг концентратсияси бўйича, модда ўтказишнинг ўртача ҳаракатлантирувчи кучи қуйидагича аниқланади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_o - y_o^*)}{2,31g \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ki}}{2,31g \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ki}}} \quad (11.23)$$

бу ерда  $y_{\delta}$ ,  $y_o$  - модданинг бошланғич ва жараён охиридаги концентрацияси;  $\Delta y_{ka}$  - қурилманинг биринчи (ёки иккинчи) чеккасидаги концентрацияларнинг катта фарқи;  $\Delta y_{ki}$  - қурилманинг иккинчи (ёки биринчи) чеккасидаги концентрацияларнинг кичик фарқи.

Худди шунингдек, суюқ фазанинг концентрацияси бўйича:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{2,31g \frac{x_o^* - x_o}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ki}}{2,31g \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ki}}} \quad (11.24)$$

**Жараённинг ҳаракатлантирувчи кучини ўтказиш бирлиги сони билан ҳам ифодалаш мумкин:**

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_o}{\Delta y_{yp}} \quad (11.25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}} \quad (11.26)$$

ўтказиш бирлиги сони ҳаракатлантирувчи куч бирлигига мос келган фаза ишчи концентрациясининг ўзгаришини белгилайди. Ушбу ишда модда бериш коэффициентини аниқовчи қатламли насадкали колоннада аниқланади. Насадка



сифатида Рашиг ҳалқалари, керамик буюмлар, кокс, майдаланган кварц, полимер ҳалқалар, шарлар, эгарсимон элементлар ишлатилади. Насадкали колонналарда газ ва суюқлик насадка қатлами орқали қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади. Берилаётган суюқликнинг миқдори (намлаш зичлиги) ва газ ҳаракати тезлигига қараб, колонна ҳар хил режимда ишлаши мумкин. Колоннадаги бу режимлар кўлланган насадканинг гидравлик қаршилиги  $\Delta P_n$  билан газ тезлигининг  $w$  ўзаро боғланиш графиги орқали ифодаланади.

$\Delta P_n=f(w)$  газ мавҳум тезлигининг қиймати колоннага берилаётган газнинг ҳажмий сарф миқдорини  $V_c$  колонна кўндаланг қисмининг  $F$  нисбатига тенг бўлади. Мавҳум қайновчи қатламли насадкали колонналарнинг гидравлик қаршилигини тажриба йўли ва эмпирик тенглама билан аниқлаш мумкин

$$\Delta P = \Delta P_k + 32,1 \cdot F^{1,03} \cdot H_n^{0,6} \cdot Z^{0,56} \cdot w^{0,82} \quad (11.27)$$

бу ерда  $F = 20\%$  - колонна юзасини эгаллаган тарелканинг озод кесими,  $m^2$ ;  $H_n$  - 200 мм – насадка қатламининг баландлиги;  $Z$  - намлаш зичлиги,  $m^3/m^2$  соат;  $w$  - газнинг мавҳум тезлиги,  $m/s$ .

Қуруқ холдаги насадканинг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\Delta P_k = \lambda \cdot \frac{H_o}{d_s} \cdot \frac{w_x \cdot \rho_r}{2} \quad (11.28)$$

бу ерда  $\lambda$  - гидравлик қаршилиқ коэффициентини;  $d_e = 4\varepsilon/a$  – насадканинг эквивалент диаметри,  $m$ ;  $w_x = w_o/\varepsilon$  - газнинг ҳақиқий тезлиги,  $m/s$ ;  $a$  - насадканинг солиштирма юзаси,  $m^2/m^3$ ;  $\rho_r$  - газнинг зичлиги,  $kg/m^3$ ;  $w_o$  - газнинг мавҳум тезлиги,  $m/s$ .

Гидравлик қаршилиқ коэффициентини оқимнинг режимига боғлиқ бўлади. Насадка қатлампдан суюқлик оқиб ўтаётганда, унинг гидравлик қаршилиқ коэффициентини газ оқимининг ҳар қандай режими учун қуйидаги умумий тенглама билан аниқланади:

$$\lambda = 133/Re_r + 2634 \quad (11.29)$$

бу ерда

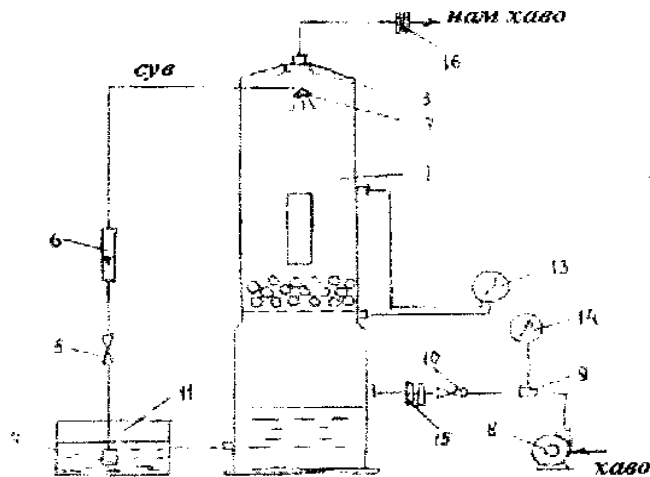
$$Re_r = \frac{w_r \cdot d_s \cdot \rho_r}{\mu_r} = \frac{4 \cdot w_r \cdot \rho_r}{\mu_r \cdot a} \quad (11.30)$$

Ушбу ишни қилишдан мақсад мавҳум қайновчи қатламли насадкали колонналарда, модда бериш коэффициентини, қуруқ ва ҳўлланган насадканинг гидравлик қаршилкларини аниқлашдир.

Берилаётган суюқликнинг миқдори ва газ ҳаракатининг тезлигига қараб қурилма тўрт хил режимда ишлаши мумкин. Колоннадаги бу режимлар ҳўлланган насадканинг гидравлик қаршилиги билан газ тезлигининг ўзаро боғланиш графиги орқали ифодаланади (11.2-расм).

**Ишнинг бажариш тартиби** Қурилма вертикал колонна бўлиб, унинг ички қисмига ағдарилма тарелка ўрнатилган. Тарелка элаксимон бўлиб, тешикларининг диаметри  $d=0,016$  м, колонна юзасини эгаллаган тарелканинг озод қисми  $F = 20\%$  га тенг. Насадка сифатида тарелкага диаметри  $d=37$  мм бўлган шарлар солинган. Шарлар қатламининг

говаклилиги  $\varepsilon = 0,4$  га тенг, шарларнинг сони  $n = 90$  та. Насадка қатламининг баландлиги  $H_n = 200$  мм. Колонна ишлаш ҳолатининг баландлиги  $H_n = 1200$  мм га тенг. Марказдан қочма насос (4) орқали пуркагич (7) га сув берилади. Сувнинг сарфи ротаметр (6) орқали ўлчаниб, сарфи кран (5) билан ростланади. Ҳаво диаметри  $d = 110$  мм бўлган труба орқали вентилятор воситасида берилади. Ҳавонинг сарфи махсус мослама билан ўзгартирилади,



унинг сарфланиш миқдори микроанометрга (14) уланган Пито-Прандтл (8) трубкиси

11.2-расм. Лаборатория қурилмасининг схемаси. 1- колонна; 2- ағдарилма тарелка; 3- томчи ажратгич; 4- насос; 5- суюқлик сарфини ростловчи кран; 6- суюқлик сарфини ўлчовчи ротаметр; 7- пуркагич; 8- вентилятор; 9- Пито-Прандтл трубкиси; 10- ҳавонинг миқдорини ростловчи мослама; 11- сув тўлдирилган бак; 12- насадка; 13,14- микроанометр; 15,16 - психрометрлар.

Психрометрлар (15), (16) билан колоннага кираётган ҳавонинг нам сақлаши, ( $X_b$ ,  $X_{ox}$ ) қуруқ ва ҳўл термометрлар воситасида аниқланади. Ушбу ишда газ фазасидаги модда бериш коэффициентининг  $\beta_y$  иймати, сувни ҳавода буғланиши самарадорлигига қараб 2 хил шароитда аниқланади.

1.  $Z = \text{const}$  бўлганда,  $\beta_y = f(w_0)$  боғланишини келтириб чиқариш.
2.  $w = \text{const}$  бўлганда,  $\beta_y = f(Z)$ , боғланишини келтириб чиқариш.

Қурилманинг ҳолати текширилиб, лаборант иштирокида марказдан қочма насос ишга туширилиб, сувни температураси ўзгармас ҳолатга келгунча циркуляция қилинади. Ротаметрнинг кўрсаткичи бўйича сувнинг сарфи миқдори ўзгармас (ўқитувчи кўрсатмасига асосан) қилиб олинади. Ҳавонинг сарф миқдорини 4 марта ростловчи мослама (10) ёрдамида ўзгартириб, вентилятор (8) орқали ҳаво берилади, ҳамда микроанометр (14) кўрсаткичи ва психрометр (15), (16) колоннадан олдинги ва кейинги кўрсаткичларини ҳисоблаш жадвалига ёзилади.

Иккинчи усулда ҳавонинг сарф миқдорини ўзгармас ҳолатда сувнинг сарфи 4 марта ротаметрнинг кўрсаткичи бўйича ўзгартирилиб, психрометрларнинг кўрсаткичи ҳисоблаш жадвалига ёзилади.

Тажриба ўтказилгандан сўнг модда бериш коэффициенти (11.31) тенглама билан, ҳавонинг тезлиги (11.36) ва намлаш зичлиги  $Z$  (11.37) тенгламалар билан ҳисобланади. Тажриба натижалари асосида  $Z=\text{const}$  бўлганда  $\beta_y$ -W орасидаги ва  $W=\text{const}$  бўлганда  $\beta_y$ -Z орасида ўзаро боғланиш графиклари миллиметрли қоғозда тасвирланади.

11-1 ҳисоблаш жадвали

| Ўлчанадиган миқдорлар                                    | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| Ҳаво сарфи $V_c$ , м <sup>3</sup> /с                     |   |   |   |   |
| Сувнинг сарфи $V$ , м <sup>3</sup> /соат                 |   |   |   |   |
| Колоннага кираётган ҳавонинг температураси, °С           |   |   |   |   |
| қуруқҳавонинг температураси - $t_k$ , °С                 |   |   |   |   |
| хўл термометрнинг температураси - $t_x$ , °С             |   |   |   |   |
| Колоннага кираётган ҳавонинг нам сақлаши- $x_6$ , кг/кг  |   |   |   |   |
| Колоннадан чиқаётган ҳавонинг температураси - $t_ч$ , °С |   |   |   |   |
| қуруқҳавонинг температураси - $t_k$ , °С                 |   |   |   |   |
| Колоннадан чиқаётган ҳавонинг нам сақлаши- $x$ , кг/кг   |   |   |   |   |

Тажриба кўрсаткичларини ҳисоблаш

1. Икки хил усул учун модда бериш коэффициентини қуйидаги тенглама билан ҳисоблаймиз:

$$\beta_y = K_y = \frac{M}{F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (11.31)$$

бу ерда  $M$  - сувдан ҳавога ўтган намлик миқдори, кг/с;  $F = 0,031 \text{ м}^2$  - тарелканинг иш юзаси, м<sup>2</sup>;  $\Delta y_p$  -жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи, кг/кг.

2. Сувдан ҳавога ўтган намликнинг миқдори қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$M = G_x \cdot (y_o - y_6) \quad (11.32)$$

бу ерда  $G_x$ - ҳавонинг массавий сарфи, кг/с;  $x_6$ ,  $x_o$ -ҳавонинг дастлабки ва колоннадан чиқишдаги нам сақлаши, қуруқ ва хўл термометрнинг температурасига асосан I- x диаграммадан аниқланади.

3. Ҳавонинг массавий сарфи қуйидагича аниқланади:

$$G_x = V_c \cdot \rho \quad (11.33)$$

бу ерда  $V_c$ - ҳавонинг ҳажмий сарфи, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  - газнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

4. Ҳавонинг ҳажмий сарфи пневмометрик Пито-Прандтл найчаси кўрсаткичи бўйича, олинган динамик напорнинг қиймати орқали аниқланади:  $h_d = w^2 / 2g$

бу ердан  $w = \sqrt{2g \cdot h_d}$

Ҳавонинг ҳажмий сарфи эса:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi \sqrt{2g \cdot h_d} \quad (11.34)$$

бу ерда  $d=110$  мм - ҳаво берилаётган трубанинг диаметри, м;  $\varphi = 0,97$ -сарфланиш коэффициентини;  $h_d$ -динамик напор, ҳаво устунисида.

5. Жараённинг ҳаракатлантиручи кучи  $\Delta x_{yp}$  қуйидагича аниқланади:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_m - x_o) - (x_m - x_o)}{2,31g \frac{x_m - x_o}{x_m - x_o}} \quad (11.35)$$

бу ерда  $x_m$ -ҳавонинг мувозанат ҳолатдаги нам сақлаши, температурага I-х диаграммадан аниқланади.

6. Ҳавонинг мавҳум тезлиги секунди сарф тенгласидан аниқланади:

$$w_o = \frac{V_c}{F} \quad (11.36)$$

бу ерда  $F = 0,0314 \text{ м}^2$ - колоннанинг кўндаланг кесим юзаси. Сувнинг сарф миқдори бўйича намлаш зичлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Z = \frac{G}{3600 \cdot F} \quad (11.37)$$

бу ерда  $Z$  -намлаш зичлиги;  $G$  - сувнинг сарф миқдори, ротаметрнинг кўрсаткичи бўйича графикдан аниқланади.

Куруқ ва хўлланган насадканинг гидравлик қаршилигини аниқлаш.

Ҳавонинг сарфини ростловчи махсус мослама (10) ёрдамида 4 марта ўзгартириб, микроанометр (13,14) билан куруқ насадка гидравлик қаршилигини ва ҳавонинг сарфини аниқлаймиз. Сўнгра колоннага марказдан қочма насос ёрдамида сув бериб, сувнинг сарфини ўзгармас ( $G=const$ ) ҳолатида микроанометрнинг (13) кўрсаткичи бўйича, хўлланган насадканинг гидравлик қаршилигини аниқланади. Ҳавонинг сарфини микроанометр (14) билан аниқланади. Бу тажрибани 4 марта қайтарамиз. Олинган тажриба натижаларини 13-2 ҳисоблаш жадвалига ёзамиз.

|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| 14– микроанометрнинг курсаткичи бўйича<br>хавонинг сарфи, м <sup>3</sup> /соат                             |   |   |   |   |
| 13 микроанометрнинг курсаткичи бўйича<br>Ротамернинг кўрсаткичи бўйича<br>Сувнинг сарфи, м <sup>3</sup> /с |   |   |   |   |
| 13 микроанометрнинг кўрсаткичи бўйича  |   |   |   |   |

### 11-2 Ҳисоблаш жадвалидаги тажриба натижаларига асосан

Ҳавонинг тезлиги (11.36), намлаш тезлиги эса (11.37) тенгламалар ёрдамида ҳисобланади. Куруқ ва ҳўлланган насадкаларнинг гидравлик қаршилигининг ўлчов бирлиги Па да ифодалаб тезлак билан ўзаро боғланишлари, яъни  $\Delta P_{k-w_0}$  ва  $\Delta P_{x-w_0}$  графилари миллиметрли қоғозда тасвирланади.

Тажрибада олинган куруқ ва ҳўлланган насадкаларнинг гидравлик қаршиликларининг қийматини (11.27), (11.26) тенглама билан ҳисобланган қийматлари билан таққослаб хатоси % ларда аниқланади.

### Текшириш учун саволлар

1. Модда ўтказиш жараёни ва унинг моҳияти
2. Модда ўтказиш жараёнинг турлари.
3. Фазовий мувозанат. Мувозанат чизиғи.
4. Моддий баланс.
5. Молекуляр ва турбулент диффузия.
8. Модда бериш ва ўтказиш коэффицентларининг физик маъноси.
9. Ўхшашлик диффузион критерийлар ва уларнинг физик маъноси.
10. Жараённинг ўртача ҳаракатлантирувчи кучи ва уни аниқлаш.
11. Фазаларнинг аддитив қаршилиги.

## 14-LABORATORIYA ISHI: YARIM SFERIK AKTIV KO'MIR QATLAMLI ADSORBER GIDRODINAMIKASINI O'RGANISH.

### Ишнинг назарий асослари

Газ аралашмалари ҳамда эритмалардаги бир ва бир неча компонентларнинг ғоваксимон каттик жисмлар юзаси бўйлаб (адсорбентда) ютилиш жараёни адсорбция дейилади. Адсорбция жараёни газларни, эритмаларни тозалаш ва қуриштиришда, эритмалардан қимматбаҳо моддаларни ажратиш олишда, нефт маҳсулотларидан ҳосил бўлган аралашмаларни тозалашда, ҳаво ёки бошқа газлар аралашган (портловчан) эритмаларни ҳамда газ ва буғ аралашмаларини ажратиш олишда, нефтни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган газ аралашмаларидан водород ва этиленни, бензин

фракцияларидан ароматик углеводородларни ажратиб олишда, ёғларни, вино маҳсулотларини, хар хил мева-сабзавот шарбатларини тозалашда, кимё ва озик-овкат саноатининг барча тармоқларида кенг қўлланилади.

Саноатда адсорбент сифатида активланган кўмир, қаттиққоваксимон силикагел, целлюлоза, сеолитлар, тупрок жинслари, ион алмашинувчи сунъий смолалар (ионитлар) ишлатилади.

Кўпчилик кимёвий технологик жараёнларда суюклик ва газлар сочилувчан донасимон материаллар қатламидан ўтказилади. Ишлатиладиган донасимон материаллар хилма-хил булиб уларнинг шакли ва ўлчамлари хам хар хил бўлади. Агар донасимон материалларнинг диаметри бир хил бўлса, бир ўлчамли, қатлам хар хил бўлса кўп ўлчамли қатлам дейилади. Бу жараёнларда суюклик ва газлар донасимон материалларнинг орасидан ва каналлардан ўтади.

Донадор материалларнинг қатламидан ўтаётган газ оқимининг режими жуда кўп факторларга боғлиқ бўлади. Биринчи навбатда газ оқимининг донадор материалларнинг қатламида тақсимланиши газнинг хусусиятига, донадор материалларнинг физик-геометрик хусусиятга хамда қатлам таркибига боғлиқ бўлади. Донасимон материалларнинг қатлами гидравлик қаршилик  $\Delta P$ , солиштирма юза  $S$ , заррачалар орасидаги бўш  $\varepsilon$  хажми, материалларнинг ўлчами ва шу каби катталиклар билан характерланади.

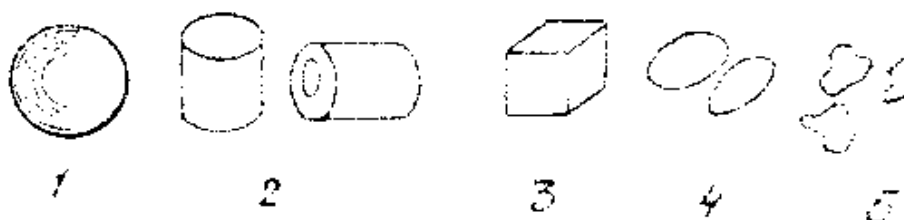
Адсорбентнинг физик хусусияти заррачалар ичида капилляр каналларнинг катталигига боғлиқ бўлади. Капилляр каналлар макро, оралик, микро ғовакли бўлади.

Микроғовакли адсорбентларнинг солиштирма юзаси кичик бўлгани учун бундай адсорбентнинг деворларида жуда кам микдорда модда ютилади. Макроғовакли адсорбентларда ютилаётган молекулалар фақат уларнинг каналлари орқли узатилади. Ораликғовакли адсорбентларнинг юзасида адсорбция жараёни давомида ютилаётган модда молекулаларининг катталиги ғовак тешикларидан кичик бўлган учун, ютиладиган модда қатлами ҳосил бўлади.

Микроғовакли адсорбентларда тешикларнинг катталиги ютилаётган молекулаларнинг катталигига тенг бўлиб, адсорбция давомида микроғовакларнинг хажмлари ютилаётган молекулалар билан тўлади. Шунинг учун жараён давомида микроғовакли адсорбентларнинг юзасида модданинг ютилишида модда қатламининг физик жихатдан аҳамияти кам.

Адсорбентларнинг муҳим характеристикаларидан бири унинг активлиги ёки адсорбцияланиш қобилиятидир. Унинг активлиги адсорбентнинг бирлик массаси ёки хажмда модда ютилиш миқдори билан белгиланади. Адсорбентлар ўз активлигидан қатъий назар зичлиги, эквивалент диаметри, механик мустаҳкамлиги, гранулометрик таркиби, ютиш юзасининг бирлик ҳажми билан характерланади.

Донадор материал заррачаларининг шакли хар хил булиб, 8-1 расмда уларнинг хиллари тасвирланган.



15.1- расм.

1 – шар; 2 – цилиндр; 3 – куб; 4 – айланасимон;  
5 – нотўғри шаклдаги заррачалар.

Донасимон материаллар орасидаги бўш хажмининг қатлам хажмига нисбати бўш хажм дейилади ва  $\varepsilon$  билан белгиланади:

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_0}{V_1}; \quad (15.1)$$

ифодада  $V_1$  – донасимон қатлам хажми;  $V_0$  – қатламдаги заррачалар эгаллаган хажм;  $V_1 - V_0$  – қатламнинг бўш хажми.

Бўш хажмининг катталиги донасимон материалларнинг хилига ва уларнинг катта-кичиклигига боғлиқ бўлиб, у тажриба орқали топилади. Ўзгармас қатламда бир хил диаметрли шарсимон заррачалар учун унинг диаметрининг катта кичиклигидан қатъий назар бўш хажми  $\varepsilon = 0,375$  тенг бўлади. Донадор материал қатламининг асосий характеристикасидан бири заррачаларнинг солиштирма юзаси бўлиб, заррачаларнинг сирт юзасини хажмга бўлган нисбатини кўрсатади, яъни:

$$C_0 = C_T / V \quad (15.2)$$

Аниқ шаклга эга бўлган заррачаларнинг катталик миқдори маълум бўлса, уларнинг сирт юзасини ҳисоблаш осон бўлади. Солиштирма юза  $C_0$  қатламнинг хажм бирлигида жойлашган барча заррачаларнинг юзасини ифодалайди. Сферасимон шаклдаги заррачалар учун:

$$C = C_0(1 - \varepsilon) \quad (15.3)$$

Ясси сиртли элементлардан (кубсимон, цилиндрсимон, пластина) ташкил топган заррачалар қатламда, ўрнашганда улар бир-бирларига тегиб, ўз солиштирма юзаларининг бир қисмини тўсиб қўядилар. Шунинг учун бу ҳолда тўсиш даражасини  $K_n$  коэффициент билан ҳисобга олсак, заррачаларнинг эффектив солиштирма юзаси  $C_{o.эф.}$  қуйидагича аниқланади:

$$C_{o.эф.} = K_n C_0 \quad (15.4)$$

Бу вақтда газ оқими билан ювилаётган хажм бирлигидаги қатламнинг эркин юзаси:

$$C = C_{o.эф.}(1 - \varepsilon) = C_0(1 - \varepsilon)K_n \quad (15.5)$$

Қатлам каналларидан ўтаётган газ оқимининг ҳақиқий тезлиги қатламнинг бўш хажми орқали аниқлангани учун, уни қийматини аниқлаш қийин. Шу сабабли дастлаб газ оқимининг мавхум тезлиги  $w_0$  қуйидагича топилади:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (15.6)$$

ифодада  $w_0 = V/F$  - мавхум тезлик, газ оқимининг хажмий сарфини қатламнинг кўндаланг кесим юзасига бўлган нисбатига тенг.

Заррачалар орасидаги бўш, қатламнинг ўзгарувчан кўндаланг кесими ва узунлиги бўйича, каналлар ҳосил қилиши натижасида, қатламда эса, ички бўш хажм вужудга келади. Каналларнинг гидравлик радиуси аниқмас шаклли заррачалар учун қуйидагича аниқланади:

$$r = \varepsilon d / 6(1 - \varepsilon) \quad (15.7)$$

Ҳар қандай кўндаланг кесим учун каналларнинг эквивалент диаметри қуйидагича аниқланади:

$$d_e = 4r = \varepsilon d / 6(1 - \varepsilon) = 4\varepsilon / C = 4\varepsilon / C_0(1 - \varepsilon)K_n \quad (15.8)$$

Адсорбция қурилмасидаги қатламнинг гидравлик қаршилигини енгиш учун сарфланган қувватнинг миқдори жараённинг оқим тезлигини белгилаб, тозалаш жараёнини қисман баҳосини оширади. Масса алмашилиш жараёнида бир фазадан иккинчи фазага ўтаётган модданинг миқдори оқимнинг тузилиш таркибига боғлиқ бўлади.

Заррачалар қатламида оқим 2 хил режимда ҳаракат қилади. Муҳит оқимнинг тезлиги кичик бўлганда унинг заррачалри бир-бирига аралашмасдан, параллел ҳолда тартибли ҳаракат қилади. Бундай ҳаракат ламинар режим дейилади. Турғун режимда муҳит оқимининг тезлиги қатламдан ўтаётган газ оқимининг ҳар бир нуктасида ўзгармас бўлади, яъни  $w = f(x, y, z)$ . Муҳит оқимининг тезлиги аста-секин оширилса унинг заррачалри бир-бири билан аралашиб тартибсиз тулқинсимон ҳаракат қилади. Бундай

оқим турбулент режим дейилади. Оқимнинг ҳаракат режими муҳит оқимининг ўртача тезлигига, муҳитнинг зичлигига, ва қовушоклигига ҳамда каналларнинг эквивалент диаметрига боғлиқ бўлади.

Бу катталиклар ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерияси орқали аниқланади:

$$Re = \frac{wd_s \rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Донасимон катламдаги материалларнинг қаршилиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (15.10)$$

бу ерда  $L$  – қатлам узунлиги;  $\lambda$  – фақат ишқаланиш қаршилигини ҳисобга олмай, балки муҳит оқими ҳаракати давомидаги маҳаллий қаршиликларни, яъни муҳитнинг заррачалар орасидан ўтаётгандаги қаршиликларни ҳаммасини ҳисобга олади ва умумий қаршилик коэффиценти дейилади.

Қаршилик конунига асосан умумий қаршилик коэффиценти Рейнольдс критерийси билан қуйидаги боғланишда бўлади:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Адсорбент эркин ҳажми ўзгармас бўлганда, ёки ғовакли моддалар қайсики катлам заррачалар орасидаги бўш ҳажмда (заррачалар ичидаги бўш ҳажмни ҳисобга олмаган ҳолда) (15.11) тенглама газнинг қовушоқлиги, зичлиги, газ оқимининг тезлигидан қатъий назар босимлар фарқини аниқлаш учун қўлланилади.

Газ оқими катламда ламинар режимда ҳаракатланишда гидравлик қаршилик умумлашган критериялар тенгламалар билан аниқланади:

$$La = A\Gamma \quad (15.12)$$

бу ерда  $La = Re \cdot Eu$  Лагранж критерияси босим кучларининг ички ишқаланиш кучларига булган нисбатини курсатади.  $\Gamma = L/d_e$  – геометрик симплекс катламнинг узунлигини каналларнинг эквивалент диаметрига бўлган нисбатини кўрсатади.

Турбулент ҳаракат режимида қатламдаги йўқотилган босимларнинг миқдори қуйидагича аниқланади.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi \cdot d_s} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \quad (15.13)$$

бу ерда  $\lambda_m = f(Re_m)$  - модификациялаштирилган қаршилик коэффиценти  $Re_m = wd_e \psi \rho / \mu (1 - \varepsilon)$  - модификациялаштирилган Рейнольдс критерияси заррачаларнинг шаклини, қатламдаги бўш ҳажмни ҳисобга олади. Ўзгармас қатламдаги гидравлик қаршилик турбулент ҳаракат режимида қуйидагича аниқланади:

$$Eu = c \cdot Re_m^{-n} \cdot \Gamma \quad (15.14)$$

Газ оқимининг турғун ҳаракати жараёнида (15.12) ва (15.14) умумий тенгламалар ҳисобланади, бу тенгламадаги  $A$ ,  $c$  коэффицентлари ва даража кўрсаткичи  $n$  тажриба орқали аниқланади. Бу миқдорларнинг қиймати Рейнольдс критериясига боғлиқ бўлиб, унинг ўзгариши билан бу коэффицентлар мос равишда ўзгариб, тажриба натижаларига асосланиб аниқланади.

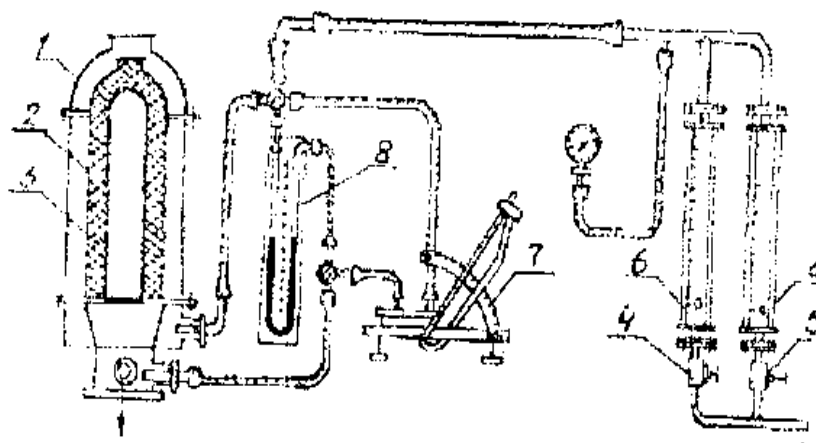
Иш бажаришдан мақсад, ўзгармас адсорбент катламидаги гидравлик қаршиликни аниқлаб,  $Eu = f(Re)$  орасидаги боғланиш графигини қуриш, тажриба натижалари асосида  $A$ ,  $c$  коэффицентлари ва даража кўрсаткичи  $n$  ҳисобланади.

Ишни бажариш тартиби

15.2 расмда лаборатория қурилмасининг схемаси кўрсатилган.



15.2 расм. Адсорбент қатламининг гидравлик қаршилигини аниқлаш лаборатория қурилмаси:



1 – адсорбер; 2 – ташқи тўр; 3 – ички тўр; 4, 5 – вентиллар; 6 – РС-7 ротаметр; 7 – ММН-240 микронометр; 8 – дифманометр.

Лаборатория қурилмаси ўзгарувчан кўндаланг кесимдаги адсорбердан иборат бўлиб, унинг ичига ташки ва ички тўр ўрнатилган. Тўрлар ораси тула ва ярим сфера қатламида активланган кўмир билан тўлдирилади. Қурилмага ҳаво юқори босимли вентилятор орқали ёки баллонга тўлдирилган сиқилган ҳаво берилади.

Ҳавонинг сарфи ротаметр кўрсаткичи буйича 4 ва 5 кран орқали созланади. Адсорбердаги босимларнинг фарқи микронометр ММН-240 ва дифманометр билан ўлчанади. Ўзгарувчан кўндаланг кесимли қатламдаги активланган кўмирнинг гидравлик қаршилиги қуйидаги тартибда ўлчанади:

1. Текширилаётган активланган кўмирнинг сочилувчан зичлиги аниқланади. Бу катталиқни ўлчаш учун маълум микдордаги активланган кўмирни тарозида тортиб цилиндрга солинади ва унинг эгаллаган ҳажмини микрометр билан ўлчанади. Катламдаги бўш ҳажм (15.1) тенглама орқали аниқланади.

2. Газ оқими билан ювилаётган ҳажм бирлигидаги қатламнинг эркин юзаси (15.1) – тенглама ёрдамидаги қатламнинг эркин юзаси (15.5) тенглама ёрдамида ҳар қандай кўндаланг кесим учун каналларнинг эквивалент диаметри (15.10) тенглама билан ҳисобланади.

3. Ҳавонинг зичлиги, ковшоқлиги температурага асосан илованинг 2 жадвалидан аниқланиб, ҳар қандай режим учун Рейнольдс критерияси ҳисобланади.

4. Адсорберга активланган кўмир солмасдан вентилятор орқали берилаётган ҳаво оқимининг сарфланиш микдорини РС-7 ротаметри ёрдамида ҳар хил ўзгартириб лаборатория қурилмасининг гидравлик қаршилигини микронометр ва дифманометр билан ўлчаймиз. Сўнгра, адсорберни активланган кўмир билан тўлдириб, вентилятор ёрдамида лаборатория қурилмасига ҳаво берилади. 4 ёки 5 кран аста-очириб, ротаметрнинг кўрсаткичи буйича ҳавонинг сарфланиш микдори аниқланади.

Тажриба давомида ҳавонинг сарфланиш микдорини ротаметрнинг кўрсаткичи буйича ошириб, лаборатория қурилмасининг гидравлик қаршилигини қуруқ адсорберда ва адсорбер кўмир билан тўлдирилган ҳолда 5-6 марта микронометр ва дифманометр билан ўлчаймиз. Тажриба натижалари ҳисоблаш жадвалига ёзилади.

#### Тажриба натижаларини ҳисоблаш

1. Ҳавонинг секундли сарфи микдорига асосан модификациялаштирилган Рейнольдс критерисини аниқлаймиз.

$$Re_m = \frac{w_x d_\psi}{\nu(1 - \Sigma)} \quad (15.15)$$

бу ерда  $w_x = w / \varepsilon$  оқимнинг хақиқий тезлиги (буш каналлардаги тезлик);  $d_e$  – каналларнинг эквивалент диаметри, м;  $\nu$  – кинематик ковушоклик, м<sup>2</sup>/с унинг қиймати илованинг 2 жадвалидан аниқланади,  $\psi$  – заррачаларнинг шакли, цилиндрсимон шаклли заррачалар учун  $\psi = 0,9$  тенг;  $\varepsilon$  – қатламнинг бўш хажми, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

2. Геометрик ўхшашлик симплекси  $\Gamma$  қуйидагидича аниқланади:

$$\Gamma = L/d_e \quad (15.16)$$

3. Ўлчанган қатламдаги босимлар фарқининг миқдори буйича Эйлер критерийси ҳисобланади:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2} \quad (15.17)$$

бу ерда  $\rho$  – ҳавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup> (иловадаги 1 жадвалдан олинади).

4. Логарифм координатларида тажриба натижалари асосида  $Eu/\Gamma = f(Re)$  орасидаги боғланиш графиги тасвирланади.

5.  $Eu/\Gamma = f(Re)$  графигидан ҳаво оқимининг ламинар ва турбулент ҳаракати режимида  $c$  коэффицентининг миқдори ва даража кўрсаткичи  $n$  аниқланади.

6. (15.12) ва (15.14) тенглама ламинар ва турбулент режимлар учун гидравлик қаршиликлар  $\Delta P_{\text{лам}}$  ва  $\Delta P_{\text{тур}}$  ҳисобланади. Тажрибадан олинган  $\Delta P_{\text{лам}}$  ва  $\Delta P_{\text{тур}}$  қийматлари ҳисобланганлари билан солиштирилади ва аниқлиги % лар ҳисобида аниқланади.

15-1 жадвал

| Тажриба | $w_x$ ,<br>м/с | $\Delta P$ ,<br>Па | $Eu = \frac{\Delta H}{\rho w_x^2}$ | $Re = \frac{w_x d_\psi}{\nu(1 - \Sigma)}$ | $\lg \frac{Eu}{\Gamma}$ | $\lg Re$ |
|---------|----------------|--------------------|------------------------------------|---|-------------------------|----------|
| 1.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 2.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 3.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 4.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 5.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 6.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 7.      |                |                    |                                    |   |                         |          |
| 8.      |                |                    |                                    |   |                         |          |

#### Текшириш учун саволлар

1. Кимёвий технология жараёнларида гидромеханик жараёнларнинг қўлланилиши.
2. Газ оқимининг донадор материаллар қатламидаги ҳаракат режими. Донадор заррача қатламининг физик геометрик характеристикалари.
3. Газ оқимининг донадор материал қатламида ламинар ва турбулент ҳаракат режимидаги қаршилик қонунлари.
4. Ўзгармас донадор материал қатламида газ оқимининг ламинар ва турбулент ҳаракат режимида гидравлик қаршиликларни умумий ҳисобланиш ҳоллари.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИК  
ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ  
КАФЕДРАСИ**

**«АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ»  
ФАНИДАН**

**МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ**

**ГУЛИСТОН – 2021**

## VI. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar.

| №  | Mustaqil ta'lim mavzulari   | Soat hajmi |
|--|---|------------|
| <b>1-qism (4-semestr). Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar</b> |   |            |
| 1  | Isitish bug'lanish, sovutish va kondensatsiyalanish. Temperatura maydoni va gradiyenti. Turli materiallar issiqlik o'tkazuvchanligi va ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientlari. | 15         |
| 2  | Isitish bug'lanish, sovutish va kondensatsiyalanish. Injektorli va turbokompressor bug'latish qurilmalari konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.                  | 15         |
| 3  | Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa o'tkazishning asosiy qonunlari. Massa almashinish jarayoni mexanizmi.  | 15         |
| 4  | Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa almashinish jarayoninig modellari.   | 15         |
| 5  | Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa almashinish jarayonin asosiy qonunlari. Kalonnali qurilma tarelkalarining konstruksiyalari.  | 15         |
| 6  | O'xshashlik nazariyasi asoslari va o'lchov birliklar taxlili. Modellashtirish prinsiplari. Modifikatsiyalashgan va hosila o'xshashlik kriteriylari.                                       | 15         |
| <b>Jami</b>  |   | <b>90</b>  |
| <b>2-qism (5-semestr). Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar</b> |   |            |
| 1  | Nyuton suyuqlik oqimi. Truba quvurlari diametrini hisoblash.  | 15         |
| 2  | Ion almashinish jarayonlari. Desorbsiya Desorberlar konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.  | 15         |
| 3  | Filtrlash jarayoni intensivlash. Listli va romli filtr konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.   | 15         |
| 4  | Gazlarni yuvib tozalash. Ko'pikli chang ushlagichlar konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.   | 15         |
| 5  | Ikki fazali oqimlar gidrodinamikasi. Diafragma nasos konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.   | 15         |
| 6  | Qurilmada suyuqlik bo'lish vaqti taqsimoti va oqimlar tuzilishi.  | 15         |
| <b>Jami</b>  |   | <b>90</b>  |

Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan referatlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

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

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИК**

**ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**КАФЕДРАСИ**

**“АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ”**

**ФАНИДАН**

**ГЛОССАРИЙ**

**ГУЛИСТОН – 2021**

## Глоссарий

1. **Термодинамик жараён** - Термодинамик системада содир бўладиган ва унинг ҳолат параметрларидан ҳеч бўлмаганда биттаси ўзгариши билан боғлиқ бўлган ҳар қандай ўзгариш.
2. **Температура**- модда таркибидаги заррачаларнинг кинетик энергиясини ўлчови.
3. **Босим**- суюқлик ва газ молекулаларининг юза бирлигига узатган таъсири кучи.
4. **Солиштирма ҳажм**- модданинг бирлик массаси эгаллаган ҳажм.
5. **Иссиқлик машинаси**- Иссиқлик энергиясини механик энергияга айлантирувчи қурилма.
6. **Термик Ф.И.К** - айланма жараёнда иш жисмга узатилган иссиқлик миқдорининг фойдали ишга тенг қисмининг узатилган тўла иссиқлик миқдorigа нисбати.
7. **Системанинг мувозанат** - тинч, турғун ҳаракатсиз ҳолати.
8. **Ички энергия**-Системанинг ичида молекула заррачаларини ҳаракати
9. **Потенциал энергия**-намоён бўлиши, фойдаланиши мумкин бўлган, аммо рўёбга чиқмаган.
10. **Иш жисм**- энергияни бир турдан бошқа турга , айлантириш жараёнида иш бажарадиган моддалар.
11. **Идеал газ**- босим ва температуралар ўзгаришида ҳам ўзгармайдиган зичлик қовушқоқликка эга бўлган газ. Реал - Чиндан ҳам бор газ, бу газнинг физик хоссалари, ҳолати ўзгаради.
12. **Абсолют нол**-Термодинамик температура шкаласининг 0 нуқтаси учун идеал газ молекуласининг тартибсиз ҳаракати гўёки тўхтайдиган температура.
13. **Иссиқлик сиғим**- модда бирлик массасини  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  га иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори.
14. **Солиштирма иссиқлик сиғими**-газларни хоссалари турлича бўлганини ҳисобга олиб, термодинамик жараёнлар келишида ҳисоблаш, ишлари аниқ бўлиши учун ишлатиладиган катталиқ
15. **Пуассон коэффиценти**-  $P=\text{const}$ ,  $V=\text{const}$  бўлгандаги иссиқлик сиғими нисбати
16. **Энтальпия** - юнончада (иситаман) деган маънони англатади. Термодинамик системани ҳолат функцияси.
17. **Энтропия** - юнончада (айланиш, ўзгариш) деган маънони англатади. У ҳам термодинамик системанинг ҳолат функциясидир.

18. **Политропик жараён**- система ёки газнинг солиштирма иссиқлик сифими  $C = \text{const}$  ўзгармас бўлган термодинамик жараён
19. **Изобарик жараён**- ўзгармас босим остида кечадиган термодинамик ходисалар мажмуи.
20. **Изохорик жараён**- ўзгармас ҳажм остида кечадиган термодинамик жараён.
21. **Изотермик жараён**- ўзгармас температурада содир бўладиган термодинамик жараён.
22. **Адиабатик жараён**- Иш моддаси ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмаган ҳолда унда кечадиган термодинамик жараён.
23. **Сопло**- конус найга, ҳаво чиқарадиган сопо.
24. **Насадка**- Бирор бир канални торайтириш учун қўйиладиган қўлланма
25. **Буғ**- иссиқлик таъсирида ҳавога емирилиб чиққан газ.
26. **Критик**- критик ҳолатдаги температура ёки критик ҳолатдаги тезлик.
27. **Тўлиқ энергия**- ички энергия, потенциал энергия ва кинетик энергиялар йиғиндиси.
28. **Оқим дифференциал тенгламаси**- системага ташқаридан иссиқлик кўринишда энергия берилса, унинг кинетик энергия, ички энергия ва энтальпияси ўзгаришини йиғиндисидан иборат.
29. **Компрессор**- босим остида ҳаво, газ ва буғларни ҳайдайдиган машина
30. **Зарарли бўшлиқ**- цилиндр қопқоғи ва поршен орасидаги бўшлиқ.
31. **Дросселлаш**- йўлида учрайдиган маҳаллий қаршилик туфайли босимини йўқотиши дросселлаш жараёни дейилади.
32. **Жараён**- иш, ҳаракат, воқеа, ходисани бориши, оқим ривож.
33. **Буғ**- иссиқлик таъсирида ҳавога ёпирилиб чиққан газ
34. **Нисбий намлик**- ҳаво абсолют намлигининг тўйиниш пайтидаги абсолют намликга нисбати.
35. **Абсолют намлик**- нам ҳавонинг ҳажм бирлиги тўғри келган сув буғларининг миқдори.
36. **Қозон**- буғ ҳосил қилиш учун хизмат қиладиган қурилма.
37. **Буғ машинаси**- буғ ҳосил қиладиган қурилма.
38. **Конденсатор**- буғни суяқ ҳолатга айлантирадиган иссиқлик алмашиш қурилмаси.
39. **Иссиқлик ўтқазиш** - жисм таркибидаги молекула ҳаракати натижасида юзага келадиган кинетик энергия, ҳарорати бир жойдан иккинчи жойга кўчирмоқ.
40. **Температура** - сув, ҳаво ҳарорати.
41. **Конвекция** - газ ёки суяқликларда микроскопик ҳажмларни аралаштириш натижасида юз берадиган иссиқликнинг ўтиши жараёнларни иссиқлик ўтқазувчанлиги.

42. **Иссиқлик нурланиши** (радиоактив) - Иссиқлик энергиясининг электромагний тўлқинлари орқали тарқалиши.
43. **Ватт**- электр қувватини ўлчов бирлиги.
44. **Конденцассия**- буғ газнинг суюқ холга айланиш жараёни.
45. **Қайнаш**- Иссиқлик таъсирида суюқлик қатламида буғ ҳосил бўлиш жараёни.
46. **Ифлосланган заррачалар**- Суюқликни қайнаш пайтида буғ пуффакчаларни иситиш юзасининг буғ ҳосил бўлиши марказларда ҳосил бўлади.
47. **Буғ пуффакчалар**- Қайнаш пайтида иситиш юзасидан ажралиб чиқаётган буғ.
48. **Ёқилғи**-асосий таркибий қисми углероддан иборат ёнувчи модда.
49. **Ёниш иссиқлиги**- иш ёқилғсининг бирлик массаси тўла ёнганда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори.
50. **Кокс**- табиий ёқилғини ва баъзи нефт маҳсулотларини кокслаш натижасида ҳосил бўлган қаттиқ қолдиқ 90-98% углеродга эга.
51. **Ёнмоқ**-аланга ҳосил қилмоқ.
52. **Агрегат**-муррақаб машиналарнинг маълум вазифасини бажарувчи мослама.
53. **Суюқлик**- Оқиб.ўзи ишғол қилиб турган идиш шаклини олиш.
54. **Газ**- зарралари кучсиз боғланган ва ўзи ишғол қилган бўшлиқни бир теккис тўлдириб туради.
55. **Қозон- маҳсус қурилма.**
56. **Ўтхона**- ёни девор билан ўралган алоҳида жой ёки ёниш жараёнинг боришини таъминлайдиган ва бошқарадиган ускуналар мажмуаси.
57. **Форсунка**- совуқ ёки чугунсимон моддани нурлаб берувчи асбоб.
58. **Рангсиз**- бирор ранга эга бўлмаган тусиз.
59. **Қозон агрегати**- ўчоқда ёқилган ёқилғидан ажралган иссиқлик хисобига босим остида иссиқ сув ва буғ ҳосил қиладиган ускуналар мажмуяси.
60. **Суриш**- сирғантириш
61. **Пуфлаш**- кучли босим билан хаво чиқариш.
62. **Чангсимон**- чанг тўзонга ўхшаш.
63. **Вентилятор**- парракли механизм.
64. **Қозон қурилма**- қозон агрегати ва ёрдамчи ускуналар.
65. **Энергетик қозон**- фақат иссиқ электр станцияларининг буғ турбиналарини буғ билан таъминлайдиган қурилмалари.
66. **Утилизатор қозон**- Печлардан чиқадиған тутун газни аралашмалари иссиқлигидан фойдаланиб ишлайдиган қурилма.
67. **Буғ турбинаси**- буғнинг иссиқлик энергияси босқичма-босқич механик энергияга айлантириб берувчи иссиқлик машинаси.
68. **Турбина**- берилаётган иш жисми буғ, газ, сувларнинг кинетик энергиясини механик ишга айлантириб берадиган бирламчи двигател.
69. **Диск** - механизмнинг думалоқ қисми.



- 70.Газ турбина-юқори босим ва температура ёниш махсули энергиясини куркалар ёрдамида ротор валининг механик энергиясига айлантирувчи иссиқлик машинаси.**
- 71.Электр станциялари- органик ёқилғи ёнганда ажраладиган иссиқлик энергиясини ўзгартириш натижасини иссиқлик ва электр ишлаб чиқариши иншоати.**
- 72.Электр-зарядланган зарра, ток.**
- 73.ГРЭС- давлат район электро станцияси.**
- 74.ИЭС- иссиқлик электр станцияси.**
- 75.КЭС - конденсацияли электр станцияси.**
- 76.ИЭМ - иссиқлик маркази.**
- 77.МГД– магнит гидродинамик генератор.**

# ***ИЛОВАЛАР***

# Namunaviy Fan dasturi

# Ishchi oquv dasturi

## FAN BO'YICHA ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI.

### Oraliq nazorat bilet № 1

1. Кириш. «Кимё технология жараён ва қурилмалари» фанининг асосий вазифаси.
2. Чангларни ювиб тозалаш.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 0.54$   $t^{\circ} = 20$

### Oraliq nazorat bilet № 2

1. Жараёнлар турлари, қонунлари, ҳаракатга келтирувчи кучи.
2. Инерцион ажратгичлар.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда. Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 0.9$   $t^{\circ} = 25$

### Oraliq nazorat bilet №3

1. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.
2. Газсимон турли жинсли системаларни ажратиш.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 1.8$   $t^{\circ} = 35$

### Oraliq nazorat bilet № 4

1. Гидродинамика.
2. Газсимон турли жинсли системаларни ажратиш.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 3,6$   $t^{\circ} = 40$

### Oraliq nazorat bilet № 5

1. Суюқлик ҳаракати режимлари.
2. Центрифуга конструкциялари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 1.44$   $t^{\circ} = 45$

### Oraliq nazorat bilet №6

- 1.Сууюқликнинг массавий ва хажмий сарфи ва тезлиги.
- 2.Жараёни ифодаловчи параметрлар.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган N сууюқлик окиб ўтмоқда . Сууюқликнинг оким режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 1.08$   $t^0 = 50$

### Oraliq nazorat bilet № 7

- 1.Эйлер дифференциал тенгламаси.
- 2.Фильтрлаш турлари, тезлиги ва тенгламаси.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган N сууюқлик окиб ўтмоқда . Сууюқликнинг оким режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 0.36$   $t^0 = 60$

### Oraliq nazorat bilet № 8

- 1.Бернулли тенгламасининг қўлланилиши.
- 2.Чўктириш жараёни ва қурилмаларининг конструкциялари.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган N сууюқлик окиб ўтмоқда . Сууюқликнинг оким режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 0.72$   $t^0 = 50$

### Oraliq nazorat bilet №9

- 1.Дроссел асбоблар.
- 2.Ажратиш усуллари.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган N сууюқлик окиб ўтмоқда . Сууюқликнинг оким режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G = 0.72$   $t^0 = 55$

### Oraliq nazorat bilet № 10

- 1.Гидромеханик ўхшашлик критерийлари.
- 2.Аралаштириш усуллари, конструкциялари.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган N сууюқлик окиб ўтмоқда . Сууюқликнинг оким режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0,54$   $t^0 =25$

### Oraliq nazorat bilet № 11

- 1.Сууюқликда қаттиқ жисм ҳаракати.
- 2.Стефан-Больтсман қонуни.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган

N суюқлик окиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.54$   $t^0 =30$

### Oraliq nazorat bilet №12

1. Ҳаракат режимлари.
2. Кирхгоф қонуни.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$  С булган N суюқлик окиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.54$   $t^0 = 35$

### Oraliq nazorat bilet № 13

1. Чўкиш тезлигининг шакл омили.
2. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$  С булган N суюқлик окиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.54$   $t^0 =40$

### Oraliq nazorat bilet № 14

1. Мавҳум қайнаш қатлам гидродинамикаси.
2. Чангларни ювиб тозалаш.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$  С N суюқлик окиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G= 0,36$   $t^0 = 20$

### Oraliq nazorat bilet №15

1. Суюқликнинг асосий хоссалари.
2. Ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик турлари, коэффицентлари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$  С булган N суюқлик окиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G= 0.36$   $t^0 =25$

### Oraliq nazorat bilet № 16

1. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва авфзаллиги ва камчиликлари
2. Эйлер дифференциал тенгламаси.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$  С булган

№ суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.36$   $t^0 =45$

Fan o'qituvchisi: T.J.Pirimov

Kafedra mudiri: X.T.Mo'minov

### Oraliq nazorat bilet № 17

1. Пропорционаллик қонуни.
2. Электрофильтрлар конструкциялари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган № суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.36$   $t^0 =50$

### Oraliq nazorat bilet №18

1. Бошқа турдаги насослар.
2. Бернулли тенгламасининг қўлланилиши.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган № суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.9$   $t^0 =25$

### Oraliq nazorat bilet № 19

1. Марказдан қочма куч таъсирида турли жинсли системаларни ажратиш.
2. Аралаштириш усуллари, конструкциялари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган № суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=0.72$   $t^0 =30$

### Oraliq nazorat bilet № 20

1. Гидродинамика
2. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва авфзаллиги ва камчиликлари
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0$ С булган № суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=1.44$   $t^0 =40$

### Oraliq nazorat bilet №21

1. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси



2. Суюқликнинг асосий хоссалари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=1.44$   $t^{\circ}=60$

### Oraliq nazorat bilet № 22

1. Бернулли тенгламасининг қўлланилиши..
2. Ўхшашлик назариясининг асослари.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=3.6$   $t^{\circ}=20$

### Oraliq nazorat bilet № 23

1. Насослар ва уларнинг турлари
2. Мавҳум қайнаш қатлам гидродинамикаси.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=3.6$   $t^{\circ}=50$

### Oraliq nazorat bilet №24

1. Иссиқлик баланси.
2. Эйлер дифференциал тенгламаси.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=2.7$   $t^{\circ}=35$

### Oraliq nazorat bilet № 25

1. Суюқлик ҳаракати режимлари.
2. Дроссел асбоблар.
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^{\circ}\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=2.7$   $t^{\circ}=55$

### Oraliq nazorat bilet № 26

- 1.Филтрлаш.
- 2.Поршенли насос конструкцияси.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=3.42$   $t^0 = 35$

### Oraliq nazorat bilet №27

- 1.Чангларни ювиб тозалаш
2. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва авфзаллиги ва камчиликлари
3. Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=3.42$   $t^0 = 40$

### Oraliq nazorat bilet № 28

- 1.Марказдан қочма куч таъсирида ажратиш.
- 2.Бошқа турдаги насослар.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=3.42$   $t^0 = 55$

### Oraliq nazorat bilet № 29

- 1.Газсимон турли жинсли системаларни ажратиш.
- 2.Насослар ва уларнинг турлари
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=1.62$   $t^0 = 25$

### Oraliq nazorat bilet №30

- 1.Центрифуга конструкциялари.
- 2.Суюқликнинг асосий хоссалари.
- 3.Диаметри 38\*3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температура  $t^0\text{C}$  булган N суюқлик оқиб ўтмоқда . Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлиги аниқланг .  $G=1.62$   $t^0 = 30$

## ФАН БЎЙИЧА ТЕСТ САВОЛЛАРИ

1. Механика конунларига буйсинадиган суюклик окимларининг харакати билан боглик газ, буг ва суюклик узатиш, аралашмаларни ажра-тиш жараёнлари, чунон-чи чуқтириш, фильтр-лаш, центрифугалаш каби жараёнлар куйида келтирилган кайси асо-сий жараёнларга тури келади...?  
А. Гидромеханик\*  
Б. Кимёвий  
С. Иссиклик алмашиниш  
Д. Модда алмашиниш
2. Абсолют сикилмайдиган ва ички каршиликка эга булмаган суюкликка кандай суюклик дейила-ди...?  
А. Томчили  
Б. Нормал  
С. Идеал\*  
Д. ута ковушок
3. Маълум, бир меъёрда сиъиладиган ва ковушоклик хусусиятига эга булган суюкликка кандай суюклик дейила-ди...?  
А. Хакикий\*  
Б. Томчили  
С. Нормал  
Д. Идеал
4. Бирлик хажмдаги суюклик массасига нима дейилади...?  
А. Зичлик\*  
Б. Нисбий зичлик  
С. Солиштирма хажм  
Д. Солиштирма огирлик
5. Модда зичлигининг сув зичлигига нисбати нима дейилади...?  
А. Нисбий зичлик\*  
Б. Солиштирма хажм

- С. Солиштирма огирлик
- Д. Зичлик
6. Бирлик хажмда модда огирлиги нима деб номланади...?
- А. Зичлик
- Б. Нисбий зичлик
- С. Солиштирма хажм
- Д. Солиштирма огирлик\*
7. Жисм бирлик массасига тугри келган хажмда ёки зичликка тескари булган катталиқка нима дейилади...?
- А. Солиштирма огирлик
- Б. Зичлик
- С. Нисбий зичлик
- Д. Солиштирма хажм\*
8. Суюкликнинг оқим харакатига каршилиқ килиш хусусияти нима деб номланади...?
- А. Кинематик ковушоклик
- Б. Зичлик
- С. Динамик ковушоклик\*
- Д. Босим
9. Суюклик ковушоклигининг унинг зичлиги нисбатига нима дейилади...?
- А. Динамик ковушоклик
- Б. Кинематик ковушоклик\*
- С. Босим
- Д. Зичлик
10. Зичликнинг СИ Халқаро улчов системасига мос улчов бирлик-ларини аниқлаб беринг.
- А.  $\text{Н/м}^3$
- Б.  $\text{кг/м}^3$ \*
- С.  $\text{Н/м}^2$

Д. кгс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>

11. Солиштирма огирликнинг СИ Халқаро улчов система-сига мос улчов бирликларини аниқлаб беринг.

А. кгс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>

Б. Н/м<sup>3</sup>\*

С. кг/м<sup>3</sup>

Д. Н/м<sup>2</sup>

12. Босимнинг СИ Халқаро улчов системасига мос улчов бирлик-ларини аниқлаб беринг.

А. Н/м<sup>2</sup>\*

Б. кгс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>

С. Н/м<sup>3</sup>

Д. кг/м<sup>3</sup>

13. Динамик ковшокликга мос формулаларни аниқланг.

А.  $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$ ; \* Б.  $\frac{\mu}{\rho}$ ; С.  $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$  Д.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

14. Кинематик ковшоклик-га мос формулаларни аниқланг.

А.  $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$ ; Б.  $\frac{\mu}{\rho}$ ; \* С.  $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$  Д.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

15. Гидростатик босимга мос формулаларни аниқланг.

А.  $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$ ; Б.  $\frac{\mu}{\rho}$ ; С.  $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$ ; \* Д.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

16. Суюкликнинг идиш деворига ва тубига берадиган босим кучига мос формулаларни аниқланг.

А.  $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$ ; Б.  $\frac{\mu}{\rho}$ ; С.  $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$  Д.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$  \*

17. Эйлернинг суюклик мувозанат дифференциал тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

А.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g}$  Б.  $-\frac{\partial P}{\partial X} = 0$ ;  $-\frac{\partial P}{\partial Y} = 0$ ;  $-\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0$ ; \*

С.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

Д.  $P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$

18. Гидростатиканинг асосий тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

А.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g} *$     Б.  $-\frac{\partial P}{\partial X} = 0; -\frac{\partial P}{\partial Y} = 0; -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0;$

С.  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$     Д.  $P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$

19. Паскаль конунига мос тенгламаларни аниқланг

А.)  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g}$

Б.)  $-\frac{\partial P}{\partial X} = 0; -\frac{\partial P}{\partial Y} = 0; -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0;$

С.)  $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

Д.)  $P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h *$

20. Вақт бирлиги ичида, кундаланг кесим орқали оқиб утадиган суюқлик микдори-га нима дейилади...?

А. Сарф\*

Б. тезлик

С. Хажмий сарф

Д. Массавий сарф

21. Суюқлик хажмий сарфининг кундаланг кесим юзага нисбатига нима дейилади...?

А. Массавий сарф

Б. Хажмий сарф

С. Тезлик \*

Д. Сарф

22. Суюқликнинг хажмий сарфи қайси формула билан аниқланади.?

А.  $w \cdot F *$

Б.  $w \cdot F \cdot \rho$

С.  $F/\Pi$

Д.  $V/\Pi$

23. Суюқликнинг массавий сарфи қайси формула билан топилади.?

А.  $w \cdot F$

Б.  $V/\Pi$

С.  $w \cdot F \cdot \rho^*$

Д.  $F/\Pi$

24. Труба ёки канал кўндаланг кесими-нинг хулланган периметри нисбатига нима дейилади...?

А. Диаметр

Б. Сарф

С. Эквивалент диаметр\*

Д. Гидравлик радиус

25. Агар суюклик заррачалари оким тезлиги ва куйидаги катталиклар микдори ( $\rho$ ,  $t$ ,  $P$ ) вақт утиши билан узгармаса, бу суюкликнинг оким харакати кандай оким деб аталади...?

А. тургун\*

Б. турбулент

С. ламинар

Д. нотургун

26. Суюклик окимига таъсир этувчи катталиклар вақт утиши билан узгарса, суюкликнинг окими кандай номланади...?

А. нотургун\*

Б. тургун

С. турбулент

Д. ламинар

27. Суюклик заррачаларининг харакати бир-бирига параллел харат килса нима деб номланади...?

А. тургун

Б. ламинар\*

С. турбулент

Д. утиш

28. Суюклик заррачалари бетартиб харакат килиб, заррачалар арилиш, хаотик харакат килса, у холда харакат нима деб номланади...?
- А. ламинар
  - Б. тургун
  - С. утиш
  - Д. турбулент\*
29. Суюкликнинг секундлик хажмий сарфи -  $V_c$
- А.  $4F/\Pi$ ;
  - Б.  $F/\Pi$ ;
  - С.  $w \cdot F$  ;\*
  - Д.  $w \cdot F \cdot \rho$ ;
30. Суюкликнинг массавий сарфи -  $M$
- А.  $w \cdot F \cdot \rho$  ;\*
  - Б.  $4F/\Pi$ ;
  - С.  $F/\Pi$ ;
  - Д.  $w \cdot F$ ;
31. Эквивалент диаметр -  $d_e$
- А.  $F/\Pi$ ;
  - Б.  $w \cdot F$ ;
  - С.  $w \cdot F \cdot \rho$ ;
  - Д.  $4F/\Pi$  ;\*
32. Ламинар режим харакатида уртача тезликка мос формулаларни аниқланг.
- А.  $(0,8-0,9) \cdot w_{\max}$ ;
  - Б.  $0,5w_{\max}$  ;\*
  - С.  $M/F$  ;
  - Д.  $0,3 \cdot w_{\max}$



33. Турбулент режим харакатида уртача тезликка мос формулаларни аниқланг

А.  $0,3 \cdot w_{\max}$

Б.  $(0,8-0,9) \cdot w_{\max}; *$

С.  $0,5w_{\max};$

Д.  $M/F ;$

34. Оқим узлуксизлик тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

А.  $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3 *$

Б.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$

С.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$

Д.  $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.$

35. Эйлернинг харакат тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

А.  $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$

Б.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$

С.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$

Д.  $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.*$

36. Идеал суюклик учун Бернулли тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

А.  $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$

Б.  $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} *$

$$C. z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$$

$$D. p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.$$

37. Реал суюклик учун Бернулли тенгламасига мос тенгламаларни аниқланг

$$A. w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$$

$$B. z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$$

$$C. z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n^*$$

$$D. p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.$$

38. Куйидаги катталиқлар  $z$  кандай сиљим (напор) ва энергияни билдиради?

А. Статик

Б. Геометрик \*

С. Динамик

Д. Потенциал

39. Куйидаги катталиқлар  $\frac{P}{\rho \cdot g}$  кандай сиљим (напор) ва энергияни билдиради?

А. Потенциал

Б. Статик\*

С. Геометрик

Д. Динамик

40. Куйидаги катталиқлар  $\frac{w^2}{2g}$  кандай сиљим (напор) ва энергияни билдиради?

А. Динамик \*

Б. Потенциал

С. Статик

Д. Геометрик

41. Куйидаги катталиқлар  $z + \frac{P}{\rho \cdot g}$  кандай сиљим (напор) ва энергияни

билдиради?

А. Потенциал \*

Б. Динамик

С. Геометрик

Д. Статик

42. Суюқлик сарфи ва тезлигини улчовчи асбобларни номини айтиб беринг.

А. Манометр

Б. Пито-Прандил найчаси\*

С. Термометр

Д. Визкозиметр

43. Махаллий каршилиқ учун йнълотилган сиљим (напор)

А.  $\sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

Б.  $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

С.  $\sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$  \*

Д.  $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$

44. Ишкаланиш учун йукотилган сиљим (напор)

А.  $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

Б.  $\sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

$$\text{C. } \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$\text{Д. } \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} *$$

45. Ишқаланиш учун йукотилган босим

$$\text{А. } \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} *$$

$$\text{Б. } \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

$$\text{С. } \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$\text{Д. } \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

46. Махаллий каршилик учун йукотилган босим

$$\text{А. } \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

$$\text{Б. } \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} *$$

$$\text{С. } \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$\text{Д. } \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

47. Ламинар режим учун ишқаланиш коэффициентини

$$\text{А. } \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}$$

$$\text{Б. } \frac{64}{\text{Re}} *$$

$$\text{С. } \frac{A}{\text{Re}}$$

$$\text{Д. } \left[ \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right] \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

48. Турбулент режим учун ишқаланиш коэффициентини

А.  $\frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} *$

Б.  $\frac{64}{\text{Re}}$

С.  $\frac{A}{\text{Re}}$

Д.  $\left[ \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right] \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

49. Ухшаш булган катта-ликлар нисбати узгармас булса, бундай ходисалар нима деб номланади...?

А. ухшаш\* Б. Инвариант С. Баробар Д. Мос тушадиган

50. Ухшашлик критерийси **Re** мос формулани топинг

А.  $\frac{w \cdot \tau}{l}$  - ишкालаниш кучини суюк-лик харака-тига таъсири-ни хисобга

олади

Б.  $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$  - ишкालаниш кучини суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди\*

С.  $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$  - босим узгаришининг суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди

Д.  $\frac{w^2}{g \cdot l}$  - огирлик кучини суюклик харакатига таъсирини ифодалайди

51. Ухшашлик критерийси **Fr** мос формулани топинг

А.  $\frac{w \cdot \tau}{l}$  - ишкालаниш кучини суюк-лик харака-тига таъсири-ни хисобга

олади

Б.  $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$  - ишкालаниш кучини суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди

С.  $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$  - босим узгаришининг суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди

Д.  $\frac{w^2}{g \cdot l}$  - огирлик кучини суюклик харакатига таъсирини ифодалайди\*

52. Ухшашлик критерийси **Eu** мос формулани топинг

А.  $\frac{w \cdot \tau}{l}$  - ишкаланиш кучини суюк-лик харака-тига таъсири-ни хисобга

олади

Б.  $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$  - ишкаланиш кучини суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди

С.  $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$  - босим узгаришининг суюклик харакатига таъсирини

ифодалайди\*

Д.  $\frac{w^2}{g \cdot l}$  - огирлик кучини суюклик харакатига таъсирини ифодалайди

53. Тажриба пайтида кандай катталикларни њлчаш керак деган саволга кайси теорема жавоб беради...?

А. Ньютоннинг њхшашлик 1-теоремаси\*

Б. Бекингем, Федермен ва Афанасьева-Эренфестларнинг њхшашлик 2-теоремаси

С. Кирпичев ва Гухманнинг њхшашлик 3-теоремаси

Д. Фурьенинг конуни

54. Ходисалар њхшаш бњлиши учун, кандай шароитлар етарли ва зарур деган саволга кайси теорема жавоб беради...?

А. Ньютоннинг њхшашлик 1-теоремаси

Б. Бекингем, Федермен ва Афанасьева-Эренфестларнинг ухшашлик 2-теоремаси

С. Кирпичев ва Гухманнинг њхшашлик 3-теоремаси\*

Д. Фурьенинг конуни

55. Тажриба натижаларини кандай кайта ишлаш керак деган саволга кайси теорема жавоб беради...?

А. Ньютоннинг ухшашлик 1-теоремаси

Б Бекингем, Федермен ва Афанасьева-Эренфестларнинг ухшашлик 2-теоремаси\*.

С.Кирпичев ва Гухманнинг ухшашлик 3-теоремаси

Д. Фурьенинг конуни

56. Ламинар режимда заррачанинг чуқиш тезлиги (Стокс конуни) қайси формуладан аникланади...?

А  $w = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_T - \rho)}{18 \cdot \mu}$  \*      Б.  $w = 5,6 \cdot \sqrt{\frac{d \cdot (\rho_T - \rho)}{\rho}}$

С.  $w = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_T - \rho)}{3 \cdot r \cdot \rho}}$       Д.  $w = \frac{gd(\rho_m - \rho)}{M}$

57. Агарда катлам заррачалари бир хил улчамли бўлса, бундай катлам нима деб аталади...?

А Полидисперс    Б Бир турли\*.    С. Майда дисперс    Д. Йирик дисперс

58. Катлам банд қилган ҳажмдаги материал заррачаларининг юзаси нима деб аталади...?

А Буш ҳажм    Б. Мавхум тезлик

С. Эквивалент диаметр      Д. Солиштирма юза\*

59. Донасимон материаллар орасидаги бушлик ҳажмининг катлам ҳажмига нисбати нима деб аталади...?

А Эквивалент диаметр    Б. Буш ҳажм\*

С. Солиштирма юза.      Д. Мавхум тезлик

60. Суюқлик ҳажмий сарфини катлам кундаланг кесими юзасига нисбати нима деб аталади...?

А Мавхум тезлик\*    Б. Солиштирма юза

С. Буш ҳажм      Д. Эквивалент диаметр

61. Катлам каттик заррачаларининг оқимда турли йуналишларда интенсив ҳаракат-ланиши ва катлам-нинг худди қайнаёт-гандек бўлиб қурини-ши нима деб аталади.?

А Қайнаш Б. Мавхум қайнаш\*

С Пневмотранс-порт.      Д. Бир жинсли

62. Каттик заррачалар-нинг газ оқими билан ёппасига, биргаликда қурилмадан чиқиб кетиш ходисаси нима деб номланади...?

А Пневмотранс-порт\*    Б. Бир жинсли

С Мавхум кайнаш. Д.Кайнаш

63. Катлам огир-лиги ва гидрав-лик каршилиқ кучлари тенг булганда, кайси ходиса руй беради...?

А Фонтансимон кайнаш катлами Б. Чиқиб кетиш

С. Мавхум кайнаш\* Д. Бир жинсли Катлам

64. Катламнинг узгармас холатдан мавхум кайнаш холатига утишига тугри келадиган газ ёки суюқликнинг тезлиги нима деб аталади...?

А Чиқиб кетиш тезлиги Б. Мавхум кайнаш тезлиги\*

С. Мавхум кайнаш сони Д. Мавхум тезлик

65. Каттик мате-риал доначаларининг газ оқими билан чиқиб кетиш холатига тугри келадиган тезлик нима деб номланади.?

А Чиқиб кетиш тезлиги\* Б. Мавхум кайнаш тезлиги

С Мавхум кайнаш сони. Д. Мавхум тезлик

66. Ишчи тезлиги-нинг мавхум кайнаш бошла-ниш тезлигига нисбати нима деб аталади...?

А Чиқиб кетиш тезлиги Б. Мавхум кайнаш тезлиги

С. Мавхум кайнаш сони\* Д. Мавхум тезлик

67. Мавхум кайнаш тезлиги

$$А \text{ Re} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} * \quad Б. \text{ Re} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad С. K_w = \frac{W_{II}}{W_{MK}} \quad Д. \varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3}$$

68. Чиқиб кетиш тезлиги

$$А \text{ Re} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad Б. \text{ Re} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} * \quad С. K_w = \frac{W_{II}}{W_{MK}} \quad Д. \varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3}$$

69. Ишчи тезлик А  $\text{Re} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$  Б.  $\text{Re} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}}$  С.

$$K_w = \frac{W_{II}}{W_{MK}} * \quad Д. \varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3}$$

70. Электр двигателнинг меха-ник энергиясини узатиш энер-гиясига айлантиради-ган ва суюқликнинг босимини оши-радиган гидрав-лик машиналар қандай номла-нади...?

А Насос\* Б. Гидравлик пресс

С Компрессор. Д. Вентилятор



71. Насоснинг ички гилдираги айланиши натижасида, марказдан кочма куч ёрда-мида суюкликнинг босими-ни оширадиган насослар қандай номланади...?

А Поршенли      Б. Парракли\*

С.Пластинали д. Шестерняли

72.Суюклик босимини берк ораликдан сиқиб чиқаради-ган машина қандай номланади...?

А Поршенли \*                      Б Парракли

С. Пластиналид. Шестерняли

73.Кам микдорда ва юкори босимда (50-1000 атм) қандай насослар ишлатилади...?

А Поршенли \*                      Б. Парракли

С.Пластинали                      д. Шестерняли

74.Насоснинг тулик сизими (напори)

А  $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_i$  \*      Б.  $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q$       С.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{oe}}$                       Д.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n}$

75.Фойдали қувват

А  $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_i$       Б.  $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q$       С.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{oe}}$                       Д.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n}$  \*

76.Уқдаги қувват

А  $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_i$       Б.  $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q$  \*      С.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{oe}}$                       Д.  $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_n}$

77.Газларни сиқиш ва узатиш учун мулжалланган маши-налар нима деб аталади...?

А Компрессор\*                      Б. Вентилятор

С. Насос                      Д. Гидростатик машина

78.Сиқилган газ босим  $P_2$  нинг сиқилмаган газ босими  $P_1$  га нисбати нима деб аталади...?

А Фойдали иш коэффициенти

Б. Хажмий коэффициенти

С. Сўриш баландлиги

Д. Сиқиш даражаси\*

79.  $P_2/P_1 < 1,1$  булганда, куп микдордаги газларни узатиш учун кандай машиналар ишлатилади...?  
 А Компрессор      Б. Вакуум насос  
 С Газодувка      Д. Вентилятор\*
80.  $P_2/P_1 < 3$  нисбатан юкори босимда газларни узатиш учун кандай машиналар ишлатилади...?  
 А Компрессор      Б. Вакуум насос  
 С Газодувка \*.      Д. Вентилятор
81.  $P_2/P_1 > 3$  булганда, юкори босим хосил килиш учун кандай машиналар ишлатилади...?  
 А Компрессор\* Б. Вакуум насос  
 С Газодувка.      Д. Вентилятор
82. Босими атмосфера босими-дан паст булган газларни суриш учун кандай машиналар ишлатилади...?  
 А Компрессор      Б. Вакуум насос\*  
 С Газодувка.      Д. Вентилятор
83. Агар газларни сиқиш пайтида хамма иссиқлик ажралиб олинса газ ва жараённинг температураси узгармас булса, бу кандай жараён...?  
 А Изотермик\*      Б. Адиабатик  
 С Политропик.      Д. Нормал
84. Агар газларни сиқиш пайтида газ билан атроф мухид орасида иссиқлик алмашмаса ва хамма ажралиб чиқаётган иссиқлик газнинг ички энергиясини оширса сарф булса бу кандай жараён...?  
 А Изотермик      Б Адиабатик\*  
 С Политропик.      Д. Нормал
85. Агар газларни сиқиш давомида ажралиб чиқаётган иссиқликнинг бир қисми атроф мухитга кетса ва унинг хажми, босими ва температураси ўзгарса бундай жараён қандай номланади...?  
 А Изотермик      Б. Адиабатик  
 С Политропик\*.      Д. Нормал
86. уз таркибида газ пуфакчалари тутган суюқ системалар нима аталади...?  
 А Суспензия      Б. Купик\*      С Чанг.      Д. Эмульсия

87. Суюк ва каттик модда заррачаларидан ташкил топган системалар нима деб аталади...?  
 А Суспензия \* Б. Купик. С Чанг Д. Эмульсия
88. Икки хил узаро аралашмайдиган суюкликлардан иборат булиб, бунда биринчи суюкликнинг ичида иккинчи суюкликнинг томчилари таркатилган система нима деб аталади...?  
 А Суспензия Б. Купик С Чанг. Д. Эмульсия\*
89. Газ фаза ва майда каттик заррачалардан ташкил топган системалар нима деб аталади...?  
 А Суспензия Б. Купик С Чанг\*. Д. Эмульсия
90. Чуктиришкандай куч ёрда-мида ушбу усуллар амалга оширилади?  
 А Босимлар фарки Б Марказдан кочма куч  
 С Электростатик куч Д. Огирлик кучи\*
91. Филтрлашкандай куч ёрдамида ушбу усуллар амалга оширилади?  
 А Босимлар фарки\* Б Марказдан кочма куч  
 С Электростатик куч. Д. Огирлик кучи
92. Центрифугалашкандай куч ёрдамида ушбу усуллар амалга оширилади?  
 А Босимлар фарки Б. Марказдан кочма куч\*  
 С Электростатик куч. Д. Огирлик кучи
93. Ажратиш коэффициенти кайси формула ёрдамида аникланади...?  
 А  $\frac{2 \cdot \Pi \cdot n}{60}$  Б.  $\frac{w^2}{g \cdot r}$  \* С.  $\frac{m \cdot w^2}{r}$  Д.  $\frac{G \cdot r \cdot n^2}{90}$
94. Модификациялашган Рейнольдс критериясига кайси формула мос келади  
 А  $\frac{w^2}{g \cdot l}$  Б.  $\frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu}$  \* С.  $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$  Д.  $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$
95. Бир-бирига тегиб турган кичик заррачаларнинг тар-тибсиз харакати натижасида юз берадиган иссиқликни утиш жараёни нима дейилади...?  
 А конвекция  
 Б. Иссиқликни-нг нурлани-ши  
 С. иссиқлик утказувчан-лик\*  
 Д. иссиқлик утиши



А.  $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$  Б.  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$  \* С.  $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_\delta - t_c)$  Д.  $E_0 = K_0 \cdot T^4$

104. Ньютон конуни кайси иссиқлик утказиш ва қандай формула ёрдамида аниқланади...?

А.  $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$  Б.  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$  С.  $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_\delta - t_c)$  \* Д.  $E_0 = K_0 \cdot T^4$

105. Стефан-Больцман конуни кайси иссиқлик утказиш ва қандай формула ёрдамида аниқланади...?

А.  $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$  Б.  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$  С.  $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_\delta - t_c)$  Д.  $E_0 = K_0 \cdot T^4$  \*

106. Кирхгоф конуни кайси иссиқлик утказиш ва қандай формула ёрдамида аниқланади?

А.  $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$  \* Б.  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$  С.  $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_\delta - t_c)$  Д.  $E_0 = K_0 \cdot T^4$

107. Суюқлик ва девор орасида иссиқлик алма-шиниш жараёнида кайси коэффициент ҳисобга олинади...?

А. нурланиш коэффициенти

Б иссиқлик ўтказувчанлик

С. иссиқлик бериш коэффициенти

\*Д. иссиқлик утказиш коэффициенти

108. Иссиқлик бериш коэффициенти кайси катталиқларга боғлиқ...?

А.  $w$  Б.  $\rho$  С.  $\mu$  Д. ҳамма\*

109. Девор ва оқим чегарасидаги иссиқликнинг утиш тезлигини кайси мезон ифодалайди ва қандай тенглама орқали топилади?

А. Грасгофф Б. Фурье С. Нуссельт\* Д. Прандтл

110. Нотургун жараёнлар ухшашлигининг зарур шarti булиб кайси критерийлар тенг булиши керак ва у кайси формула орқали топилади...?

А. Грасгофф Б. Фурье\* С. Нуссельт Д. Прандтл

111. Температураси юқори бўлган муҳитдан температураси паст булган муҳитга вақт бирлиги ичида ажратувчи деворнинг  $1 \text{ м}^2$  юзасидан муҳитлар температуралари фарқи  $1 \text{ }^\circ\text{С}$  булганда утказилган иссиқлик миқдори нима деб аталади ва кайси тенглама орқали аниқланади...?

А. иссиқлик бериш коэффициенти

Б. иссиқлик утказувчан-лик коэффициентлари

С. иссиқлик утказиш коэффициентлари\*

Д. нурланиш коэффициентлари

112. СИ системасида иссиқлик утказувчанлик коэффициентлари бирлиги...?

А.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$     Б.  $\frac{Вт}{м \cdot К}$  \*    С.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot К^4}$     Д.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot соат \cdot град}$

113. СИ системасида иссиқлик бе-риш коэффициентлари бирлиги...?

А.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  \*    Б.  $\frac{Вт}{м \cdot К}$     С.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot К^4}$     Д.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot соат \cdot град}$

114. СИ системасида иссиқлик ўт-казиш коэффициентлари бирлиги.?

А.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  \*    Б.  $\frac{Вт}{м \cdot К}$     С.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot К^4}$     Д.  $\frac{ккал}{м^2 \cdot соат \cdot град}$

115. Иссиқлик утиш жараёнида қайси катталиқ жараёни харақатлантирувчи кучи деб ҳисобланади ва қандай тенглама орқали аниқланади...?

А. босимлар фарқи

Б. температуралар уртача фарқи\*

С. Концентра-циялар фарқи

Д. температуралар фарқи

116. Иссиқлик утказиш жараёнида харақатга келтирувчи куч қайси формуладан бошланади...?

А.  $\frac{\Delta t_e - \Delta t_m}{2}$     Б.  $\frac{\Delta t_{ка} - \Delta t_{ку}}{2,3 \cdot \lg \Delta t_{ка} / \Delta t_{ку}}$  \*    С.  $t_o - t_c$     Д.  $(\Delta t_{yp})_{б\ddot{y}г} \cdot f$

117. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларида муҳитларни қайси йўналиши афзалроқ...?

А. аралаш йўналиш    Б. параллел, қарама-қарши йўналиш\*

С. параллел, бир томонлама йўналиш    Д. ўзаро кесишган йўналиш

118. Иссиқлик ташувчи агентларнинг температуралар фарқи катта бўлганда, қайси кожух-трубади иссиқлик алмашиниш қурилмаси қууланлади...?

А. бир йўлли

Б харақатчан калпокчали

С. линза компенсаторли \*

Д. куп йўлли

119. кайсиусул трубаларни труба турларида жойлаштириш учун энг кулай деб хисобланади...?
- А. тугри олтибурчак кирралари буйлаб\*      Б. квадрат томонлари буйлаб
- С. концентрик айланалар буйлаб      Д. Саккиз бурчак кирралари буйлаб
120. Трубаларни труба турларига махкамлашда кайси усул купрок ишлатилади...?
- А. пайвандлаш      Б. кавшарлаш
- С. сальник ёрдамида бириктириш      Д. развальцовка\*

## TALABA BILIMINI BAHOLASH

Talaba bilimini baholash kredit-modul tizimiga muvofiq ishlab chiqilgan nizom asosida amalga oshiriladi.

| Nazorat turi      | 1-OB     | 2-OB     | YaB         |
|-------------------|----------|----------|-------------|
| O'tkazilish vaqti | 8- hafta | 16-hafta | 17-18 hafta |
| Nazorat shakli    | Yozma*   | Yozma*   | Yozma       |

**Oraliq baholash:** fanning ma'ruza qismiga tegishli teng yarmi o'tib bo'lingandan so'ng so'ng OB olinadi. Bunda o'tilgan mavzularga doir 3 ta nazariy yozma savollari varianti tarqatiladi. Oldindan tuzilgan 3 ta yozma variantlarini to'la echgan talabaga xar bir to'g'ri javob uchun maksimal 5 baho beriladi.

**Yakuniy baholash** o'tilgan barcha mavzular bo'yicha tuzilgan variantlari asosida o'tkaziladi. Bunda xar bir talabaga semestr davomida o'tilgan mavzular bo'yicha 3 ta nazariy va 1 tadan laboratoriya ishi bo'yicha og'zaki savol variantlari tarqatiladi. Talaba og'zaki javobning xar biridan maksimal 5 baho to'plash imkoniyatiga ega. Umumiy baxo o'rtacha arifmetika asosida chiqariladi.

*\*Izoh. Nazoratlardagi har bir savol va topshiriqlar quyidagi baholash mezonlari bo'yicha baholanadi.*

### Talabalar bilimini baholash mezonlari

a) **“5” (a'lo)** baho uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Hulosa va qaror qabul qilish;
- Ijodiy fikrlay olish;
- Mustaqil mushohada yurita olish;
- Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish;
- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo'lish;

b) **“4” (yaxshi)** baho uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Mustaqil mushohada yurita olish;
- Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish;
- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo'lish;

v) **“3” (qoniqarli)** baho uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo'lish;



g) talabanning bilim darajasi

g) “2” (**qoniqarsiz**) deb quyidagi hollarda baholanadi:

- Aniq tasavvurga ega bo’lmaslik;
- Javoblarda xatoliklarga yo’l qo’yilganlik;
- Bilmaslik.

## **Asosiy va qo'shimcha axborot manbalari**

### **Asosiy adabiyotlar**

1. Charles E. Thomas Process technology equipment end sustems, 4<sup>th</sup> yedition, Cengage Learning Stamford USA, 2015.
2. N.R. Yusufbekov. H.S. Nurmuxammedov. S.G. Zokirov. Kimyoviy texnologiya asosiy texnologik jarayonlari. –T. “SHarq” 2015. 838 b.
3. Anshteyn V.G. Protsessi i apparati ximicheskoy texnologii uchebnik v 2-xkn Spb: EBS Lan 2019, -916s
4. Ponikarov I.I. Ponikarov S.I. Rachkovskiy S.V, Raschet mashin I apparatov ximicheskoy proizvodstov I nefti pererabotki. Uchebnoye posobiye 4 – ye izd. Ster SPB: EBS Lan. 2020-216s.
5. Smirnov N.N. Albom tipovoy ximicheskoy apparaturi (prinsipialniye sxemi apparatov). Uchebnoye posobiye. SPb.: EBS Lan, 2019. 68 s
6. Yusufbekov N.R, Nurmuxammedov X.S, Ismatullayev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V, Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jaryon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – Uslubiy qo'llanma. T. Jaxon, 2000.-231 b.
7. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. –T.”O'zbekiston”, 2017.-488 b.
8. Mirziyoyev SH.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash-yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi.-T. “O'zbekiston”-2017. -48 b.
9. Mirziyoyev SH.M. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz.-T “O'zbekiston”, 2016.-56 b.
10. Kasatkin A.G. Osnovniye protsessi I apparati ximicheskoy texnologii. Uchebnik dlya vuzov -10-ye izd., stereotipnoye, dorabotannoye. Perepechatano s izd. 1973 g –M.: OOO TID <Alyans>, 2004.-753 s.
11. Timonin A.S. Osnovi konstruirovaniya I rascheta ximiko-texnologicheskogo I prirodooxrannogo oborudovaniy.-Spravochnik, izd.2-ye, pererab. I dopoln. Kaluga: Izd-vo N.Bochkarevoy, 2002.-t1,2,3.-2848 s.
12. Nurmuxammedov X.S. Gulyamova N.U. va boshqa “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanidan-Uslubiy qo'llanma. Toshkent 2012.-152 b.

### **Internet saytlari**

[www.texnology.ru](http://www.texnology.ru)  
[www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)  
[www.bilimdon.uz](http://www.bilimdon.uz)  
[www.ref.uz](http://www.ref.uz)  
[www.omgtu.ru](http://www.omgtu.ru)  
[www.dpo-msu.ru](http://www.dpo-msu.ru)  
[www.ximik.ru](http://www.ximik.ru)