

Кимёвий технологиянинг жараёнлари ва қурилмалари

фанидан ўқув қўлланма

Фарғона 2019

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

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

Нишонова М.М.

**КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ**

**(5311000 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш
ва бошқариш таълим йўналишида тахсил олаётган талабалар учун ўқув
қўлланма)**

Фарғона 2019

Аннотация

Артические и практические связи, механический, гидро-механический тёплое и метоболические процессы, современной методики ускоряющий и алтернативный контрол механические процессы показываються.

The oretical and practical networks, of mechanical, hydro-mechanical, heat and metabolic processes, modern methods of accelerating and alternative control of technological processes are shown.

Механика, гидромеханика, иссиқлик ва модда алмашиниш жараёнларининг назарий ва амалий томонлари, технологик жараёнларни замонавий усуллар билан тезлатиш ва муқобил бошқаришни йўллари ҳам кўрсатилган.

Такризчилар:

- Фарғона политехника институти “ЭЭЭ” кафедраси доценти, техника фанлари номзоди Қ.Ахунов
- ТАТУ ФФ “Ахборот хавфсизлиги” кафедраси мудири т.ф.н доцент О.Х.Қўлдашев

КИРИШ

Кимё саноати корхоналарида турли технологик жараёнлар амалга оширилади. Бу жараёнлар давомида хом-ашё ва материалларнинг ички структураси, таркиби, агрегат ҳолатлари ўзгаради. Кимёвий технологик жараёнлар кимёвий реакциялардан ташқари турли физик-кимёвий жараёнлардан иборат. Бундай жараёнларга қуйидагилар киради: суюқлик ва қаттиқ материалларни узатиш, қаттиқ моддаларни майдалаш ва саралаш, газларни сиқиш ва узатиш, моддаларни иситиш ва совитиш, суюқликларни аралаштириш, ҳар хил жинсли аралашмаларни ажратиш, эритмаларни буғлатиш, хўл материалларни қуритиш ва бошқалар. Демак, турли кимёвий материаллар ва маҳсулотлар (кислоталар, ишқорлар, тузлар, минерал ўғитлар, лак-буёқ, полимер ва синтетик материаллар) ишлаб чиқариш технологияси умумий қонуниятлар билан ифодаланган бир типдаги физик ва физик-кимёвий жараёнлардан иборат бўлади. Бу технологик жараёнлар турли ишлаб чиқаришларда ишлаш принциплари бир хил бўлган машина ва қурилмаларда олиб борилади.

Кимё технологиясининг турли тармоқлари учун умумий бўлган жараён ва қурилмалар *асосий жараёнлар ва қурилмалар* деб юритилади. Масалан, суюқлик аралашмаларини ажратишда кенг ишлатиладиган ҳайдаш жараёнини кўрамиз. Ҳайдаш жараёни кислород ишлаб чиқаришда суюқ ҳавони ажратиш, нитрат кислота ишлаб чиқаришда сув ва нитрат кислотани ажратиш, синтетик каучук ишлаб чиқаришда мураккаб органик маҳсулотларни ажратиш ва бошқа бир қатор ишлаб чиқаришда кенг ишлатилади. Асосий қурилмалар қаторига, масалан, тарелкали ва насадкали колонналар киради. Бундай колонналар ёки қурилмалар ҳайдаш (суюқ аралашмаларни иссиқлик таъсирида ажратиш), абсорбциялаш (газ ва буғ аралашмаларидан бирор компонентни суюқликка юттириш), экстракциялаш (суюқ аралашмаларни эритувчи ёрдамида ажратиш) каби жараёнларни амалга оширишда ишлатилади.

Кимё саноатининг кўпчилик тармоқларида ишлатиладиган насос ва компрессорлар, филтър ва центрифугалар, циклон ва скрубберлар, иссиқлик алмаштиргич ва қуриткичлар ва асосий қурилмалар жумласига киради.

«Жараён ва қурилмалар» курсида асосий жараёнларнинг назарияси, ушбу жараёнлар амалга ошириладиган машина ва қурилмаларнинг тузилиш принциплари ва уларни ҳисоблаш усуллари ўрганилади. Асосий жараёнларнинг қонуниятларини ўрганиш ва қурилмаларни ҳисоблаш усулларини тузишда физика, кимё, физик-кимё, термодинамика, иқтисодиёт каби фанларнинг фундаментал қонунлари асос қилиб олинади.

«Жараён ва қурилмалар» курси кимё саноатининг турли тармоқларида ишлатиладиган ва ташқи кўринишдан ҳар хил бўлган жараёнлар ва қурилмаларнинг ўхшашликларини аниқлашга асосланади. Замонавий катта масштабдаги ишлаб чиқариш жараёнларини лойиҳалашда ҳам фойдаланилади ўзлаштирилиши керак бўлган жараён аввал лаборатория шароитида, кичик ўлчамдаги қурилмаларда (моделларда) ўрганилади. Сўнгра олинган тадқиқот натижалари катта ўлчамдаги саноат қурилмаларига кўчирилади. Шундай қилиб, кичик системаларда олинган натижалардан катта системаларда фойдаланиш қонуниятлари *моделлаштириш* деб юритилади. Бу фан асосида тегишли жараёнларни ҳисоблаш ва таҳлил қилиш, уларнинг оптимал параметрларини топиш, керакли қурилмаларни лойиҳалаш ва уларни ҳисоблаш мумкин. Ушбу курс машина ва қурилмаларни рационал ишлатиш ҳақида маълумот беради ҳамда уларнинг қувватини ошириш усулларини ўргатади.

Ї БОБ. АСОСИЙ КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

1.1 Асосий жараёнларнинг турлари.

Кимё саноатида ўрганиладиган асосий жараёнлар 5 та гуруҳга бўлинади:

1. Гидромеханик жараёнлар.
2. Иссиқлик жараёнлари.
3. Моддалар алмашинуви жараёнлари.
4. Кимёвий жараёнлар.
5. Механик жараёнлар.

1. Гидромеханик жараёнларда 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 жараёнлари ҳароратлар фарқи мавжуд бўлганда бир (ҳарорати юқори) жисмдан иккинчи (ҳарорати паст) жисмга иссиқликнинг ўтишидир. Жараённинг тезлиги иссиқлик узатиш қонунлари билан ифодаланади. Бу гуруҳга иситиш, совитиш, буғлатиш, конденсациялаш ва сунъий совуқ ҳосил қилиш жараёнлари киради. Иссиқлик жараёнларининг ҳаракатига ҳам боғлиқ.

3. Моддалар алмашинуви жараёнлари 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. Шу сабабли бу жараёнлар диффузион жараёнлар ҳам дейилади. Жараёнларнинг тезлиги фазаларнинг гидродинамик ҳаракатига боғлиқ бўлиб, моддалар алмашинув қонуниятлари билан ифодаланади. Бу гуруҳга абсорбцион, адсорбцион, экстракция, суюқликларни ҳайдаш, қуритиш ва кристаллизация жараёнлари киради.

4. Кимёвий жараёнлар - моддаларнинг ўзаро таъсири натижасида янги бирикмалар ҳосил бўлишидир. Кимёвий реакция вақтида, одатда, иссиқлик ва

моддалар алмашинуви жараёнлари ҳам содир бўлади. Бу гурпадаги жараёнларнинг тезлиги кимёвий қонуниятлар билан ифодаланади. Реакциянинг тезлиги, айниқса, саноат миқёсида, моддаларнинг гидромеханик ҳаракатига ҳам боғлиқ бўлади.

5. Қаттиқ моддаларни майдалаш, саралаш, узатиш ва аралаштириш механик жараёнлар жумласига киради. Бу жараёнларнинг тезлиги қаттиқ жисмларнинг механик қонуниятлари билан ифодаланади.

Кимё саноатидаги технологик жараёнлар даврий ва узлуксиз равишда ўтказилади. Жараёнлар вақт давомида параметрларнинг ўзгаришига қараб турғун ва нотурғун бўлади. Тезлик, концентрация, ҳарорат каби параметрлар вақт давомида ўзгарса жараён *нотурғун*, аксинча, агар бу параметрлар ўзгармаса жараён *турғун* дейилади.

1.2. Жараённинг асосий қонунлари

Модда ва энергиянинг сақланиш қонунлари. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари тезлиги физика, кимё ва физик-кимёнинг умумий қонунларига бўйсунди. Бу қонунларни маълум бир жараёнга тадбиқ этиш асосида жараённинг назарияси яратилади. Бунда модда ва энергиянинг сақланиш ва ўтказиш ҳамда системанинг мувозанат қонунлари муҳим аҳамиятга эга.

Модда ва энергиянинг сақланиш қонунлари «Жараёнлар ва қурилмалар» фанида алоҳида ўрин эгаллайди. Масалан, қурилмага жараёнда қатнашаётган А, В ва С компонентлар киритилмоқда. Ушбу компонентлар газ, буғ, суюқлик ёки қаттиқ ҳолатда бўлиши мумкин. Қурилмада руй берган жараён натижасида ҳосил бўлган моддалар D ва E қурилмадан чиқади. Қурилмага кираётган моддаларнинг массавий йиғиндиси қурилмадан чиқаётган моддаларнинг массавий йиғиндисига тенг бўлиши керак. Шунга асосланиб қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E$$

Бу тенглама *моддий балансни* ифодалайди.

Курилмага киритилаётган ёки чиқаётган модда ўзида маълум миқдорда энергия сақлайди. Курилмага ташқаридан қўшимча энергия киритилиши мумкин. Жараён давомида энергиянинг маълум бир қисми атроф-муҳитга йўқотилади. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин.

$$Q_A + Q_B + Q_C + Q_K = Q_D + Q_E + Q$$

бу ерда Q_A, Q_B, Q_C - А, В ва С компонентлар билан келаётган иссиқлик миқдори; Q_D, Q_E - D ва E компонентлар билан чиқиб кетаётган иссиқлик миқдори; Q_K - курилмага ташқаридан келаётган иссиқлик миқдори; $Q_{\text{й}}$ - атроф-муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдори. Бу тенглама *энергетик баланси* ифодалайди ва *иссиқлик баланси* билдиради.

Моддий ва иссиқлик баланси тенгламалари технология жараёнларини ўрганишда кўп ишлатилади.

Системанинг мувозанат қонунлари. Мувозанатда турган системаларнинг ҳолати вақт давомида ўзгармайди. Системани мувозанатдан чиқариш учун ташқаридан бирор куч таъсир этиши керак.

Ле-Шателье принципига асосан система мувозанатдан чиқарилганда ҳосил бўлган кучларнинг йўналиши системани мувозанатдан чиқараетган кучлар йўналишига қарама - қарши бўлади.

Гибснинг фазалар қоидаси система компонентлари, фазалар сони ва эркинлик даражаси сони ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди:

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

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

Бир жинсли бўлган маълум миқдордаги модда *фаза* дейилади.

Компонент - тоза кимёвий бирикма бўлиб, бир фазадан иккинчи фазага ўтиши мумкин.

Эркинлик даражаси - системанинг ҳеч нарсага боғлиқ бўлмаган параметрлар сонини билдиради.

Системанинг ҳолати *босим, ҳарорат, концентрация, солиштирма ҳажм* каби параметрлар орқали ифодаланади.

Система ҳолати параметрларидан ҳарорат ва концентрацияларни эркин ҳолатда ўзгартиришимиз мумкин. Системанинг табиатига боғлиқ бўлган босим, бизга боғлиқ бўлмаган равишда ўзгаради.

Кимёвий технология жараёнларининг асосини материал оқимлар ўртасидаги модда ёки энергия алмашинуви ташкил этади. Жараёнларни тахлил қилишда аввал модда ва энергиянинг сақланиш қонунларига асосан материал ва энергетик оқимларининг миқдори аниқланади, сўнгра ҳаракатлантирувчи куч топилади.

Ишлаб чиқаришда ҳар бир жараённинг тезлигини оширишга ҳаракат қилинади, бу нарса ўз навбатида қурилмаларнинг иш унумини кўпайтиради.

Гидромеханик жараёнлар учун қуйидаги кинетик тенгламани ёзиш мумкин:

$$dV/F d\tau = 1/P_1 \Delta P = K_1 \Delta P$$

бу ерда V - филтрат миқдори; F - филтър юзасининг майдони; τ - вақт; P_1 - филтърнинг қаршилиги; K_1 - филтърловчи тўсиқнинг ўтказувчанлиги; ΔP - босимлар фарқи.

Иссиқлик алмашинуви жараёнлари учун қуйидагича:

$$dQ/ Fd\tau = 1/P_2 \Delta t = K_2 \Delta t$$

бу ерда Q - иссиқлик миқдори; F - иссиқлик алмашинуви юзаси; P_2 - иссиқлик ўтказишга бўлган қаршилик; K_2 - иссиқлик ўтказиш коэффициенти; Δt - ҳароратлар фарқи; τ - вақт.

Модда алмашинуви жараёнлари учун қуйидагича:

$$dM/F d\tau = 1/P_3 \Delta C = K_3 \Delta C$$

бу ерда M - модда миқдори; F - модда алмашинуви юзаси; P_3 - модда ўтказишга бўлган қаршилик; K_3 - модда ўтказиш коэффициенти; ΔC - концентрациялар фарқи.

Гидромеханик, иссиқлик ва модда алмашинуви жараёнлари учун қуйидаги умумий кинетик тенгламани ёзиш мумкин:

$$I=K x$$

бу ерда I - жараённинг тезлиги; x - ҳаракатлантирувчи куч; K -кинетик коэффициент.

Кинетик тенгламаларни таҳлил қилиш технология жараёнларини тезлаштиришнинг умумий қонуниятини кўрсатиб беради: жараённинг тезлигини ошириш учун ҳаракатлантирувчи кучнинг қийматини кўпайтириш ёки қаршиликни камайтириш керак.

1.3. Кимёвий қурилмалар яратиш ва тайёрлаш

Кимёвий технологияда ишлатиладиган қурилмалар қатор талабларга жавоб бериши керак. Аввало, қурилмада маълум бир жараённи амалга ошириш учун қулай шарт-шароитлар мавжуд бўлиши зарур. Бу шароитлар жараённинг турига, қатнашаётган моддаларнинг агрегат ҳолатларига боғлиқ.

Қурилманинг муҳим параметрларидан бири унинг иш унумидир. Иш унуми - вақт бирлиги ичида қурилмада ҳосил бўлган тайёр маҳсулотнинг миқдоридир. Қурилманинг самарадорлиги унинг иш унумини қурилмани характерлайдиган бирорта катталиқка нисбатидир. Қурилмаларнинг иш унумини ошириш учун қурилмалар ишини тезлаштириш зарур. Тезлаштиришнинг бир неча усуллари мавжуд:

- 1) даврий жараённи узлуксиз жараёнга алмаштириш;
- 2) қурилма иш механизмларнинг тезлигини ошириш;
- 3) қурилмадаги гидравлик режимларини яхшилаш;
- 4) юқори ҳарорат ва катта босимларни қўллаш;
- 5) ультратовуш, механик, мавҳум қайнаш, тебранишлар, электромагнит майдон таъсирларидан фойдаланиш;
- 6) янги технологияларни қўллаш.

Шароитни ҳисобга олган ҳолда қурилмалар ишини тезлаштириш усули танлаб олинади.

Қурилмани бошқариш катта жисмоний меҳнат талаб қилмаслиги керак. Қурилма ишини текшириш ва бошқаришни автоматлаштириш ишлаб чиқаришни бошқаришнинг олий мақсадидир.

Катта ўлчамли қурилмаларни лойиҳалашда уларни ташиш ҳам ҳисобга олинади. Қурилма, машина, асбоб-ускуналарни тайёрлаш материаллари коррозияга чидамли, энергия сарфи кичик, уни текшириш, тозалаш ва созлаш учун қулай ҳамда мустаҳкам бўлиши керак.

Кимёвий қурилмалар тайёрлашда ҳар хил навли пўлатлар, чўянлар, рангли металллар, қотишмалар, нометаллар ишлатилади.

Углеродли пўлатлар (ГОСТ 380-71) учта гуруҳга бўлинади:

А - механик хоссалари бўйича етказиб бериладиган пўлатлар;

Б - кимёвий таркиби бўйича етказиб бериладиган пўлатлар;

В - механик хоссалари ва кимёвий таркиби бўйича етказиб бериладиган пўлатлар.

Қуйидаги навли пўлатлар тайёрланади:

А гуруҳи - Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;

Б гуруҳи - БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт4, БСт5, БСт6;

В гуруҳи - ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Таннархи ва никель сарфини камайтириш учун қурилмаларни тайёрлашда тежамли - легирланган ва никелсиз пўлатлардан (08Х22Н6Т, 08Х12Н6М2Т, 08Х18Г82Т) фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Коррозияга барқарор ва танқис пўлатни тежаш усулларида бири – қурилмаларни тайёрлашда икки қатламли фойдаланишдир.

Бунда биринчи қатлам углеродли пўлатдан, иккинчи - ҳимоя қилувчи қатлам эса коррозияга чидамли пўлатдан ёки металл ва қотишмадан таркиб топган бўлади. Кўпинча ҳимоя қилувчи металл сифатида 08Х13, 12Х1810Т, 08Х17Н13М2Т, 06ХН28МДТ навли пўлат ишлатилади.

Юқори босимда ишлайдиган, кўп қатламли идиш ва қурилмаларни тайёрлашда металлни тежаш учун тахталанган ва ўрамли пўлатдан тайёрланади.

Рангли металллар (қўрғошин, мис, алюминий, никелр) пайвандлаш, қалайли, ва қуйма усуллар билан тайёрландиган, ўртача ва юқори агрессив шароитларда ишлайдиган қурилмалар тайёрлашда ишлатилади.

Коррозион муҳитда ишлайдиган бир қатор кимёвий қурилмаларни ишлаб чиқаришда нометалл материаллардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Бундай материаллар қаторига пластмассалар (винипласт, фаолит, фторпласт), шишали пластиклар, кўмир графитли материал, керамика, композицион материаллар киради.

Умуман олганда кимёвий қурилмаларнинг юзалари қуйидаги усуллар ёрдамида химоя қилинади:

1) Қурилма сирти эмаль, резина, полимер материаллари ва ўтга чидамли материал билан қопланади ёки сурилади; 2) бўяш; 3) изоляция қилиш ишлаш шароити, мақсади ва қурилма турган ўрнига қараб бу усуллардан фойдаланилади.

Физик катталикларнинг ўлчов тизимлари

Ҳар қандай жараён ва қурилмаларни ҳисоблашда моддаларнинг физик хусусиятларини (*зичлик, солиштирма оғирлик, қовушқоқлик* ва бошқалар) ва модда ҳолатининг ҳаракатини ҳарактерловчи параметрларни (*тезлик, босим, ҳарорат* ва бошқалар) билиш керак.

Технологик жараёнларни ўрганишда турли ўлчов бирликларидан фойдаланиш ҳисоблаш ишларини қийинлаштиради ҳисоблаш ишларини қийинлаштиради ва кўпол хатоликларга олиб келади.

Республикамизда ва бир қанча чет давлатларда ўлчов бирлигининг ягона системаси сифатида 1980 йилнинг январидан бошлаб универсал Ҳалқаро бирликлар системаси (СИ) қабул қилинди.

Бу системада еттита асосий катталиклар, иккита қўшимча, анчагина ҳосилавий катталиклар ва уларга мос равишда ҳосилавий бирликлар бор.

Асосий катталиклар ва бирликлар қуйидагилар:

узунлик бирлиги - метр (м), масса бирлиги - килограмм (кг), вақт бирлиги - секунд (с), электр ток кучи бирлиги - ампер (а), термодинамик ҳарорат бирлиги - кельвин (к), ёруғлик бирлиги - кандела (кд), модда миқдори бирлиги - моль (моль).

Бирликларнинг дастлабки номига икки ва ундан ортиқ олд қўшимча қўшиш мумкин эмас. Масалан, микромикрофарад, яъни «фараднинг

миллиондан бир улушидан миллиондан бир улуши» ибораси ўрнига пикофарад (пФ) ни ишлатиш лозим.

Олд қўшимчали бирликлар

Тера (Т)	10^{12}	Сантис (с)	10^{-2}
Гига (Г)	10^9	Милли (м)	10^{-4}
Мега (М)	10^6	Микро (мк)	10^{-6}
Қило (К)	10^3	Нано (н)	10^{-9}
Деци (д)	10^{-1}	Пико (п)	10^{-12}

Жадвалда эса СИ бирликлари билан айрим эскирган бирликлар ўртасидаги нисбатларга мисоллар келтирилган.

Ўлчов бирликлари ўртасидаги нисбатлар

Катталиклар номи	СИ га биноан бирлиги	СИ бирликларига ўтказиш коэффициентлари
Ҳарорат	К	$T = (t + 273,15)$
Динамик қовушқоқлик	Па·с	1 Пуаз = 10^{-8} Па·с 1 сП = 10^3 Па·с
Кинематик қовушқоқлик	м ² /с	1ст (Стокс) = 10^{-4} м ² /с
Босим	Па	1 кгк/см ² = 1 атм = $9,81 \cdot 10^4$ Па = = 735 мм симоб устуни 1 кгк/м ² = 9,81 Па 1 атм = $1,033$ кгк/м ² = $1,011 \cdot 10^4$ Па = 760 мм сим устуни = 10,33 м сув устуни 1 бар = 10^5 Па
Ҳажм	м ³	1 л = 10^{-3} м ³ = 1 дм ³
Зичлик	кг/м ³	1 т/м ³ = 1 кг/дм ³ = 1 г/см ³ = 10^3 кг/м ³
Ҳажмий сарф	м ³ /с	1 л/мин = $16,67 \cdot 10^{-6}$ м ³ /с

Солиштирма иссиқлик сифими	Ж/кг·К	1 ккал/кг·°С = 4,19 кЖ/кг·К
Иссиқлик бериш, ўтказиш коэффициентлари	Вт/м ² ·К	1 ккал/м ² ·соат·°С = 1,163 Вт/м ² ·К
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	Вт/м·К	1 ккал/м·соат·°С = 1,163 Вт/м·К
Солиштирма энталрпия	Ж/кг	1 ккал/кг = 1 кал/г = 4,19 кЖ/кг
Солиштирма оғирлик	Н/м ³	1 кгк/м = 1,163 Н/м ³

1.4. Ўшашлик теоремалари ва мезонлари

Янги технология жараёнини ташкил этиш учун аввал лаборатория синов қурилмаларида тажриба олиб борилади. Бу қурилмаларда текширилаётган жараённинг техникавий жиҳатдан мукамал ва иқтисодий жиҳатдан тежамли эканлиги аниқланади. Текширишлар натижасида барча жараёнларнинг бир хиллик шартларига мувофиқ қурилманинг шакли ва ўлчамлари, жараённи олиб бориш шароитлари, жараёнда қатнашаётган моддаларнинг энг муҳим ўзгармас катталиклари, маҳсулот чиқариши, хом- ашё ва энергиянинг солиштирма сарфи ва бошқа масалалар ҳал қилинади.

Лаборатория ва синов қурилмаларида олинган натижани солиштириш учун улар ўрганилаётган саноат қурилмаларида синаб кўрилади. Янги қурилмаларни лойиҳалаш ва ишлатиш учун лаборатория ҳамда тажриба шароитларида олинган ҳисоблаш тенгламалари ва бир хиллик шартларининг қонуниятлари катта аҳамиятга эга. Бу курсда ўрганилаётган барча жараёнлар учун керакли ҳисоблаш тенгламаларини келтириб чиқариш ва уларни математик йўл билан ифодалаш қийин. Баъзи технология жараёнлари физика ва кимё қонунлари асосида дифференциал тенгламалар орқали ифодаланади. Дифференциал тенгламалар ўхшашлик назариясидан фойдаланиб ечилса, аналитик тенгламалар келиб чиқади. Бу аналитик тенгламалар технология жараёни учун зарур бўлган факторларни ўзаро боғлайди ва муҳандислик ҳисоблаш ишларида кўп ишлатилади.

Баъзан дифференциал тенгламаларни математик йўл билан ечиб бўлмайди. Бунда тажрибалар ўтказиб, жараённи ҳарактерловчи ўзгарувчан факторлар ўртасидаги боғлиқлик аниқланади. Тажиба натижалари асосида эмпирик тенгламалар келтириб чиқарилади. Бундай тенгламалар хусусий ҳарактерда бўлиб, улардан фақат аниқ шартлардагина фойдаланиш мумкин. Бироқ исталган мураккаб жараённи тадқиқ қилишда умумий бўлган қонуният ва тенгламалар топиш керак. Чунки бу тенглама ва қонуниятлар ёрдамида бирор хусусий тажиба натижаларини бошқа кўпчилик жараёнларни текширишга қўллаш керак бўлади. Бунга тажиба натижаларининг ўхшашлик назарияси ёрдамида уларни қайта ишлаш орқали эришиш мумкин.

Ўхшаш жараёнларда бу жараёнларни ифодаловчи ва ўхшаш бўлган катталиклар нисбати ўзгармас бўлади. Ўхшашлик назариясининг назарий ва амалий аҳамияти катта. Ўхшашлик назарияси тажиба ўтказиш ва тажиба натижаларини қайси йўл билан қайта ишлаш кераклигини ўргатади.

Ўхшашлик шартларига кўра ўхшаш ходисалар 4 гуруҳга бўлинади: геометрик ўхшашлик, вақт бўйича ўхшашлик, физик катталиклар ўхшашлиги, бошланғич ва чегара шартларининг ўхшашлиги.

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

Геометрик ўхшашлик бўлганда вақт бўйича бир хиллик ҳосил бўлади. Физик катталиклар бирлигига асосан, фазода жойлашган икки система физик хоссаларининг ўзаро нисбати вақт бирлигида ўзгармас бўлади.

Ўхшаш фазода жойлашган жисмларнинг физик ва вақт бўйича бир хилликка эга бўлиши учун уларнинг бошланғич ва чегара шартлари бир хил бўлиши керак. Ўхшашлик назарияси ҳақидаги фикрни биринчи бўлиб 1686 йили И.Ньютон таклиф этган. Кейинчалик бу назарияни В.Л.Кирпичёв, В.Нуссельт, М.В.Кирпичёв, А.А.Гухман ва бошқа олимлар ривожлантирган.

Ўхшашлик назарияси учта теоремага асосланади. Биринчи теоремани И.Ньютон кашф қилган. Бу теоремага мувофиқ ўхшаш ходисалар бир хил қийматга эга бўлган ўхшашлик мезонлари билан ҳарактерланади. Масалан,

иккита ўхшаш системадаги (оригинал ва моделдаги) заррачаларнинг механик ҳаракати Ньютон ўхшашлик мезони орқали қуйидагича ифодаланади:

$$Ne = f \tau / m w \quad (1.1)$$

Иккинчи теорема Бэкингем, Федерман ва Афанасьева - Эренфест томонидан исботланган. Бу теоремага асосан, бирор жараёнга таъсир этувчи ўзгарувчан параметрларнинг боғловчи дифференциал тенгламаларининг ечимини ўхшашлик мезонларининг ўзаро боғлиқликлари орқали ифодалаш мумкин.

Учинчи теорема М.В.Кирпичёв ва А.А.Гухман томонидан аниқланган. Бу теоремага асосан, сон жиҳатдан тенг аниқловчи мезонларга эга бўлган ходисалар ўхшаш ҳисобланади.

Ўхшашлик мезонлари. Жараёнларни ҳисоблашда бир катор ўхшашлик мезонларидан фойдаланилади. Ўхшашлик мезонлари ўлчамсиз бўлиб, текширилаётган жараённи характерлайдиган физик катталиклардан тузилади. Бу мезонлар олимлар номлари билан юритилади. Ўхшашлик мезонлари асосан учта гуруҳга бўлинади:

1) гидромеханик; 2) иссиқлик; 3) диффузион ўхшашлик мезонлари.

Биринчи гуруҳга Рейнольдс, Эйлер, Фруд, Галилей, Гомохрон, Архимед на бошқа мезонлар киради. Рейнольдс мезони:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} \quad (1.2)$$

бу ерда w —суюқлик ёки газ оқимининг тезлиги, м/с; d - оқимнинг характерли ўлчами, м; ρ — суюқлик ёки газнинг зичлиги, кг/м³; μ - муҳитнинг динамик қовушқоқлиги, Па · с.

Рейнольдс мезони ўхшаш оқимлардаги инерция кучларининг ишқаланиш кучларига нисбатини ва ҳаракатнинг режимини характерлайди.

Эйлер мезони:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w^2} \quad (1.3)$$

бу ерда ΔP —суюқлик оқимидаги босимнинг йўқолиши, Па.

Бу мезон ўхшаш оқимлардаги суюқликнинг гидростатик босими ва инерция кучлари орасидаги ўзаро боғланишни ва трубаларда суюқлик ҳаракат қилганда ўлчамсиз босимнинг йўқолишини ифодалайди.

Фруд мезони:

$$Fr = \frac{w^2}{gl} \quad (1.4)$$

бу ерда g —эркин тушиш тезланиши, m/c^2 .

Фруд мезони оғирлик кучи таъсирини ҳарактерлайди на ўхшаш оқимлардаги инерция кучининг оғирлик кучига нисбатини ифодалайди.

Галилей мезони:

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2} \quad (1.5)$$

бу ерда ν —муҳитнинг кинематик қовушқоқлиги, m^2/c .

Бу мезон ўхшаш оқимлардаги ишқаланиш кучларининг оғирлик кучларига нисбатини белгилайди.

Гомохрон мезони:

$$No = \frac{\omega\tau}{l} \quad (1.6)$$

бу ерда τ -вақт, с.

Гомохрон мезони ўхшаш оқимлардаги ҳаракатнинг турғунмаслигини аниқлайди.

Архимед мезони:

$$Ar = \frac{gl^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \quad (1.7)$$

бу ерда ρ_1 ва ρ_2 оқимнинг икки нуқтасидаги суюқликнинг зичлиги, kg/m^3 .

Архимед мезони эркин конвекцияни ифодалаб, муҳитнинг айрим нуқталаридаги зичликлар фарқи ва ишқаланиш таъсирида ҳосил бўлган кучларнинг ўзаро таъсирини белгилайди.

Иккинчи гуруҳга Нуссельт, Фурье, Пекле, Прандтл, Био, Грасгофф, Кутателадзе ва бошқа мезонлар киради.

Нуссельт мезони:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (1.8)$$

бу ерда α - иссиқлик бериш коэффициентини, Вт/(м² К); λ - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, Вт/(м К).

Нуссельт мезони ўхшаш оқимларнинг чегара қатламидаги иссиқлик бериш тезлиги ва ҳарорат майдони ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Фурье мезони:

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2} \quad (1.9)$$

бу ерда a —ҳарорат ўтказувчанлик коэффициентини, м²/с.

Фурье мезони иссиқлик оқимларидаги нотурғун жараёнларнинг ўхшашлигини белгилаб, жисмнинг ҳарорат майдони, физик хоссалари ва ўлчамлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Пекле мезони:

$$Pe = \frac{\omega \cdot l}{a} \quad (1.10)$$

Пекле мезони жараённинг гидродинамик шароитини ва муҳитнинг иссиқлик хоссаларини белгилайди. Бу мезон конвектив иссиқлик бериш пайтида конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари ёрдамида ўтказилган миқдорлар ўртасидаги нисбатини ҳарактерлайди.

Прандтл мезони:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{c\mu}{\lambda} \quad (1.11)$$

бу ерда c —суюқлик ёки газнинг иссиқлик сифими, Ж/(кг-К).

Прандтл мезони конвектив иссиқлик бериш жараёнидаги муҳитнинг физик хоссалари ўхшашлигини ҳарактерлайди.

Био мезони:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot l_k}{\lambda_k} \quad (1.12)$$

бу ерда l_k — қаттиқ жисмнинг ҳарактерли ўлчами, м; λ_k — қаттиқ жисмнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, Вт/(м-к)

Био мезони ички ва ташқи термик қаршиликларнинг нисбатини, қаттиқ жисм ичидаги ҳарорат майдони ва унинг юзасидаги иссиқлик бериш шартлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди. Ҳисоблашда $Bi < 0,1$ бўлганда асосан ташқи термик қаршиликлар, $Bi > 100$ бўлганда эса ички термик қаршиликлар ҳисобга олинади.

Грасгофф мезони:

$$Gr = \frac{g l^3}{\nu^2} \beta \Delta t, \quad (1.13)$$

бу ерда β суюқликнинг ҳажм бўйича кенгайиш коэффициентини, $1/K$; Δt — қаттиқ жисм ва ундан маълум масофадаги оқим ҳароратлари орасидаги фарқ, K .

Грасгофф мезони эркин иссиқлик конвекциясини характерлаб, ишқаланиш кучлари ва ноизотермик оқимнинг айрим нуқталаридаги турли зичликлар таъсирида ҳосил бўлган кўтарувчи куч ўртасидаги нисбатни белгилайди.

Кутателадзе мезони:

$$Ku = \frac{r}{c \cdot \Delta t} \quad (1.14)$$

бу ерда r —фаза ўзгариш иссиқлиги (масалан, буғнинг конденсацияланиши вақтида ажралган иссиқлик миқдори), $Ж/кг$; c —суюқликнинг (масалан, конденсатнинг) иссиқлик сифими, $Ж/(кг \cdot K)$; Δt - конденсат юпка қатлами ва девор устисидаги ҳароратлар фарқи, K .

Кутателадзе мезони фазанинг ўзгариш иссиқлигини бирорта фазанинг тўйиниш ҳароратига нисбатан ўта қизитиш ёки ўта совитиш иссиқлигига нисбатини ифодалайди.

Учинчи гуруҳга, яъни диффузион ўхшашлик мезонлари қаторига Нуссельт, Прандтл, Фурье, Био, Пекле мезонлари киради;

$$Nu' = \frac{\beta l}{D} \quad (1.15)$$

$$Pr' = \frac{\nu}{D} \quad (1.16)$$

$$Fo' = \frac{\tau D}{l^2} \quad (1.17)$$

$$Bi' = \frac{\beta l_k}{D_k} \quad (1.18)$$

$$Pe' = \frac{\omega l}{D} \quad (1.19)$$

бу ерда β - модда бериш коэффиценти, м/с; D - диффузия коэффиценти м²/с; D_k - қаттиқ жисмдаги диффузия коэффиценти, м²/с

Ҳар бир берилган жараён учун ўхшашлик мезонлари асосида критериал тенгламалар олинади. Ўхшашлик мезонлари ва критериал тенгламалар механик, гидромеханик, иссиқлик ва модда алмашиниш жараёнлари ва қурилмаларини моделлаштириш ҳамда уларни ҳисоблашда ишлатилади.

1.5. Моделлаштиришнинг асосий принциплари

Ўхшашлик назарияси катта амалий аҳамиятга эга. Моделлаштириш мавжуд ёки ташкил қилиниши лозим бўлган объект (оригинал)нинг шундай ўрганиш усули бўлиб, бунда асл объект модел ўрнига унинг ўрнини босиш мумкин бўлган бошқа объект - модел ўрганилади, олинган натижалар эса оригинални ҳисоблашда фойдаланилади. Моделлаштиришнинг асосий мақсади моделда ўлчаб олинган параметрлар асосида ишлаб чиқариш шароитдаги оригиналда юз бериш мумкин бўлган ҳолатни олдиндан аниқлаб беришга қаратилган.

Моделлаштиришда қуйидаги шарт-шароитлар бажарилиши керак:

а) моделда ўтказиладиган тажрибалар қисқа ватда олиб борилиши, бу тажрибалар эса оригиналдагига нисбатан оддий, қулай арзон ва хавфсиз бўлиши зарур;

б) бир маъноли қоидалар-алгоритмлар маълум бўлиши керак, бу алгоритмлар ёрдамида моделдаги синов натижалари асосида оригиналнинг параметрлари ҳисобланади;

в) моделнинг таркиби, тузилиши ва вазифаси моделлаштиришнинг асосий мақсадларига тўғри келиши керак, чунки ҳеч бир модел оригинални тула ҳолда қайтариши қийин.

Ҳозирги кунда моделлаштириш назарияси асосан икки хил йўналишда ривожланмоқда: 1) *физик*; 2) *математик моделлаштириш*.

Физик моделлаштиришнинг мазмунини шундан иборатки, модел оригинал билан бир хил табиатга эга бўлади ва унинг хусусиятларини қайтаради.

Математик моделлаштиришнинг асосий мақсади технология жараёнининг физик-кимёвий, гидродинамик ва конструктив катталикларни ўзаро боғлайдиган тенгламаларни тузишдан иборат. Математик моделлаштиришда асосан электрон-ҳисоблаш машиналаридан фойдаланилади.

Умуман олганда моделлаштириш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1) ўрганилаётган жараён дифференциал тенгламалар ва бир хил маъноли шарт-шароит қоидалари билан ифодаланади.

2) ўхшашлик мезонлари келтириб чиқарилади, уларнинг ичидан аниқловчи мезон ажратиб олинади ҳамда шу аниқловчи мезоннинг бошқа мезонлар билан боғлайдиган функционал тенглама тузилади.

3) модел ва оригиналдаги аниқловчи критерийларнинг ўзаро тенглигини ҳисобга олган ҳолда ҳар бир физик катталик учун ўхшашлик доимийликлари ёки константалари аниқланади.

4) олинган натижалар асосида шундай модел тайёрланадики, унинг иш унумдорлиги шундай ҳисобга олинади керакки, бундай ҳолатда иш муҳитларининг тегишли тезлиги, сарфи, ҳарорати ва бошқа катталиклари таъминланиши зарур.

5) тажрибалар ўтказилишда аниқловчи мезонларнинг ўзгариш чегаралари моделда ҳам, оригиналда ҳам бир меъёردа бўлиши керак.

Юқоридаги шартларни тула бажариш кимёвий технология учун янги жараёнлар ва қурилмаларни яратиш ва уларни киска вақтда саноатга жорий этиш имкониятини яратади.

II БОБ. ГИДРАВЛИКА ВА ГИДРОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

2.1. Сууюқликларнинг асосий физик хоссалари. Асосий таърифлар

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

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

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

- 1) сууюқликлар худди газлар каби маълум шаклга эга эмас, унинг физик хоссалари барча йўналишда бир хил, яъни изотропдир;
- 2) газларнинг қовушқоқлиги кичик бўлиб, сууюқликларникига яқинлашади;
- 3) критик ҳароратдан юқори ҳароратда сууюқликлар билан газлар орасидаги фарқ йўқолади. Сууюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунлари дифференциал тенгламалар билан ифодаланади.

Бошқа соҳаларда бўлгани каби, гидравликада ҳам назарий тадқиқотлар натижаларини соддалаштириш мақсадида идеал сууюқлик 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 эса, 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 суюқликдир.

Аммо баъзи суюқликларнинг қовушқоқлиги жуда кичик бўлади. Улар ҳарорат ва босим таъсирида ўз ҳажмини шу қадар кам ўзгартирадики, бу ўзгаришни амалда ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Бундай тушунча реал суюқлик қонунлари ўрганишини осонлаштиради. Эластик суюқликларнинг ҳажми ҳарорат ва босим таъсирида кескин ўзгаради.

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

Зичлик. Ҳажм бирлигидаги бир жинсли жисмнинг (суюқликнинг) массаси зичлик деб аталади ва ρ билан белгиланади.

$$\rho = m/v \text{ кг/м}^3 \quad (2.1)$$

Солиштирма оғирлик. Ҳажм бирлигидаги суюқликнинг оғирлиги солиштирма оғирлик деб аталади ва γ билан белгиланади:

$$\gamma = G/v \quad (2.2)$$

Масса билан оғирлик қуйидагича боғланган:

$$m = G/g \quad (2.3)$$

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

$$\gamma = \rho g \quad (2.4)$$

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

Газларнинг зичлиги идеал газларнинг ҳолат тенгламасидан аниқланади:

$$PV = m/M PT \quad (2.5)$$

Тенгламадан зичлик қуйидаги ифодага тенг бўлади:

$$\rho = m/v = PM/PT \quad (2.6)$$

Зичлик катталигига тескари бўлган катталик *солиштирма ҳажм* деб аталади ва v билан ифодаланади:

$$v = v/m = 1/\rho = PT/PM = v/m \quad (2.7)$$

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:

$$dwT = \mu F \text{ ----- } dn \quad (2.8)$$

Тенгламадаги қовушқоқлик коэффициенти μ *динамик қовушқоқлик коэффициентини* ёки қовушқоқлик дейилади. Қовушқоқлик суюқликларнинг физик хусусиятларига ва ҳароратига боғлиқ бўлиб, кенг интервалда ўзгаради.

Динамик қовушқоқлик СИ да Па·с бирлигида ўлчанади. Динамик қовушқоқлик коэффициентининг шу суюқлик зичлигига нисбати *кинематик қовушқоқлик* дейилади ва ν билан белгиланади.

$$\nu = \mu/\rho \quad (2.9)$$

Кинематик қовушқоқлик СИ да m^2/c билан ўлчанади.

Баъзан нисбий қовушқоқлик тушунчаси ҳам ишлатилади. Бунда бирор суюқлик қовушқоқлигининг сувнинг қовушқоқлигига нисбати олинади.

Ҳарорат ортиши билан суюқликларнинг қовушқоқлиги камаяди, газларда эса ортади. Суюқликларнинг қовушқоқлиги газларникига нисбатан бир неча марта каттадир.

Иссиқлик ўтказувчанлик. Ҳарорат градиенти таъсирида бир-бирига тегиб турган кичик заррачаларнинг тартибсиз ҳаракати натижасида иссиқликнинг таркалиши иссиқлик ўтказувчанлик дейилади. Бир жинсли текис девор орқали ўтган иссиқлик оқими Q қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$Q = \lambda / \delta F \Delta t \quad (2.10)$$

бу ерда λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти; δ - девор қалинлиги; F - иссиқлик ўтаётган юза; Δt - деворнинг иккала томонидаги ҳароратлар фарқи.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти СИ да ВТ/м К бирлигида ўлчанади. Унинг қиймати ҳарорат, босим ва модданинг турига боғлиқ.

Солиштирма иссиқлик сиғими. Модданинг масса бирлиги ҳароратини бир градусга кўтариш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори солиштирма иссиқлик сиғими дейилади ва у қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$c = Q/m \Delta t \quad (2.11)$$

бу ерда Q - жисмни иситиш учун сарф бўлган иссиқлик миқдори; m - жисм массаси; Δt - жараённинг охириги ва бошланғич ҳароратлари ўртасидаги фарқ.

Солиштирма иссиқлик сиғими СИ да Ж/кг К бирлигида ўлчанади.

Ҳарорат ўтказувчанлик коэффиценти. Ҳарорат ўтказувчанлик коэффиценти жисмнинг иссиқлик инерцион хоссаларини ифодалайди. Бу коэффицент жисмни физик катталиги ҳисобланиб, ҳароратнинг ўзгариш тезлигини билдиради.

Ҳарорат ўтказувчанлик коэффиценти (α , m^2/c) қуйидаги нисбат орқали аниқланади:

$$\alpha = \lambda / c\rho \quad (2.12)$$

бу ерда λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти; ρ - зичлик; c - солиштирма иссиқлик сиғими.

Бу коэффициентнинг сон қиймати ҳарорат, зичлик, модданинг таркиби ва бошқа факторларга боғлиқ бўлади.

Гидростатик босим

Сирт ва ҳажм кучларининг таъсирида суюқликнинг ичида гидростатик босим пайдо бўлади. Тинч турган суюқлик ҳажмидан элементар юза ΔF ни ажратиб оламиз. Ушбу юзанинг турган ҳолатидан ташқари унга нормал бўйича йўналган маълум бир куч ΔP таъсир қилади. Ушбу кучнинг элементар юзага нисбати ($\Delta P/\Delta F$) ўртача гидростатик босимни ташкил этади:

$$P_{\text{ур}} = \frac{\Delta P}{\Delta F}. \quad (2.13)$$

Элементар юзанинг айрим нуқталаридаги ҳақиқий босим эса турлича (бир нуқтада кўпроқ, бошқа нуқтада эса камроқ) бўлиши мумкин. ΔF нинг қиймати қанча кичик бўлса, бирор нуқтадаги ҳақиқий босим ўртача гидростатик босимга анча яқин бўлади.

Элементар юзанинг қиймати нолга яқинлаштирилган ҳолатдаги кучнинг юзага нисбати берилган нуқтадаги ҳақиқий *гидростатик босим* (ёки гидростатик босим) деб аталади:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F}. \quad (2.14)$$

Босимнинг йўналиши ва таъсири суюқликнинг ҳамма нуқталарида бир хил, чунки бу куч ҳамма вақт нормал бўйича йўналган бўлади. Бундан кўринадики, босимнинг катталиги юзанинг шаклига ва унинг қандай жойлашганлигига боғлиқ эмас. Босимнинг СИ системасидаги ўлчов бирлиги Н/м^2 ёки Па. Бу бирлик жуда кичик бўлганлиги сабабли, йириклаштирилган бирликлар ишлатилади: килопаскаль ва мегапаскаль ($\text{КПа} = 10^3 \text{ Па}$; $\text{МПа} = 10^6 \text{ Па}$).

Амалиётда гидростатик босимнинг қиймати бошқа ўлчов бирликлари орқали ҳам ифода қилинади: техник атмосфера (ат); физик атмосфера (атм);

дин/см²; бар; симоб устуни; сув устуни ва ҳоказо. 1 кгк/см² га тенг бўлган босим **техник атмосфера** деб аталади. 10⁵ паскалга тенг бўлган босим бир барни ташкил этади. Техник атмосфера (ат) физик атмосфера (атм) дан фарқ қилади. Физик атмосфера денгиз сатҳидаги стандарт атмосфера босими бўлиб 1,033 кгк/см² га тенг.

Паскаль ва бошқа бирликлар ўртасида яна қуйидаги нисбат бор: 1 дин/см² = 0,1 Па; 1 бар = 10⁵ Па; 1 мм сув уст. = 9,81 Па; 1 мм сим. уст. = 133,3 Па.

Амалиётда гидростатик босим турли усуллар билан ҳисобланади. Агар гидростатик босим ўлчанаётган пайтда суюқликнинг эркин юзасига таъсир қилаётган атмосфера босими ҳам ҳисобга олинса, бу ҳолатдаги гидростатик босимни тўла ёки **абсолют босим** деб юритилади. Бундай шароитда одатда техник атмосфера ўлчанади, у абсолют босим (ата) ни ташкил этади.

Кўпинча гидростатик босимни ўлчашда суюқликнинг эркин юзасига таъсир қилаётган атмосфера босими ҳисобга олинмайди. Бунда атмосфера босимидан ортиқча бўлган, манометрик босим аниқланади. Манометрик босим суюқликдаги абсолют босим ва атмосфера босими ўртасидаги айирмага тенг:

$$P_{\text{ман}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} \quad (2.15)$$

$P_{\text{ман}}$ - манометр билан ўлчанадиган босим. Манометрик босим техник атмосфера билан ўлчаниб, ортиқча босим (ати) ни ташкил этади.

Агар жараён сийракланиш шароитида (вакуумда) кетса, вакуумнинг қиймати атмосфера босими билан суюқликдаги абсолют босимнинг орасидаги айирмага тенг бўлади:

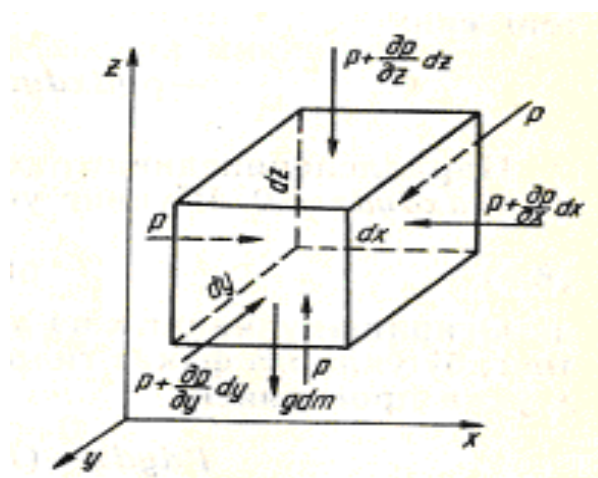
$$P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}} \quad (2.16)$$

$P_{\text{вак}}$ - вакуумметр билан ўлчанадиган сийракланиш. $P_{\text{вак}}$ нинг қиймати нолдан атмосфера босими ўртасидаги чегарада ўзгариши мумкин. Масалан, абсолют босим $P_{\text{абс}} = 0,3$ ата бўлганда вакуумнинг қиймати $P_{\text{вак}} = 1 - 0,3 = 0,7$ ати ни ташкил этади.

Босимнинг СИ системасидаги ўлчов бирлиги Н/м^2 ёки Па. Бу бирлик жуда кичик бўлганлиги сабабли, йириклаштирилган бирликлар ишлатилади: килопаскаль ва мегапаскаль ($1\text{кПа}=10^3\text{Па}$; $1\text{МПа}=10^6\text{Па}$)

Мувозанат ҳолатининг дифференциал тенгламаси.

Бирор идишда тинч турган суюқликка оғирлик ва босим кучлари таъсир қилади. Бу кучларнинг ўзаро таъсирининг суюқ ичида (таъсирланиши) тақсимланиши Эйлер томонидан ишлаб чиқилган дифференциал тенглама билан ифодаланади. Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун идишдаги суюқлик ҳажмидан кичкина параллелепипед системасида унга таъсир қилаётган кучларни кўрамыз.



1 –расм.

Параллелепипеднинг ҳажмини координаталарга боғлиқлиги ни аниқлаш.

Параллелепипеднинг ҳажмини dV , унинг x, y ва z координаталар ўқиға параллел йўналган қирраларини dx, dy, dz билан белгилаймиз. Параллелепипедга таъсир қилаётган оғирлик кучи масса m билан эркин тушиш тезланиши g нинг кўпайтмасига тенг, яъни gdm Гидростатик босимнинг кучлари эса, гидростатик босимнинг шу қирралар юзаси кўпайтмасига тенг бўлиб, унинг қиймати координаталар ўқларига боғлиқ:

$$P = f(x, y, z)$$

Статиканинг асосий қондасига мувофиқ, тинч ҳолатда турган кичкина ҳажмга таъсир қилаётган барча кучларнинг координаталар ўқларига нисбатан олинган проекцияларининг йиғиндиси, нолга тенг, акс ҳолда суюқлик

ҳаракатда бўлар эди. Кучлар йиғиндисини z ўққа нисбатан проекциялаймиз. Оғирлик кучи z ўққа параллел ва унга қарама-қарши томонга йўналган, шунинг учун бу куч z ўққа манфий (-) ишора билан проекцияланади:

$$-gdm = -gpdv = -pgdx dy dz \quad (2.17)$$

Параллелепипеднинг ҳажми: $dV = dx dy dz$

Параллелепипеднинг пастки қиррасига гидростатик босим нормал бўйича таъсир қилади. Агар z ўқ бўйича бирор нуктадаги гидростатик босимнинг ўзгариши dp/dz бўлса, dz қирранинг узунлигида бу босим $dp/dz \cdot dz$ га тенг бўлади.

Бунда қарама - қарши (юқориғи) қиррадаги гидростатик босим $(P + \partial p/\partial z \cdot dz)$ га тенг ва унинг z ўқ бўйича проекцияси:

$$-(P + \partial p/\partial z \cdot dz) dx dy \quad (2.18)$$

z ўққа тенг таъсир этувчи босим кучларининг проекцияси:

$$P dx dy - (P + \partial p/\partial z \cdot dz) dx dy = -\partial p/\partial z \cdot dx dy dz \quad (2.19)$$

z ўққа проекцияланган умумий кучларнинг йиғиндиси нолга тенг ёки:

$$-pg dx dy dz - \partial p/\partial z \cdot dx dy dz = 0 \quad (2.20)$$

Параллелепипеднинг ҳажми ҳеч қачон нолга тенг эмас, яъни $dV = dx dy dz \neq 0$. Шунинг учун,

$$-pg - \partial p/\partial z = 0 \quad (2.21)$$

Оғирлик кучининг x ва y ўқларга нисбатан проекцияси нолга тенг, бу ўқларга фақат гидростатик босим таъсир қилади. Унинг x ўққа проекцияси:

$$Pdydz - (P + \partial p/\partial z dx)dydz = 0 \quad (2.22)$$

Қавсни очиб, тегишли қисқартириш ишларини бажарсак:

$$\left. \begin{aligned} & - \partial p/\partial z dx dy dz \\ & - \partial p/\partial z = 0 \end{aligned} \right\}$$

Худди шунингдек Y ўқ учун: (2.23)

$$\left. \begin{aligned} & - \partial p/\partial y dx dy dz \\ & - \partial p/\partial y = 0 \end{aligned} \right\}$$

Шундай қилиб, кичкина параллелепипеднинг мувозанат шарти қуйидаги тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$\left. \begin{aligned} & - \partial p/\partial z = 0 \\ & - \partial p/\partial y = 0 \end{aligned} \right\}$$

$$- \rho g - \partial p/\partial z = 0 \quad (2.24)$$

Бу тенгламалар системаси Эйлернинг мувозанат ҳолатининг *дифференциал тенгламаси* дейилади. Суюқликнинг исталган нуқтасидаги гидростатик ва оғирлик кучини аниқлаш учун бу тенгламалар системасини интеграллаш керак.

Тенгламаларнинг интегралли гидростатиканинг асосий тенгламаси бўлиб, муҳандислик ҳисоблаш ишларида кенг қўлланилади.

2.2. Гидростатиканинг асосий тенгламаси

Юқоридаги тенгламалар системасидан кўриниб турибдики, тинч турган суюқликнинг исталган нуқтасидаги босимнинг x ва y ўқлар бўйича ўзгариши нолга тенг бўлиб, босим вертикал z ўқ бўйича ўзгаради.

Шунинг учун $\partial p/\partial z$ хусусий ҳосила миқдорини $\partial p/\partial z$ билан алмаштирамиз, у ҳолда:

$$- \rho g - \partial p/\partial z = 0$$

Бундан (2.25)

$$- dp - \rho g dz = 0$$

Тенгламанинг чап ва унги қисмини ρg га бўлиб, ишораларини ўзгартирамиз:

$$dz + (1/\rho g) dp = 0$$

Бир жинсли анча сиқилмайдиган суюқликларнинг зичлиги ўзгармас бўлгани учун

$$dz + d(P/\rho g) = 0 \quad \text{ёки} \quad d(z + P/\rho g) = 0 \quad (2.26)$$

Бу тенгламани интеграллаймиз, у ҳолда:

$$Z + P/\rho g = \text{const} \quad (2.27)$$

Бу тенглама *гидростатиканинг асосий тенгламаси* дейилади.

Тенгламада Z - ихтиёрий горизонтал текисликка нисбатан олинган нуқтанинг баландлиги ёки геометрик напор, $P/\rho g$ - статик ёки пьезометрик напор.

Гидростатиканинг асосий тенгламасига кўра, тинч турган суюқликнинг ҳар қандай нуқтасида нивелир баландлик ва статик босим кучларининг йиғиндиси ўзгармас миқдорга тенг. Умумий ҳолда тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P = P_0 + \rho g z \quad (2.28)$$

P_0 - тинч турган суюқлик сиртига таъсир қилаётган атмосфера босими. Ҳар қайси нуқтадаги гидростатик босимнинг катталиги суюқлик устунининг баландлигига боғлиқ.

Ньютон ва ноньютон суюқликлар

Ҳамма газлар ва кичик молекуляр массага эга кўпчилик суюқликларнинг умумлашган механик хоссаларини ньютоннинг ишқаланиш қонуни орқали ифодалаш мумкин. Бундай суюқликлар ньютон суюқликлари дейилади. Берилган ҳарорат ва босимдан ньютон суюқликларининг қовушқоқлиги ўзгармас қийматга эга бўлади.

Аммо баъзи суюқликлар (буёк, паста, суспензиялар) анча мураккаб қовушқоқлик хоссаларига эга, бундай суюқликлар *ноньютон суюқликлар*

дейилади. Ноньютон суюқликларда қовушқоқликнинг қиймати силжиш тезлигига ва унинг давомлилигига қараб ўзгаради.

Ньютоннинг ишқаланиш қонунини қуйидагига ёзиш мумкин:

$$T/F = \tau = \mu^*(dw/dn) \quad (2.29)$$

бу ерда τ - силжиш кучланишлиги, Па

Бу тенгламадаги τ нинг қиймати доимий мусбат бўлади.

Агар бир - бирига нисбатан ҳаракат қилувчи суюқлик қатламлари юзаси F га нормал ўтказиш пайтида унинг йўналишини тезлик камроқ томонга қараб олинса, у ҳолда тезлик градиентининг қиймати доимо манфий бўлади. Бундай ҳолатда тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\tau = -\mu (dw/dn) \quad (2.30)$$

Юқоридаги тенгламалар ньютоннинг ички ишқаланиш қонунини ифодалайди. Бу қонунга кўра, суюқликнинг оқиши пайтида унинг қатламлари ўртасида пайдо бўлган ички ишқаланиш кучланиш нормал бўйича олинган тезлик градиентига тўғри пропорционалдир.

$$\tau = -\mu (dw/dn) \quad (2.31)$$

боғлиқлигини график шаклда кўрсатиш мумкин. Бундай боғлиқлик *оқиш эгри чизиги* дейилади.

Бингам ёки пластик суюқликлар қаторига суспензиялар, хўл кум, лой, пасталар қиради. Силжиш кучланиши кичик қийматга эга бўлганда бундай суюқликлар окмайди, фақат уларнинг шакли ўзгаради.

Мавҳум пластик суюқликлар (полимерларнинг эритмалари, целлюлозалар) силжиш кучланиш жуда кичик қийматга тенг бўлгандаёқ оқа бошлайди, бироқ уларнинг қовушқоқлик коэффициентини тезлик градиентининг ортиши билан камайиб боради.

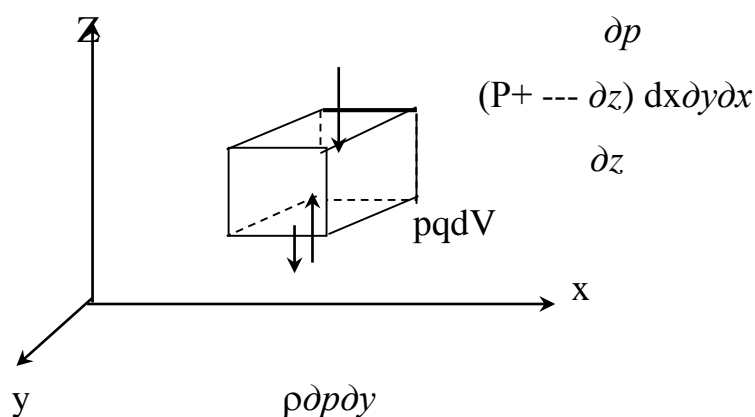
Ноньютон суюқликлар қаторига тиксотроп ва реопектант суюқликлар ҳам қиради. Тиксотроп суюқликларда (вақт ўтиши давомида қовушқоқлиги ортиб борадиган буёқлар) маълум қийматдаги силжиш кучланишлигининг таъсир

вақти ортиши муҳит таркибини бузилишига ва оқиш тезлигининг кўпайишига олиб келиши мумкин.

2.3. Суyoқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Бу тенгламани келтириб чиқариш учун турғун ҳаракат қилаётган идеал суyoқлик оқимидан элементар кичик заррачага ҳаракат пайтида тинч ҳолатда таъсир қилаётган кучларнинг тақсимланишини кўриб чиқамиз.

Элементар заррача параллелепипед шаклига эга. Параллелепипеднинг қирралари dx, dy ва dz га тенг бўлиб, x, y ва z ўқларига параллел. Унинг ҳажми dV . Эйлернинг мувозанат тенгламасига мувофиқ оғирлик ва гидростатик кучларнинг координаталар ўқиға проекцияси қуйидагича:



$$\begin{array}{l}
 x \text{ ўқиға} \quad - \quad \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz \\
 y \text{ ўқиға} \quad - \quad \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz \\
 z \text{ ўқиға} \quad - \quad (\rho g + \frac{\partial p}{\partial z}) dx dy dz
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} x \text{ ўқиға} \\ y \text{ ўқиға} \\ z \text{ ўқиға} \end{array}} \right\}$$

2-расм.

Параллелепипеднинг ҳажмини тезлик ва тезланишга боғлиқлиги

Параллелепипед ҳажмидаги суyoқлик массаси: $dm = \rho dx dy dz$ суyoқлик x, y ва z ўқларда w_x, w_y ва w_z тезлик билан ҳаракатланса, унинг тезланиши dw/dt тенг бўлиб, ўқларга нисбатан тезланишнинг проекцияси эса $dw_x/dt, dw_y/dt$ ва dw_z/dt бўлади.

Динамиканинг асосий қонунига асосан:

$$\begin{aligned}
 \rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz \\
 \rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz \\
 \rho dx dy dz \frac{dw_z}{d\tau} &= -\left(\rho g + \frac{\partial p}{\partial z}\right) dx dy dz
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} \\ \rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} \end{aligned}} \right\} (2.32)$$

Қисқартиришлардан сўнг қуйидаги тенгламалар системасига эга бўламиз:

$$\left. \begin{aligned}
 \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} \\
 \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} \\
 \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z}
 \end{aligned} \right\} (2.33)$$

Бу тенгламалар турғун оқим учун идеал суюқликлар ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгласидир.

2.4. Ҳаракатнинг Навье-Стокс дифференциал тенгласи

Қовушқоқликка эга ҳақиқий суюқликлар ҳаракатида оқим заррачаларига оғирлик ва гидростатик кучлардан ташқари ишқаланиш кучлари таъсирини аниқлаш учун ҳаракат қилаётган ҳақиқий суюқлик оқимида кичик параллелепипед шаклидаги элементар заррача оламиз. Суюқликнинг x ўқи бўйича ҳаракатланишини кўрамиз. Агар параллелепипеднинг пастки қиррасида кучланиш уринмаси τ га тенг бўлса, юқори қиррасида эса $(\tau + d\tau/dz)$ ни ташкил этади. Тенг таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг x ўққа проекцияси:

$$\tau dx dy - (\tau + d\tau/dz) dx dy = -d\tau/dz dx dy dz$$

Ушбу ифодага τ нингқийматини қўямиз:

$$\mu \frac{\partial(\partial\omega_x/\partial z)}{\partial z} dx dy dz = \mu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial z^2} dx dy dz \quad (2.34)$$

$$\partial z \qquad \partial z^2$$

Уч ўлчамли оқим учун ω_x тезликнинг таркиби фақат Z ўқи йўналиши бўйичагина эмас, балки координатанинг барча ўқлари бўйича ўзгаради ва қуйидаги қуринишни олади:

Координата ўқлари бўйича иккинчи ҳосилаларнинг йиғиндиси Лаплас оператори дейилади:

$$\frac{\partial^2 \omega_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial z^2} = \nabla^2 \omega_x \qquad (2.35)$$

Натижада тенглама қуйидаги қўринишга келади :

$$\mu \nabla^2 \omega_x dx dy dz$$

Ўз навбатида тенг таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг у ва z ўқларига бўлган проекцияларини ёзамиз:

$$Y \quad \text{ўқига} \quad \mu \nabla^2 \omega_y dx dy dz$$

$$Z \quad \text{ўқига} \quad \mu \nabla^2 \omega_z dx dy dz$$

Томчили суюқликнинг элементар ҳажмига таъсир қилувчи ҳамма кучлар тенг таъсир этувчиларининг координата ўқларига проекциялари:

$$X \quad \text{ўқига} \quad (-\partial p / \partial x + \mu \nabla^2 \omega_x) dx dy dz$$

$$Y \quad \text{ўқига} \quad (-\partial p / \partial y + \mu \nabla^2 \omega_y) dx dy dz$$

$$Z \quad \text{ўқига} \quad (-\rho g - \partial p / \partial z + \mu \nabla^2 \omega_z) dx dy dz$$

Тенг таъсир этувчи куч проекциясини массанинг тезланиш проекциясига кўпайтмасига тенглаб, сўнгра $dx dy dz$ га қисқартириб, қуйидаги ифодаларга эришамиз:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 w_y \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w_z \end{aligned} \right\} \qquad (2.36)$$

Бу тенгламалар ҳақиқий суюқликлар ҳаракатини ифодалайдиган Навье-Стокс дифференциал тенгламаларини ташкил этади.

Тенгламалар тизими трубадан оқаётган ҳақиқий суюқликнинг турғун ҳаракатини ифодалайди.

2.5. Бернулли тенгламаси

Бернулли тенгламаси суюқликлар ҳаракатини ўрганишда, насос ва компрессорларнинг умумий босимини топишда, суюқлик ҳамда газлар тезлиги ва сарфланиш миқдорини аниқлашда кенг қўлланилади. Бу тенглама Эйлернинг ҳаракат тенгламасидан топилади. Тенгламани унғ ва чап томонини dx , dy ва dz га кўпайтириб ва суюқлик зичлиги ρ га бўлиб қуйидагини оламиз:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau} \cdot dw_x &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \cdot dx \\ \frac{dy}{d\tau} \cdot dw_y &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot dy \\ \frac{dz}{d\tau} \cdot dw_z &= -qdz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \cdot dz\end{aligned}\tag{2.37}$$

$\frac{dx}{d\tau}$, $\frac{dy}{d\tau}$, $\frac{dz}{d\tau}$ координата ўқидаги ω_x , ω_y , ω_z тезлик проекциясини беради ва тенгламани соддалаштириб қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{\omega_x d \omega_x}{2} = d\left(\frac{\omega_x^2}{2}\right), \quad \frac{\omega_y d \omega_y}{2} = d\left(\frac{\omega_y^2}{2}\right), \quad \frac{\omega_z d \omega_z}{2} = d\left(\frac{\omega_z^2}{2}\right)$$

Бундан $d\left(\frac{\omega^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - p d\tau$

Тенгламани оғирлик кучига ρg га бўлсак, у ҳолда

$$d \cdot \left(\frac{w^2}{2g} \right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0\tag{2.38}$$

Бир жинсли, сикилмайдиган 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

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = \text{const} \quad (2.39)$$

Бу идеал суюқлик учун Бернулли тенгламаси ҳисобланади.

$$\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right) \text{ гидродинамик напор дейилади.}$$

бу ерда z - геометрик напор, яъни берилган нуқтадаги ҳолатнинг солиштирма потенциал энергияси; $p/\rho g$ - статик (поезометрик) напор, берилган нуқтадаги босимни солиштирма кинетик энергияси; $w^2/2g$ – тезлик (динамик) напори, берилган нуқтадаги солиштирма кинетик энергияси.

Агар z ни h_r , $p/\rho g$ ни h_c , $w^2/2g$ ни эса h_p билан белгиласак, у ҳолда

$$h_r + h_c + h_p = H$$

Бернули тенгламасини биноан, идеал суюқликларнинг турғун ҳаракатида геометрик, статик ва динамик напорлар йиғиндисини умумий гидродинамик босимга тенг бўлиб, у оқим бир трубадан иккинчи трубага ўтганида ҳам ўзгармайди:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.40)$$

Тенгламадаги учала босим ҳам узунлик ўлчамига эга бўлиб метр ҳисобида ифодаланади.

Бернули тенгламаси энергия сақланиш қонунининг хусусий қуринишида бўлиб оқимнинг энергетик балансини белгилайди.

2.6. Суюқлик ҳаракатини тавсифловчи асосий катталиклар

Суюқликнинг ҳаракати *тезлик, сарф, босим* ва бошқа катталиклар билан характерланади.

Суюқликнинг тезлиги ва сарфи оқимни кўндаланг кесими буйлаб оқаётган суюқлик миқдорини вақтга нисбати *суюқлик сарфи* дейилади. У иккига бўлинади: ҳажмий сарф $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{соат}$ ва массавий сарф $\text{кг}/\text{с}$, $\text{кг}/\text{соат}$.

Ҳар хил нуқталарда суюқликлар оқимининг тезлиги ҳар хил. Шунинг учун ҳисобларда ўртача тезликни кўпроқ қўлланилади. Бу тезлик ҳажмий сарфни оқимнинг кўндаланг кесим юзасига нисбати билан аниқланади:

$$\omega = V/S \quad \text{ёки} \quad V = \omega S \quad (2.41)$$

$$\text{Массавий сарф куйидагича аниқланади: } M = \rho \omega S \quad (2.42)$$

$\rho \omega$ - бу катталик суюқликнинг массавий тезлиги ҳисобланади, $\text{кг}/\text{м}^2\cdot\text{с}$.

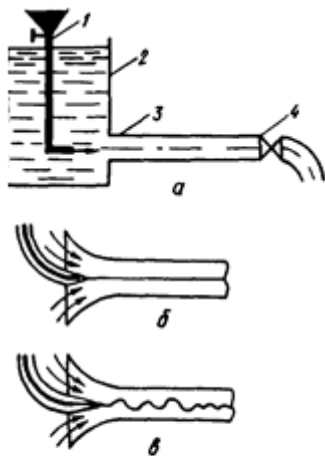
Гидравлик радиус ва эквивалент диаметр. Кўндаланг кесим юза буйлаб ҳаракат қилаётган суюқлик учун *гидравлик радиус* ёки *эквивалент диаметр* деган катталик киритилади. Суюқлик оқиб ўтаётиб трубопровод ёки каналнинг эркин кўндаланг кесим юзасининг периметрга нисбати гидравлик радиус ҳисобланади.

$$R = S / \Pi \quad (2.43)$$

Юмалоқ труба унинг ички диаметри d бўлса, $S = \Pi d^2/4$, гидравлик радиус орқали ифодаланган диаметр эквивалент диаметр ҳисобланади:

$$d_0 = 4S / \Pi = d_T - d_{\text{и}} \quad (2.44)$$

Суюқликларнинг ҳаракат режими. Биринчи марта суюқликлар ҳаракатининг режимини 1883 й Рейнольдс томонидан ўрганилган. Идишда доимий сатх ушлаб турилади. Унча катта бўлмаган тезликда рангли суюқлик сувга аралашмасдан тўғри чизик бўйлаб ип шаклида ҳаракат қилади. Бундай ҳаракат *ламинар режим* дейилади. Трубадаги сув оқими тезлиги оширилса рангли суюқлик труба бўйлаб тўлқинсимон ҳаракат қилиб сувнинг бутун массасига аралашиб кетади.



3 - расм
турбулент ва ламинар
режим

Рейнольдс ўз тажрибаларида фақат тезликни эмас, балки трубанинг диаметри, суюқликнинг қовушқоқлиги ва зичлигини ўзгартирди. Бу ўзгарувчан катталиклар: *тезлик w* , *диаметр d* , *зичлик ρ* , *қовушқоқлик μ* каби катталиклардан Рейнольдс ўлчамсиз комплекс келтириб чиқарди, яъни:

$$Re = \frac{w d \rho}{\mu} = \frac{w d}{\nu} \quad (2.45)$$

Бу комплекс *Рейнольдс критерийси* (мезони) дейилади. Рейнольдс мезони ўлчовсиз маълум сон қийматга эга.

Агар $Re < 2300$ бўлса, *ламинар режим* бўлади. Агар $Re > 10000$ бўлса, *турбулент режим* бўлади. $Re = 2300 - 10000$ чегарада ўзгарса *ўтиш соҳаси* бўлиб труба ўртасида суюқлик турбулент, девор яқинида ламинар ҳаракатда бўлади.

Суюқликларнинг тезлиги ва сарфини ўлчаш. Кимё ва озиқ-овқат саноатида суюқликларнинг тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дрессель асбоблар ва пневматик трубалар кенг ишлатилади. Очiq оқимда суюқликнинг тезлиги Пито найчаси билан ўлчанади, у кичик диаметр букилган най, ҳаракатланаётган суюқлик оқими йўналишига очiq учи қарама-қарши қилиб ўрнатилади ва найнинг ўқи оқим йўналишида мос келади. Бунда найнинг вертикал қисмида суюқлик динамик босимга тенг бўлган h баландликка кўтарилади, яъни

$$h = w^2/2g \quad (2.46)$$

Бундан $\omega = \sqrt{2gh}$. Амалда оқим йўналишида найнинг бўлиши тезликнинг умумий тақсимланишига таъсир қилади, шунинг учун формулага тузатиш коэффициенти киритилади:

$$\omega = \xi \sqrt{2gh} \quad (2.47)$$

Бу коэффициентнинг қиймати ҳар қайси най учун тажриба йўли билан топилади. Суюқликнинг миқдори секундли сарф тенгламаси орқали аниқланади: $V = S \omega$

Оқим тезлиги ва сарфини ўрганиш унинг юқоридаги усуллар содда ва қулайдир, лекин пневматик трубаларни оқимларнинг ўқиға нисбатан ўрнатиш жуда қийин. Шу сабабли саноатда оқим тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссель асбоблари ишлатилади.

Дроссель асбоблари сифатида ўлчовчи диафрагма, сопло, Вентури трубалари ишлатилади. Вентури трубазида ўлчовчи диафрагма ва соплога нисбатан босимнинг йўқотиши кам бўлади, чунки унинг диаметри аста-секин торайиб, сўнгра кенгайиб ўз ҳолиға қайтади. Шунинг учун Вентури трубалари саноатда кўпроқ ишлайди.

Босимларнинг ўзгариши Бернулли тенгламаси орқали ифодаланади:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.48)$$

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = h$$

бу ерда h - трубанинг тор ва кенг кесимидаги босимлар ўзгаришининг дифманометрда ўлчанган миқдори, м.

w нинг қийматини динамик напорлар айирмасини ифодаловчи тенгламага кўйсак:

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_2^2}{2g} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 = h$$

бундан

$$w_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (2.49)$$

Диафрагма тешиги S_0 дан ўтаётган суюқлик сарфининг миқдори:

$$V_c = \frac{\alpha\pi}{4} d_0^2 \cdot \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (2.50)$$

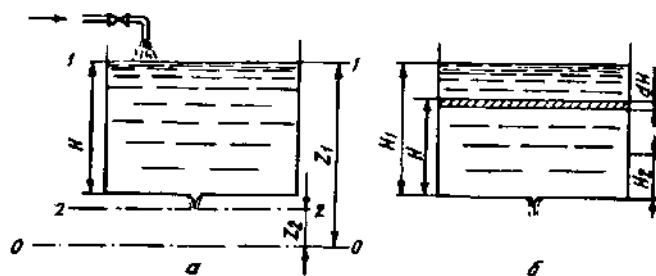
бу ерда d - дрессель асбобларининг сарф коэффициенти, $d <$

Дрессель қурилмаларининг диаметри трубаининг диаметридан 3-4 марта кичкина шунинг учун $(d_2/d_1)^4$ нисбатлар миқдори жуда кичик бўлади, демак суюқликнинг сарфини қуйидагича топилади:

$$V_c = \frac{\alpha\pi}{4} d_0^2 \sqrt{2gh} \quad (2.51)$$

2.7. Суюқликларни оқиши

Идишдаги суюқликнинг пастки юпқ девордаги думалоқ тешик орқали оқиб тушгандаги сарфланиш миқдорини аниқлашни кўриб чиқамиз



(3.2-расм, а).

4- расм. Идишнинг тешигидан суюқликнинг оқиб чиқиши;

а) ўзгармас баландликда, б) ўзгарувчан баландликда

Идишда идеал суюқлик бўлиб, унинг баландлиги бир хил вазиятда ўзгармасдан туради. Идишнинг пастки қисмига параллел бўлган 0-0 текисликка нисбатан 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} . \quad (2.52)$$

Идишнинг устки қисми очиқ бўлгани учун 1-1 ва 2-2 кесимлардаги босим ўзаро тенг ($P_1 = P_2$) ва суюқликнинг баландлиги ўзгармаганлиги учун унинг юқориги қисмидаги тезлиги $w_1 = 0$, бундан ташқари, $z_1 - z_2 = H$, у ҳолда:

$$\frac{w_2^2}{2g} = H . \quad \text{Бундан } w_2 = \sqrt{2gH} .$$

Демак, тешиқдан оқиб тушаётган суюқликнинг тезлиги суюқликнинг баландлигига боғлиқ экан. Ҳақиқий суюқлик тешиқдан оқиб чиқишида босимнинг бир қисми ички ишқаланиш кучларини енгитиш учун сарф бўлади, бунда босимнинг йўқолиши тезлик коэффициентини φ орқали ҳисобга олинади, яъни:

$$w = \varphi \sqrt{2gH} . \quad (2.53)$$

Суюқлик оқими тешиқдан оқиб тушаётганда сиқилиши натижасида тезлик ва босим камаяди, бундай ҳолат тешиқдан чиқаётган оқимнинг сиқилиш коэффициентини орқали ҳисобга олинади ва ε билан белгиланади:

бу ерда S_2 - тешиқдан ўтган суюқлик оқимининг сиқилган жойдаги кўндаланг кесими; S_0 - тешиқдан ўтаётган суюқлик оқимининг кўндаланг кесими.

Тезлик ва оқимнинг сиқилиш коэффициентларининг кўпайтмаси сарф коэффициент дейилади ва α билан белгиланади:

$$\alpha = \varepsilon \varphi . \quad (2.55)$$

Бу коэффициент суюқлик турига боғлиқ бўлиб, ҳар қайси суюқлик учун тажриба орқали аниқланади ҳамда унинг қиймати суюқлик хусусияти, тешик шакли ва оқим тезлигига боғлиқ. Ҳажмий сарф миқдори:

$$V = \alpha S_0 \sqrt{2gH} . \quad (2.56)$$

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, идишдан тешик орқали оқиб чиқаётган суюқлик миқдори идишнинг шаклига боғлиқ бўлмасдан тешик катталиги ва суюқлик баландлигига боғлиқдир. Сув ва қовушқоқлиги сувнинг қовушқоқлигига яқин бўлган суюқликлар учун сарф коэффициенти $\alpha = 0,62$.

Бу тенглик орқали идишдаги суюқлик баландлиги маълум миқдорга камайганда, яъни H_1 дан H_2 га ўзгарганда суюқликнинг оқиб тушиш вақти аниқланади. Идишдаги суюқликнинг бутунлай оқиб чиқиш вақти (бунда $H_2=0$):

$$\tau = \frac{2S\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\alpha S_0 \sqrt{2g}}$$

Идишдан суюқлик тўла оқиб тушганда, яъни $H_2 = 0$ бўлганда тенглама куйидагича бўлади:

$$\tau = \frac{2S\sqrt{H_1}}{\alpha S_0 \sqrt{2g}}$$

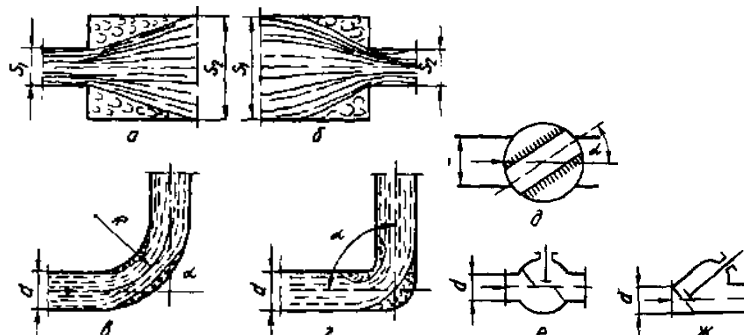
2.8. Гидравлик қаршиликлар

Реал суюқликлар ҳаракатланганда уларнинг гидравлик қаршиликлар ҳисоби гидродинамиканинг асосий масалаларидан бири ҳисобланади. Напорнинг йўқотилиши $h_{\text{й}}$ ёки босимнинг йўқотилиши $P_{\text{й}}$ ни аниқлашда энергияни сарфини ҳисоби ва суюқликларнинг аралашшига боғлиқ бўлади. Напорнинг йўқотилиши деганда умумий ҳолда ишқаланиш ва механик қаршилик йиғиндиси тушунилади.

Ишқаланиш қаршилиги - бу реал суюқликлар трубанинг узунлиги бўйлаб ҳаракат қилганда содир бўлади. Бу катталикларга суюқликларнинг ҳаракат

режими, гидродинамик шароитлар, энергиянинг йўқотилиши, суюқликлар ҳаракати киради.

Маҳаллий қаршилик - оқим тезлигини йўналиши ўзгарганда ҳосил бўлади. Бунга трубага кириш ва чиқиш, сиқилиш ва кенгайиш бурилиш тирсак, созлаш қурилмалари (вентиль, кран, задвижка) киради.



5- расм. Маҳаллий қаршиликлар:

а - трубаннинг бирдан кенгайиши; б - трубаннинг бирдан торайиши; в - трубаннинг текис бурчак остида тўғри бурилиши; г - тўғри бурчак остида трубаннинг бирдан бурилиши; д - тикинли кран; е - стандарт вентиль; ж - тўғри вентиль (эгилган шпиндель билан).

Гидравлик қаршиликларни ҳисоблаш катта амалий аҳамиятга эга. Йўқотилган - босимни билмасдан насос ва компрессорлар ёрдамида суюқлик ва газларни узатиш учун керак бўлган энергия сарфини ҳисоблаш қийин. Трубадан суюқлик оқаётганда ички ишқаланиш кучи трубаннинг бутун узунлиги бўйича мавжуд бўлади. Унинг катталиги суюқликнинг оқиш режимига (ламинар, турбулент) боғлиқ. Суюқлик оқимининг ҳаракат йўналиши ва тезлиги ўзгарганда у маҳаллий қаршиликларга дуч келади. Трубадаги вентиллар, тирсак, жумрак, торайган ҳамда кенгайган қисмлар ва ҳар хил тўсиқлар **маҳаллий қаршилик** дейилади (4.19-расм). Труба ва каналларда ички ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик учун йўқотилган босим Дарси-Вейсбах тенгламаси орқали аниқланади:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_2} \frac{\rho \omega^2}{2}$$

бу ерда λ - ички ишқаланиш коэффиценти; l - труба узунлиги, м; ω - оқимнинг ўртача тезлиги, м/с; d_2 - трубаннинг эквивалент диаметри, м; ρ - суюқликнинг зичлиги, кг / м³.

Тўғри ва силлиқ трубаларда суюқлик оқими ламинар ҳаракатда бўлса, ишқаланиш коэффициентини трубанинг ғадир-будурлигига боғлиқ бўлмайди ва қуйидаги тенглик орқали аниқланади:

$$\lambda = \frac{A}{Re} \quad (2.57)$$

бу ерда A - труба шаклини ҳисобга олувчи коэффициент: думалоқ трубалар учун $A = 64$, квадрат шаклдаги каналлар учун $A = 57$; Re - Рейнольдс мезони.

Гидравлик жиҳатдан силлиқ трубалар учун Re нинг қиймати $4 \cdot 10^3$ дан 10^4 гача бўлганда ишқаланиш коэффициентини Блазиус тенгламаси орқали аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \quad (2.58)$$

Турбулент оқимда ишқаланиш коэффициентининг катталиги режимга ҳамда трубанинг ғадир-будурлигига боғлиқ. Трубанинг ғадир-будурлиги абсолют геометрик ва нисбий ғадир-будурлик билан ҳарактерланади. Труба деворларидаги ғадир-будурликлар ўртача баландликларнинг труба узунлиги бўйича ўлчаниши абсолют *геометрик ғадир-будурлик* дейилади.

Труба деворларидаги ғадир-будурликлар баландлигининг (Δ) трубанинг эквивалент диаметрига (d_e) нисбати *нисбий ғадир-будурлик* дейилади ва ϵ билан ифодаланади:

$$\epsilon = \frac{\Delta}{d_e}$$

Турбулент режим учун ишқаланиш коэффициенти λ ни топишда қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\epsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right].$$

Маҳаллий қаршиликлардаги босимнинг йўқотилиши қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$\Delta P_{mk} = \sum \xi_{mk} \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (2.59)$$

бу ерда ξ_{MK} - маҳаллий қаршилик коэффиценти (1-жадвалга қаранг) унинг қиймати тажриба йўли билан аниқланади.

1. - жадвал

3-расмдаги маҳаллий қаршилик тартиби	Маҳаллий қаршилик тури	Маҳаллий қаршилик коэффиценти, ξ_{MK}
1.	Трубага кириш	0,2...0,5
2.	Трубадан чиқиш	1,0
3.	90° га тўғри бурчак остида бурилиш $\alpha=90^\circ$ ли тирсак	0,15 1,1... 1,3
4.	Тиқинли кран:	
5.	Бутунлай очик $\alpha=20... 50^\circ$	0,05
6.	Стандарт вентиль $d_w=20\text{мм}$	2 ... 95 8
	$d_w=40\text{мм}$ ва ундан ортиқ	4...6
7.	Тўсатдан кенгайиш ($Re>3500$): $f_1/f_2=0,1$	0,50 0,40
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25
8.	Тўсатдан торайиш ($Re>10^4$): $f_1/f_2=0,1$	0,45 0,40
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25

Ички ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун умумий сарф бўлган босим қуйидагига тенг:

$$\Delta p_{iуқ} = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{MK} \right) \frac{\rho w^2}{2}$$

2.9.Суюқликларнинг донасимон қатламдан ўтиши

Кўпчилик кимёвий технологик жараёнларда суюқлик ва газлар сочилувчан донасимон материаллар қатламидан ўтказилади. Ишлатиладиган донасимон материаллар хилма-хил бўлиб, уларнинг шакли ва ўлчамлари ҳам ҳар хил бўлади. Агар донасимон материаллар бир хил бўлса, *бир ўлчамли қатлам* ва ҳар хил бўлса *кўп ўлчамли қатлам* дейилади.

Донасимон материаллар орасидаги бўшлиқ ҳажмининг қатлам ҳажмига нисбати *бўш ҳажм* дейилади ва ε билан белгиланади:

$$\varepsilon = V - V_0 / V \quad (2.60)$$

бу ерда V - донасимон қатлам ҳажми; V_0 - қатламдаги заррачалар эгаллаган ҳажм; $V - V_0$ қатламнинг бўш ҳажми.

Бўш ҳажмнинг катталиги донасимон материалларнинг хилига ва уларнинг катта-кичиклигига боғлиқ бўлиб, у тажриба орқали топилади. Донасимон қатламдаги гидравлик қаршиликни аниқлашда трубадан суюқлик ўтганда босимнинг йўқолишини топишда қўлланиладиган тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (2.61)$$

бу ерда λ - фақат ишқаланиш қаршилигини ҳисобга олмай, балки суюқлик ҳаракати давомидаги маҳаллий қаршиликларни, яъни суюқликнинг заррачалари оралигидаги эгри-бугри каналлардан ва заррачалар орасидан ўтаётгандаги қаршиликларнинг ҳаммасини ҳисобга олади ва умумий қаршилик коэффиценти дейилади.

Тенгламалардаги эквивалент диаметр донадор заррачаларнинг диаметри орқали аниқланади:

$$d_s = \frac{2\Phi \cdot \varepsilon \cdot d}{3(1 - \varepsilon)} \quad (2.62)$$

бу ерда Φ заррачаларининг шаклини белгиловчи катталик, d - заррачанинг ўлчами.

$$\Phi = F_{ш} / F \quad (2.63)$$

бу ерда F - текширилатган заррачаларнинг юзаси; $F_{ш}$ - текширилатган заррачанинг ҳажмига тенг бўлган шарнинг юзаси.

Масалан: шарсимон заррачалар учун $\Phi = 1$; куб учун $\Phi = 0,806$; баландлиги радиусидан 10 марта катта бўлган цилиндр учун $\Phi = 0,69$ га тенг.

Φ нинг қиймати одатда махсус адабиётларда берилади. Агар қатламнинг бўш ҳажми ва солиштира юзаси маълум бўлса, d_3 ни қуйидагига нисбатдан топиш мумкин:

$$d_3 = \frac{4 \cdot \varepsilon}{a}$$

бу ерда a - солиштира юза, m_2 / m_3

Солиштира юза қатламнинг ҳажм бирлигида жойлашган ҳамма заррачаларининг юзасини ифодалайди.

Агар қатлам кўп ўлчамли қатламлардан иборат бўлса, у ҳолда заррачаларнинг диаметри қуйидагича топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i}} \quad (2.64)$$

бу ерда x_i - диаметри d_i бўлган заррачаларнинг массавий улуши. Қатлам каналларидаги суюқликнинг ҳақиқий тезлигини аниқлаш қийин. Шу сабабли дастлабки суюқликнинг маъхум тезлиги топилади. Сўнгра қуйидаги нисбатдан фойдаланиб, суюқликнинг ҳақиқий тезлиги аниқланади:

$$\omega = \frac{\omega_0}{\varepsilon} \quad (2.65)$$

бу ерда $w_0 = V/F$ маъхум тезлик суюқлик ҳажмий сарфини қатламнинг кўндаланг кесими юзасига бўлган нисбатига тенг.

Қаршилик коэффиценти λ ни аниқлаш учун бир қатор тенгламалар таклиф этилган. Суюқликларнинг донасимон қатламлардан ўтишдаги ҳамма режимлар учун умумий гидравлик қаршилик коэффицентини қуйидаги умумий тенглама орқали топиш мумкин:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,54$$

Тенгламадаги Рейнольдс мезони қуйидагича топилади:

$$Re = \frac{4 \cdot \omega_0 \cdot \rho}{a \mu}$$

бу ерда ρ ва μ - суюқликнинг зичлиги ва динамик қовушқоқлиги, a - солиштирма юза, ω_0 - суюқликнинг мавҳум тезлиги.

Мавҳум тезлик суюқлик ҳажмий сарфини қатламнинг кўндаланг кесими юзасига бўлган нисбатига тенг: $\omega_0 = V/F$

Қатлам каналидаги суюқликнинг ҳақиқий тезлиги:

$$\omega = \frac{\omega_0}{\varepsilon}$$

бу ерда ε - қатламдаги бўш ҳажмнинг улуши.

Донасимон материаллар орасида бўш ҳажмнинг қатламнинг ҳажмига нисбати *бўш ҳажмнинг улуши* (ёки *зovacликлик*) дейилади ва ε билан белгиланади:

$$\varepsilon = \frac{V - V_3}{V} = \frac{V_6}{V}, \quad (2.66)$$

бу ерда V -донасимон қатлам ҳажми; V_3 - қатламдаги заррачалар эгаллаган ҳажм; V_6 - қатламдаги бўш ҳажм.

Заррачаларнинг солиштирма юзаси ($f_c, \text{м}^2/\text{м}^3$) ва уларнинг оралиғидаги каналларнинг эквивалент диаметри ($d_3, \text{м}$) қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланади:

$$f_c = \frac{6(1-\varepsilon)}{d},$$

$$d_3 = \frac{2}{3} d \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}, \quad (2.67)$$

бу ерда d -заррачаларнинг диаметри, м.

Каналларнинг узунлиги қатлам баландлиги орқали аниқланади:

$$l = \varphi H$$

бу ерда φ - тажриба коэффициенти, $\varphi > 1$.

d , ω , l қийматларини юқоридаги тенгламага қўйиб, қуйидаги тенгламага эришамиз:

$$(2.68) \quad \Delta P_k = \frac{3\lambda\varphi H(1-\varepsilon)\omega_0^2}{4d\varepsilon^3}$$

Ламинар оқим учун қатламнинг қаршилик коэффициенти:

$$\lambda_k = \frac{64}{Re_k} = \frac{64 \cdot 3\mu(1-\varepsilon)}{2\omega_0 d \rho} \quad (2.69)$$

Бундай ҳолатда:

$$\Delta P_k = 72 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \varphi \frac{\omega_0 \mu H}{d^2} \quad (2.70)$$

Юқоридаги тенглама ёрдамида суюқлик ёки газнинг ғоваксимон қатлам орқали филтрлаш пайтида қатламнинг гидравлик қаршилигини аниқлаш мумкин.

Донасимон қатламдаги суюқликнинг турбулент оқими учун унинг қийматини аниқлаш жуда қийин вазифа ҳисобланади. Шу сабабли бундай шароитда ΔP_k нинг қиймати қуйидаги эмпирик тенглама билан топилади:

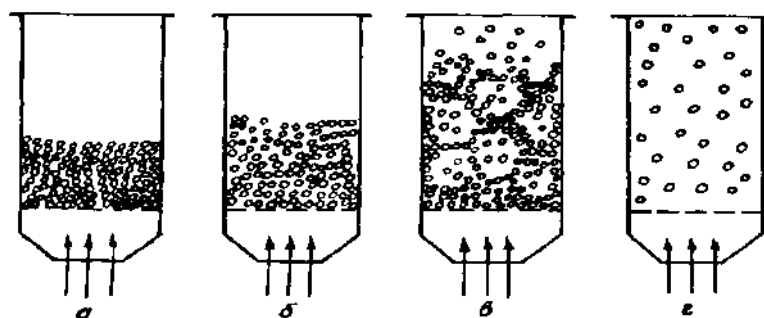
$$\Delta P_k = \left[150 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{\mu \omega_0}{d^2} + 1,75 \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} \cdot \frac{\rho \omega_0^2}{d} \right] H \quad (2.71)$$

2.10. Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси

Ҳозирги вақтда кимё саноатини барча технологик жараёнларида мавҳум қайнаш усули кенг қўлланилмоқда. Иссиқлик алмашиниш, қуритиш,

абсорбциялаш каби жараёнларда мавҳум қайнаш усулининг ишлатилиши катта натижалар бермоқда. Мавҳум қайнаш жараёнида фазалар ўртасидаги контакт юза катта бўлиши туфайли жараён бир неча марта тезлашади, натижада қурилманинг унумдорлиги ошади. Донасимон заррачалар қатламини ҳосил қилиш учун ихтиёрий шаклдаги вертикал идишга донасимон қаттиқ материал солинади.

Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги нисбатан катта эмас. Қатламнинг ўзгармас ҳолатдан мавҳум қайнаш ҳолатига ўтишга тўғри келадиган газ ёки суюқликнинг тезлиги мавҳум қайнашнинг *бошланиш тезлиги* ёки *биринчи критик тезлик* деб юритилади. Қаттиқ материал доначаларининг газ оқими билан чиқиб кетиш ҳолатига тўғри келадиган тезлик *чиқиб кетиш тезлиги* ёки *иккинчи критик тезлик* деб аталади. (6-расм).



6- расм. Мавҳум қайнаш қатламиниинг ҳолатлари:

- а) кўзгалмас қатлам (филтрлаш режими);
- б) бир жинсли мавҳум қайнаш қатлами;
- в) турли жинсли мавҳум қайнаш қатлами;
- г) қаттиқ доначаларнинг оқим билан чиқиб кетиши.

Шундай қилиб, мавҳум қайнаш ҳолати биринчи ва иккинчи тезликлар ўртасида юз беради.

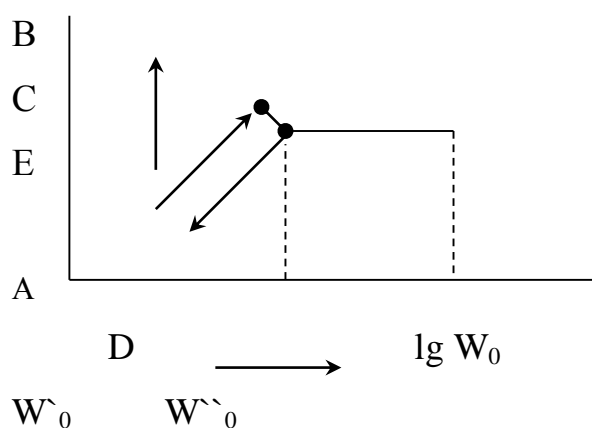
Мавҳум қайнаш 2 хил (бир жинсли ва турли) кўринишда юз беради. Бир жинсли мавҳум қайнашда 1 чи ва 2 чи критик тезликлар ўртасида қаттиқ материал заррачалари бутун қатлам баландлиги бўйича 1 хил тарқалган бўлади.

Амалий жиҳатдан бундай мавҳум қайнаш жараёни томчили суюқлик (масалан, сув) ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

Турли жинсли мавҳум қайнаш асосан қаттиқ модда заррачалари газ оқими ёрдамида мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилганда юз беради. Турли жинсли қатламнинг ҳосил бўлиш даражаси заррачаларнинг юзаси ва шаклига, заррачаларнинг диаметрига, оқимнинг тезлигига, газ тарқатувчи тўрнинг хилига боғлиқ.

Саноатда кўпинча қаттиқ модда - газ системасидаги мавҳум қайнаш қатлами жараёнлари кўпроқ ишлатилади. Бундай системалар кўпинча турли жинсли бўлади.

Айрим шароитларда газ кўпикларига эга бўлган мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади. Нам қаттиқ материаллар ёки жуда кичик ўлчамли материаллар мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилганда канал ҳосил қилувчи қатлам пайдо бўлади. Бунда газ каналлар орқали ўтиб кетади, қаттиқ материалларнинг асосий массаси ўзгармай қолаверади.



7- расм. Донадор металллар гидравлик қарши металлнинг тезлик билан ўзаро боғлиқлиги.

Конуссимон ва конусли-цилиндрсимон қурилмаларда канал ҳосил қилувчи қатлам фонтанли қатламга айланади.

Қаттиқ материалларнинг мавҳум қайнаш ҳолатига келтиришда оғирлик кучидан ташқари магнит ва марказдан қочма кучлар майдонидан ҳам фойдаланса бўлади.

Мавҳум қайнаш жараёнининг бошланиши билан оқимнинг гидродинамик босим кучлари қатламдаги қаттиқ заррачалар оғирлигини мувозанатга солиб туради. Газ оқими тезлигининг ортиши билан заррачалар оғирлиги ўзгармайди, заррачаларни мавҳум қайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур бўлган энергия сарфи ҳам бир хил бўлади. Ўзгармас қатламдан мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш учун босим чўққиси характерлидир. Заррачалар ўртасидаги ўзаро тортишиш кучларини енгиш учун қўшимча энергия сарфланиши сабабли босим чўққиси ҳосил бўлади.

Босим чўққисининг катталиги заррачалар шакли ва юзасига боғлиқ. Агар газ тезлиги аста-секин камайтирилса, эгри чизиқ А нуқтада кесишмай пастроқдан ўтиб, чўкма ҳосил қилмайди. Бу ҳодиса *гистерезис* деб аталади. Мавҳум қайнаш ҳосил бўлишинг критик тезлигини топиш учун жуда кўп тенгнамалар таклиф этилган. Шарсимон бир жинсли заррачалар учун биринчи критик тезликни топишда Годес тенгнамасидан фойдаланиш энг қулайдир:

$$\text{Re}_{кр} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (2.72)$$

бу ерда

$$\text{Re}_{кр} = \frac{\omega_0 \cdot \rho \cdot d}{\mu} \quad (2.73)$$

$$(2.74)$$

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

d - қаттиқ заррачалар диаметри, м; $\rho_{кз}$ - қаттиқ заррачалар зичлиги, кг/ м³; μ - муҳитнинг динамик қовушқоқлиги, Па с; ρ - эркин тушиш тезланиши, м/с², ρ_m – муҳитнинг зичлиги, кг/м³.

Ўзгармас қатлам ва мавҳум қайнаш қатлами баландликлари қуйидаги боғланишга эга:

$$H = (1 - E) = H_0 (1 - E_0) \quad (2.75)$$

бу ерда H - мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги, м; E - мавҳум қайнаш қатламидаги заррачалар орасидаги бўшлиқ; H_0 - ўзгармас қатлам баландлиги, м; E_0 - ўзгармас қатламдаги заррачалар орасидаги бўшлиқ.

Мавҳум қайнаш жараёни мавҳум қайнаш сони K_w билан ҳаракатланади:

$$K_w = w_0 / w'_0$$

бу ерда w_0 - қурилманинг тўла кесимига нисбатан олинган оқимнинг иш тезлиги, м/с; w'_0 - мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлиш критик тезлиги, м/с.

Мавҳум қайнаш сони K_w заррачаларининг қатламдаги аралашини интенсивлиги кўрсатади. Мавҳум қайнаш қатламида энг интенсив аралашини $K_w = 2$ да бўлади. Лекин ҳар бир технологик жараён учун K_w нинг оптимал қиймати тажриба йўли билан аниқланади.

Заррачаларнинг қатламда ўртача бўлиш вақти:

$$\tau_0 = \frac{G_m}{Q_c} \quad (2.76)$$

бу ерда G_m - қатламда бўлган қаттиқ материалнинг массаси, кг; Q_c - қаттиқ материал сарфи кг/с.

Қаттиқ заррачаларнинг газ ёки суюқлик оқими билан чиқиб кетиш тезлиги Тодес тенгламаси орқали топилади:

$$Re_{кр} = \frac{Ar}{18 + 0,62\sqrt{Ar}}$$

бу ерда

$$Re_{кр} = \frac{\omega'_0 \cdot \rho \cdot d}{\mu}$$

(2.77)

Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P = H (\rho_{кз} - \rho_m) (1 - \varepsilon) \quad (2.78)$$

2.11. Донасимон толали материалларнинг мавҳум қайнаши

Тошкент Кимё-технология институти «Жараёнлар ва қурилмалар» кафедраси олиб борилган тадқиқотларга кўра донасимон толали материаллар (пахта чигити) нинг мавҳум қайнаш қатлами ўзига хос хусусиятларга эга экан. Чунки пахта чигитининг донаси ноксимон нотўғри шаклга эга бўлиб, юзасида турли узунликка эга бўлган тўсиқлари бўлади. Пахта чигити учун биринчи критик тезликнинг қиймати чигитнинг тола ушлашига боғлиқ эканлиги тасдиқланади. Чигит қатлами учун $E_0 = 0,43 - 0,55$ маълум бўлди, кўпчилик сочилувчан материаллар учун $E_0 = 0,38 - 0,42$ (ўртача $E_0 = 0,4$).

Тажрибалардан маълум бўлдики, пахта чигитининг эквивалент диаметри d_3 ва зичлиги унинг тола ушлашлиги T га боғлиқ экан.

Тўқсиз ва тола ушлашлиги 13% гача бўлган тўқли пахта чигити учун Re мезони қуйидаги тенглама орқали аниқлаш таклиф этилди:

$$Re_{кр} = 0,456 \cdot \left(\frac{Ar}{10^6} \right)^{3,63} \quad (2.79)$$

Тадқиқотларга кўра Re мезонининг қиймати шакл коэффициентига ва заррачанинг тола ушлашлигига боғлиқ экан. Шу сабабдан донасимон толали материалларнинг ушбу хоссалари заррачанинг тола ушлашлик даражасини белгиловчи коэффициент η орқали ҳисобга олиниши мақсадга мувофиқ бўлади:

$$\eta = \frac{Re_{кр}}{Re_{кр}^0} \quad (2.80)$$

бу ерда $Re_{кр}^0$ - тўқсиз чигит ($T=0\%$) учун $Re_{кр}$ нинг қиймати. Турли навдаги пахта чигити учун η нинг қиймати $\eta = 1 - 2,32 T$ га тенг бўлиб, қуйидаги эмпирик тенглама орқали топилади:

$$\eta = 1 + 0,43 T^{0,44}$$

бу ерда T -чигитнинг ташки юзасидаги толанинг миқдори, %.

Қаттиқ заррачанинг тола ушлашлик даражаси топилгандан сўнг мавҳум қайнашнинг биринчи критик тезлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

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

Донасимон толали материалларнинг қурилмадан чиқиб кетиш ҳолатига тўғри келган иккинчи критик тезликни аниқлаш учун қуйидаги тенглама таклиф қилинди:

$$Re_2 = \frac{\eta^{0,422} Ar}{20,16 + 0,683\sqrt{Ar}} \quad (2.81)$$

Олиб борилган тажриба натижаларини $Re = f(Ar)$ кўринишда қайта ишлаш натижасида қўзгалмас, кенгайтирилган ва мавҳум қайнаш ҳолатларининг чегаралари аниқланади.

Кенгайтирилган қатламнинг бошланиш чегарасини аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$Re_{кр} = (431,2 - 111,15 \eta) P^{0,183} \quad (2.82)$$

бу ерда P - қатлам массасининг юзага нисбати, $кг/м^2$.

Шундай қилиб олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра донасимон толали материаллар учун мавҳум қайнаш ҳолати 2 ва 3 чегара чизиқлари оралигида мавжуд бўлади

2.12. Суюқлик муҳитларида аралаштириш

Кимёвий реакцияларни амалга ошириш, гомоген системалар ҳосил қилиш, иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнларини тезлатиш учун суюқлик муҳитларини аралаштириш кенг қўлланилади.

Аралаштиргич, суюқлик ёки газнинг ингичка оқими таъсирида қурилма ҳажмидаги оқувчан муҳит заррачаларини бир-бирига нисбатан кўп мартаба силжитишга асосланган жараён *аралаштириш* дейилади.

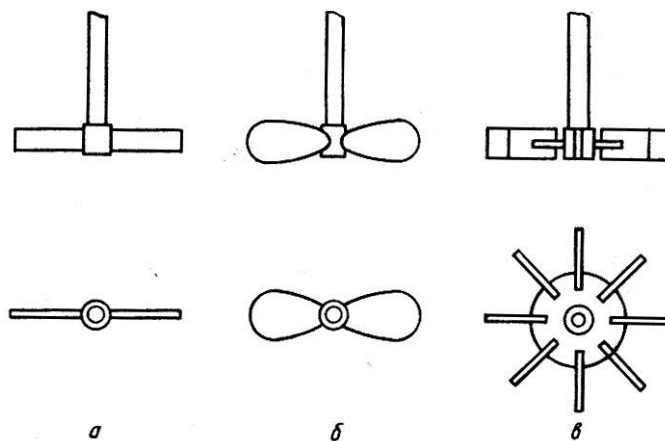
Аралаштириш қуйидаги мақсадлар учун ишлатилади: а) қаттиқ заррачаларни суюқлик ҳажмида бир текисда тарқатиш (суспензия ҳосил қилиш); б) суюқлик заррачаларини тегишли ўлчамларгача майдалаш ва уларни суюқлик муҳитида бир текисда тарқатиш (эмульсия ҳосил қилиш); газ заррачаларини суюқликда бир текисда тарқатиш (аэрация); г) суюқликни иситиш ёки совутиш жараёнларини тезлаштириш; д) аралашадиган системалардаги (масалан, қаттиқ материалларни суюқлик ёрдамида эритиш) модда алмашилишини тезлаштириш.

Кимё саноатида аралаштиришнинг қуйидаги усулларидан фойдаланилади: 1) механик; 2) циркуляцион; 3) турбулизатор ёрдамида; 4) пневматик. Бу усулларни танлаш пайтида бир неча шарт-шароитлар ҳисобга олинади: аралаштиришнинг мақсади; жараённинг асосий ҳарактеристикалари (ҳарорат, босим); аралашадиган муҳитнинг хоссалари; қурилманинг иш унумдорлиги.

Самарадорлик ва тезлик аралаштирувчи қурилмаларнинг энг муҳим ҳарактеристикалари ҳисобланади.

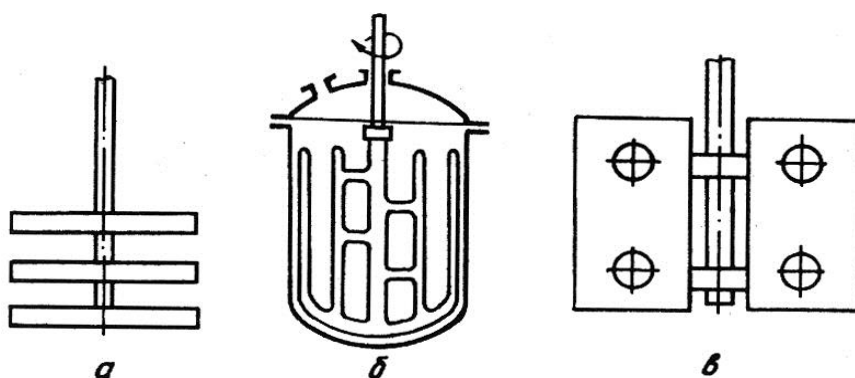
Механик усулда аралаштириш

Саноат ишлаб чиқаришларида ишлатилаётган аралаштиргичлар учга бўлинади: парракли, пропеллерли ва турбинали (5.1 - расм). Парракли аралаштиргичлар бир ва бир нечта парракдан иборат бўлади. Бир парракли аралаштиргичлар қовушқоқлиги (1Н с/м^2) кичик бўлган суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади. Кўп парракли аралаштиргичлар қовушқоқлиги катта бўлган суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади.



7 – расм. а-парракли; б – пропеллерли; в – турбинали.

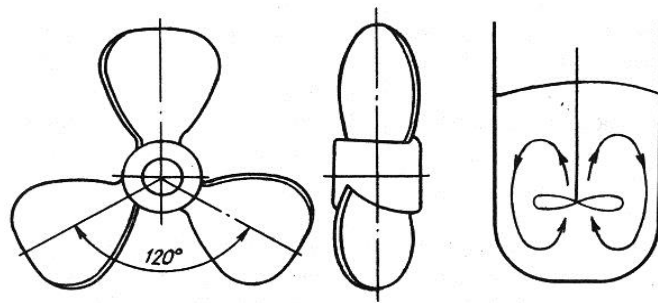
Парракли аралаштиргичларни диаметри қурилма диаметрининг 0,66 - 0,9 қисмини ташкил қилади. Айланишлар сони минутига 15 - 45 гача бўлади. Чўкма ажратувчи системаларни аралаштириш учун якорли аралаштиргичлар ишлатилади.



8 – расм. Парракли аралаштиргичларнинг турлари.

а) рамали; б) якорли; в) япроксимон.

Пропеллерли аралаштиргичларнинг асосий иш органи ўққа ўрнатилган пропеллер ёки винтдан иборат. Ўқ горизонтал, вертикал ёки қия ўрнатилган бўлиши мумкин. Винтлар икки ёки уч қанотли бўлади. Қанотлар суяқликда худди винт каби ҳаракат қилади. Битта вал ўқига биттадан учтагача пропеллер аралаштиргичлар ўрнатилади. Пропеллерни ўраб олган суяқлик эса худди гайка

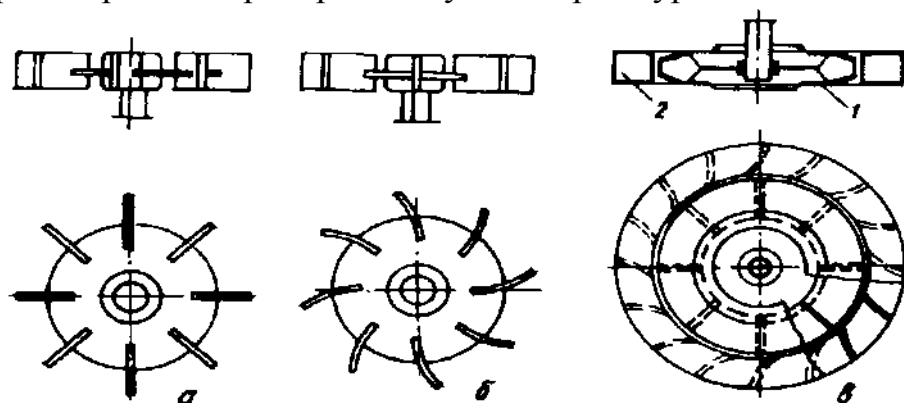


9 – расм. Пропеллерли аралаштиргич

каби аралаштиргичнинг ўқи йўналишида ҳаракат қилади. Пропеллер аралаштиргичлар муҳитларни яхши аралаштирганда катта тезликда айланади. Пропеллернинг диаметри қурилма диаметрини 0,25 - 0,3 қисмини ташкил этади. Айланишлар сони минутига 150-1000 гача бўлади. Пропеллерли аралаштиргичларни ҳаракатчан ва қовушқоқлиги бироз катта бўлган (6 Н с/м^2) суюқликларин аралаштириш учун ишлатилади. Пропеллерли аралаштиргичлар парракли аралаштиргичларга қараганда самарадорлиги анча юқори, лекин уларни ишлаши учун кўп энергия сарфланади.

Турбинали аралаштиргичларнинг асосий иш органи турбина ғилдираги бўлиб, у вертикал ўққа жойлаштирилган бўлади.

Ғилдирак минутига 200 - 2000 гача айланма ҳаракат қилади. Турбина ғилдирагининг ишлаш принципи марказдан қочма кучларнинг таъсирига асосланган. Суюқлик аралаштиргичнинг марказий тешикларидан кириб, у ерда марказдан қочма кучлар таъсирида тезланиш олган ҳолда ғилдиракдан радиал йўналишда чиқиб кетади. Ғилдиракда суюқлик вертикал йўналишдан горизонтал йўналишга утиб, ундан катта тезлик билан чиқади. Бу аралаштиргичларни самарадорлиги жуда юқори. Турбинали



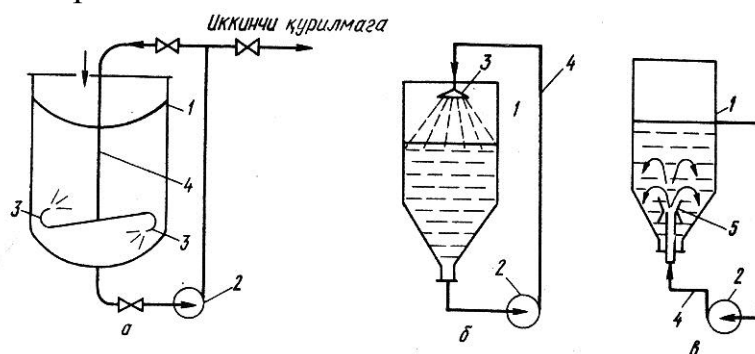
10 - расм. Турбинали аралаштиргич турлари:

а) очик тўғри курракчали; б) очик қия курракчали; в) ёпиқ турбинали;

1 - турбина; 2 – йўналтиргич.

аралаштиргичларнинг диаметри қурилма диаметрининг 0,17-0,33 қисмини ташкил қилади. Бу аралаштиргичлар ($1-700 \text{ Н с/м}^2$) суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади.

Циркуляцион аралаштириш. Суюқлик муҳитини тезда аралаштириш учун циркуляцион насосдан фойдаланилади. Суюқлик хайдаладиган трубопроводлар



11 – расм. Циркуляцион аралаштиришнинг чизмаси.

горизонтал юзига нисбатан бир оз қия қилиб, қурилма деворига уринма ҳолатида бирлаштирилади. Трубопроводларнинг учлари махсус насадкалар билан таъминланган бўлади. Насадка ёрдамида суюқлик қурилманинг ҳажми бўйича сочиб берилади. Циркуляцион насос сифатида марказдан кочма ва ингичка оқимли насослар ишлатилади. Насоснинг иш унумдорлиги кўпайган сари циркуляциянинг самарадорлиги ортади.

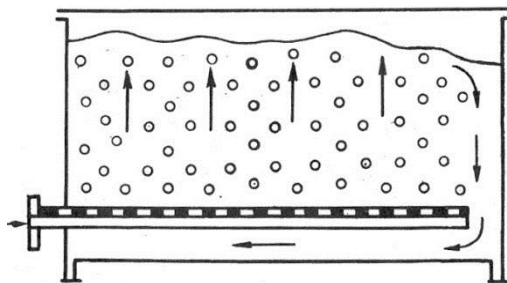
Турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш. Суюқликни оқим буйлаб кўп маротаба аралаштириш учун трубопроводларга ёки уларга жойлаштирилган аралаштиригичларга махсус турбулизаторлар ўрнатилади. Турбулизаторлар (бошқача қилиб айтганда статик аралаштиргичлар) қаторига диафрагма оқим, кесувчи яримта тўсиқ ва винтлар киради. Турбулизаторларга кирганда оқим ўзининг қиймати ва йўналишини ўзгартиради. Аралаштиришнинг ушбу турида оқимнинг энергияси сарф бўлади. Турбулизаторлар ёрдамида олиб бориладиган аралаштириш кўп энергия талаб

қилади. Бу усул суюқликлар ўзаро эрувчанлик хоссаларига эга бўлган ва аралашма компонентларининг қовушқоқлиги нисбатан кам бўлган шароитда ишлатилади. Суюқлик оқими катта тезлик билан ҳаракатланганда ва трубопроводнинг узунлиги нисбатан катта бўлганда турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш мақсадга мувофиқдир.

Оқимнинг ўзида аралаштиришни ҳисоблаш пайтида турбулизаторлар маҳаллий қаршилиқлар сифатида олинади.

2.13. Пневматик аралаштириш

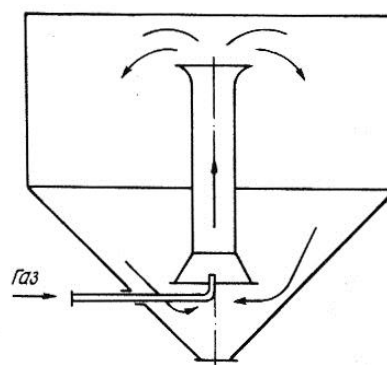
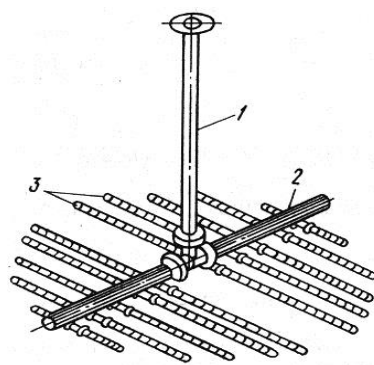
Қовушқоқлиги унча юқори бўлмаган (200 Н с/м^2) суюқликларни аралаштириш ҳамда долнасимон материалларни сувда ювиш учун пневматик аралаштиргичлар ишлатилади.



(12 – расм).

Айрим шароитларди пневматик аралаштириш учун ҳаво ўрнига сув буғи ишлатилади, бунда аралаштиришдан ташқари суюқликни иситиши ҳам юз беради. Пневматик аралаштириш учун газ ёки буғ суюқлик таркибига соплодаги тешиқлар орқали ўтади. Бунда газ (ёки буғ)нинг ингичка оқимлари пуфакчаларга ажралиб, суюқлик массаси бўйлаб юқorigа кўтарилади. Бундай шароитда ҳосил бўлган пуфакчалар ўзи билан бирга суюқликнинг заррачаларини эргаштириб кетади, бундан ташқари пуфакчаларнинг ҳаракатига қарама-қарши, суюқликнинг барботаж қилинмаган қисмининг ҳаракати бошланади..

Енгил учувчан суюқликларни пневматик усул билан аралаштириш мумкин эмас, чунки бунда аралаштирилаётган суюқлик ҳаво билан бирга чиқиб кетиши мумкин. Аралаштириш учун турли тузилишли барботёр ишлатилади. Агар аралаштириш пайтида газ билан суюқликнинг зич тўқнашуви зарур бўлса, у ҳолда 12 – расмда кўрсатилган барботёр қўлланилади. Барботёрдаги газнинг



13 – расм. Барботернинг тузилиши.

14 – расм. Эрлифтдан фойдаланилган

1-вертикал ҳаво узатувчи қурилма;

2-аралаштиргич.

3-горизонтал ҳаво узатувчи қурилма;

4-ҳавони тарқатувчи қурилма.

тезлиги 0,1 м/с гача етиши мумкин, циркуляцион оқимнинг тезлиги эса 0,25 – 0,4 м/с ни ташкил қилади. Бундай аралаштириш жараёни секин боради ва жуда кўп энергия сарф бўлади. Бундан ташқари, ҳаво ёрдамида аралаштиришда кераксиз жараёнлар: оксидланиш ёки маҳсулотнинг буғланиши юз бериши мумкин.

Сочилувчан моддаларни сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш учун эрлифт принциpidан фойданилади. Ҳаво компрессор ёрдамида марказий трубага юборилади. Бундай шароитда марказий труба ичида газ, суюқлик ва каттик жисмнинг аралашмаси пайдо бўлади. Марказий трубадаги аралашманинг зичлиги қурилманинг бошқа қисмида жойлашган аралашма зичлигидан кам бўлади. Ушбу зичликлар айирмаси ўртасидаги фарк натижасида бутун массанинг циркуляцион ҳаракати пайдо бўлади. Эрлифтдаги газнинг келтирилган тезлиги 2 м/с гача, циркуляцион оқимнинг тезлиги эса 1 м/с га ча етади.

Айниқса газни суюқлик билан кимёвий реакцияга кириши зарур бўлганда пневматик усулни қўллаш мақсадга мувофиқ. Бундай аралаштириш **аэрация** дейилади. Аэрацион қурилмаларнинг самарадорлиги суюқлик муҳитнинг

аралаштиришдан ташқари кислороди билан тўйиниш даражаси орқали ҳам характерланади.

Ҳар қандай аралаштириш жараёнида 2 хил катталиқ (энергия сарфи ва аралаштириш самарадорлиги) билан характерланади. Ҳар хил жараёнларда аралаштириш самарадорлиги турлича белгиланади. Масалан, агар қаттиқ модданинг суяқликдаги суспензияси текширилатган бўлса, аралаштириш самарадорлиги қаттиқ модда заррачаларининг суяқликда бир хил тарқалиш вақти билан белгиланади. Агар аралаштириш иссиқлик алмашилини тезлатиш учун ишлатилса, у ҳолда жараён самарадорлиги муҳитдаги иссиқлик бериш коэффициентларининг қанчага кўпайиши билан белгиланади.

Пневматик аралаштирувчи қурилмаларни ҳисоблаш тегишли босимни, сиқилган ҳаво сарфини ва аралаштирувчи қурилмага сарф бўладиган қувватни аниқлашдан иборат.

Аралаштириш учун зарур бўлган сиқилган ҳаво босими қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$P = 1,2 H \rho_c g + P_0 \quad (2.83)$$

бу ерда H - аралашаётган суяқлик устунининг баландлиги, м; ρ_c – аралашаётган суяқликнинг зичлиги, кг/м³; P_0 – суяқлик устундаги босим, Па.

Ҳаво йўлидаги босимнинг йўқолишини суяқлик устуни қаршилигининг 20 фоизига тенг деб олинган.

Қурилмадаги суяқликнинг 1 м² эркин юзасига тўғри келган ҳаво сарфини қуйидагича қабўл қилинади: секин аралаштиришда - 0,8 м³/м² мин. Тез аралаштиришда - 1 м³/м² мин. Барботёр тешикларидан чиқаётган газнинг тезлиги 20 – 40 м/с ни ташкил қилади.

Аралаштирувчи қурилмага сарф бўладиган қувват қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$N = R_n R_{uk} K_N \rho n^3 d \quad (2.84)$$

бу ерда

$$R_n = \left(\frac{H_c}{D} \right)^{0,5}$$

D - қурилма диаметри; R_n - суюқлик баландлигининг қурилма диаметрига нисбатини ҳисобга олувчи коэффициент; H_c - қурилмадаги суюқлик баландлиги; $R_{ик}$ - ички қурилмалар борлигини ҳисобга олувчи коэффициент; ρ - суюқлик ёки аралашманинг зичлиги; n – аралаштирувчи қурилманинг айланишлар сони; d – аралаштирувчи қурилма диаметри; K_N - қувват мезони.

Қувват мезони графиклар ёрдамида аралаштиргичларнинг геометрик ўлчамларига ва ҳаракат режимига қараб аниқланади.

Ҳозиргача аралаштириш самарадорлигини аниқлашга ёрдам берадиган маълумотлар етарли даражада эмас, чунки суюқлик муҳитларида аралаштириш жуда кўп параметрларга боғлиқ бўлган жараён ҳисобланади.

Ш БОБ. ТУРЛИ ЖИНСЛИ СИСТЕМАЛАРНИ АЖРАТИШ

3.1. Турли жинсли системаларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг классификацияси

Ҳар хил фазалардан (масалан, суюқлик - қаттиқ модда, суюқлик - газ ва ҳоказо) ташкил топган аралашмалар **турли жинсли система** деб аталади. Кўпчилик турли жинсли системалар ишлаб чиқариш шароитида технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида ҳосил бўлади. Ҳар қандай турли жинсли система **икки** ёки **ундан кўп** фазалардан ташкил топади. Заррачалари жуда майдаланган ҳолатдаги фаза дисперс ёки ички фаза дейилади. Дисперс фаза заррачаларини ўраб олган фазаси эса **дисперсион** ёки **ташқи фаза** дейилади.

Фазаларнинг физик ҳолатига кўра турли жинсли системалар қуйидаги гуруҳларга бўлинади: **суспензиялар, эмульсиялар, кўпиклар, чанглар, тутунлар, туманлар.**

Суюқлик ва қаттиқ модда заррачаларидан ташкил топган аралашмалар **суспензия** дейилади. Қаттиқ модда заррачаларининг ўлчамига кўра суспензиялар (заррачалар ўлчами 100 мкм дан ортиқ); майин суспензиялар

(заррачалар ўлчами 0,5 - 100 мкм); лойқасимон-суспензиялар (заррачалар ўлчами 0,5 - 0,1мкм); коллоид эритмалар (заррачалар ўлчами 100 мкм дан кичик).

Саноатда суспензиялар жуда кўп учрайди. Қаттиқ сочилувчан моддаларни суюқлик билан аралаштириш пайтида суспензиялар ҳосил бўлади.

Эмульсиялар икки хил ўзаро аралаштирилган суюқликлардан иборат бўлиб, бунда биринчи суюқликнинг ичида иккинчи суюқликнинг томчилари тарқатилган бўлади. Эмульсияга сут энг ҳарактерли мисол бўла олади. Сут таркибида сув ва 3-4 хил ёғ заррачаларидан иборат.

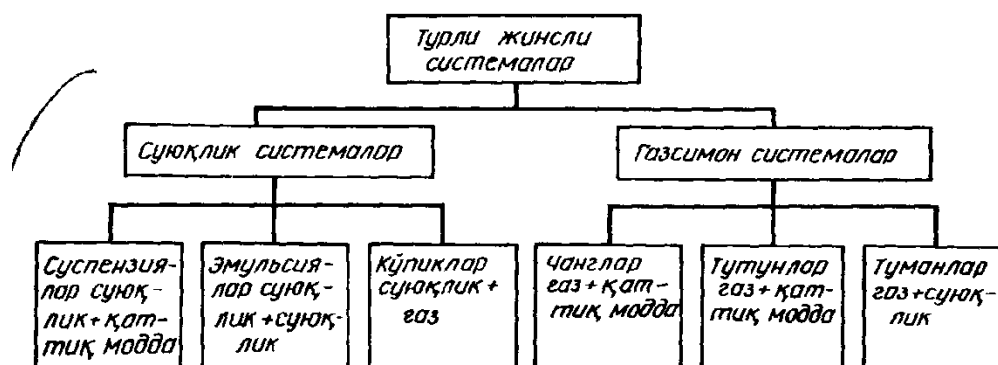
Ўз таркибида газ пуфакчалари тутган суюқ системалар **кўпиклар** деб аталади. Суюқлик - газ системаси ўзининг хоссасига кўра эмульсияларга яқин туради.

Чанглар деб ўз таркибида қаттиқ модданинг майда заррачаларини тутган газ системаларига айтилади. Чанг таркибидаги қаттиқ заррачалар ўлчами 3...70 мкм оралиғида бўлади.

Тутунлар таркибида ўлчами 0,3...5 мкм га тенг бўлган қаттиқ модда заррачалари бўлади. Тутунлар буғ ёки газларнинг суюқ ёки қаттиқ ҳолатга конденсацияланиш жараёни орқали ўтишда ҳосил бўлади.

Туманлар суюқ ва газ фазаларидан ташкил топган бўлади. Туман таркибидаги суюқлик заррачаларининг ўлчами 0,3... 0,5 мкм га тенг.

Чанг тутун ва туманлар **аэродисперс системалар** ёки **аэрозоллар** деб аталади. Қуйидаги расмда турли жинсли системаларнинг классификацияси берилган.



Техникада турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазалар ёки компонентларга ажратишга тўғри келади. Ажратиш усулларини танлашда турли жинсли системани ташкил этувчи фазаларнинг ҳолатига (суюқ, қаттиқ ва газсимон), қаттиқ ёки суюқ заррачаларнинг ўлчамига, фазалар ўртасидаги зичлик фарқига, муҳит қовушқоқлигига аҳамият бериш керак.

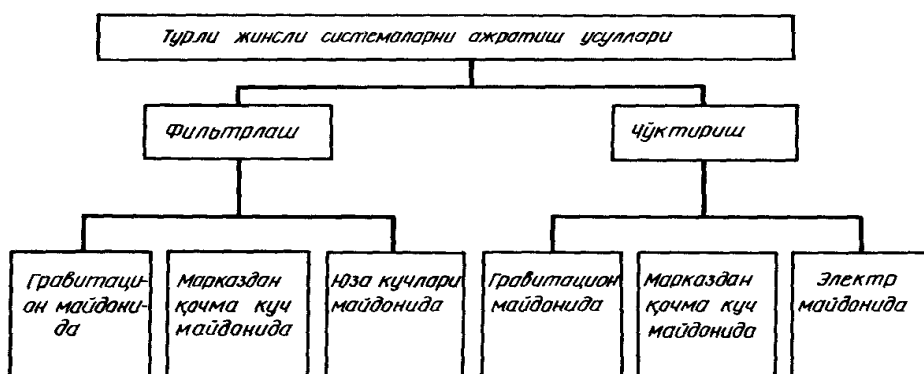
Ажратиш усуллари

Техникада турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазалар ёки компонентларга ажратиш тўғри келади. Ажратиш усулларини танлашда турли жинсли системани ташкил этувчи фазаларнинг ҳолатига, қаттиқ ёки суюқ заррачаларнинг ўлчамига, фазалар ўртасидаги зичликлар фарқига, муҳитнинг қовушқоқлигига аҳамият бериш керак.

Кимёвий технологияда турли жинсли системаларни ажратиш учун куйидаги гидромеханик усуллардан фойдаланилади:

1) чўктириш, 2) филтрлаш, 3) центрифугалаш, 4) суюқлик ёрдамида ажратиш.

Турли жинсли системаларни техникада ажратиш учун гравитацион, марказдан қочма куч ва электр майдонларидан ҳамда суюқлик ва газлардаги юза кучлари босимининг майдонидан фойдаланилади.



Оғирлик кучи, инерция кучлари ёки электростатик кучлар ёрдамида суюқлик ва газсимон турли жинсли системалар таркибидаги қаттиқ ёки суюқ заррачаларни ажратиш **чўктириш** деб аталади.

Агар чўктириш оғирлик кучи таъсирида борилса, бу жараён **тиндириш** деб юритилади. Тиндириш асосан турли жинсли системаларни бирламчи ажратиш учун ишлатилади.

Фильтрлаш - суюқ ва газсимон аралашмаларни ғоваксимон тўсиқ фильтр ёрдамида ажратишдан иборат. Фильтрлаш босим ёки марказдан қочма куч таъсирида олиб борилади ва асосан суспензия ҳамда чангларни тўла тозалаш учун ишлатилади.

Центрифугалаш - суспензия ва эмульсияларни марказдан қочма кучлар таъсирида яхлит ёки ғоваксимон тўсиқлар ёрдамида ажратиш жараёнидир.

Суюқлик ёрдамида **ажратиш усули** деб газ таркибида бўлган қаттиқ заррачаларни бирор суюқлик иштирокида ушлаб қолиш жараёнига айтилади. Бу жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади ва газларни тозалаш учун ишлатилади.

Турли жинсли системаларни ажратишнинг юқорида баён этилган усуллари саноатда *чўктириш, фильтрлаш қурилмалари, циклонлар, электрофильтрлар, центрифугалар, скрубберлар* ва шу каби қурилмаларда олиб борилади.

3.2. Чўктириш. Чўктириш қурилмалари

Чўктириш усули суспензия, эмульсия ва чангли газларни ажратиш учун ишлатилади. Чўктириш тезлиги кичик бўлгани сабабли бу усул асосан турли жинсли системаларни бирламчи ажратиш учун қўлланилади. Чўктириш жараёни чангли газлар, суспензия ва эмульсиялар таркибидаги майда қаттиқ заррачаларнинг оғирлик кучи таъсирида қурилма тубига чўкишига асосланган. Чўктириш жараёнлари тиндирувчи қурилмаларда олиб борилади.

Чўкиш тезлигини аниқлаш учун алоҳида олинган шарсимон қаттиқ заррачаларнинг суюқлик муҳитда эркин чўкишини текшираемиз: чўктириш жараёнлари **тиндирувчи** қурилмаларда олиб борилади. Бу жараёнда чўкиш тезлигини ҳисоблаш муҳимдир.

Заррача дастлаб тез чўка бошлайди, сўнгра оғирлик кучи қаршилиқ кучига тенг бўлгандан сўнг ўзгармас тезлик билан бир хилда чўкади. Шу ўзгармас тезлик **чўкиш тезлиги** дейилади. Умумий ҳолда тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\omega_c = \frac{d^2 \cdot g(\rho_{\text{кз}} - \rho_{\text{м}})}{18\mu_c} \quad (3.1)$$

Бу тенглама **Стокс тенгламаси** деб юритилади ва $Re < 2$ бўлганда ишлатилади. Турбулент режимда $Re > 500$ бўлганда инерция кучларидан устун туради. Турбулент режим учун чўкиш тезлиги куйидаги тенгламадан топилади:

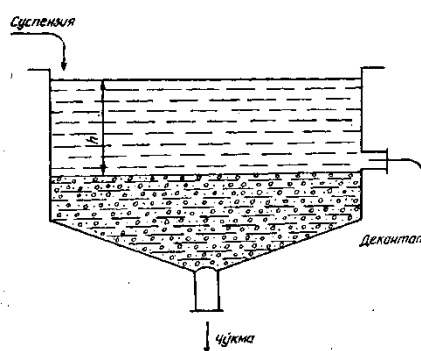
$$\omega_c = 5,45 \sqrt{\frac{d(\rho_{кз} - \rho_m)}{\rho_m}} \quad (3.2)$$

Шарсимон бўлмаган заррачаларнинг чўкиш тезлиги куйидагича аниқланади:

$$w = w_c \varphi \quad (3.3)$$

бу ерда φ - шакл коэффициенти; 0,77 – думалок бўлган заррачалар учун; 0,43 – пластинкасимон заррачалар учун; 0,66 – учбурчак шаклидаги заррачалар учун.

Чўктириш турли жинсли системаларни ажратишнинг бошқа усулларига нисбатан энг оддий усули ҳисобланади. Одатда, чўктириш жараёнидан бирламчи ажратиш усули сифатида фойдаланилади. Бу жараён суспензияни филтрлаш орқали ажратишни тезлаштиради. Чўктириш жараёни чўктирувчи ёки қуюлтирувчи қурилмаларда олиб борилади. Чўктириш қурилмалари **даврий**, **узлуксиз** ва **ярим узлуксиз** режимда ишлатиладиган қурилмаларга бўлинади. Ўз навбатида, узлуксиз ишлайдиган чўктириш қурилмаси **бир**, **икки** ва **кўп ярусли** бўлади.



15- расм. Даврий ишлайдиган чўктирувчи қурилма

Юқорида даврий ишлайдиган чўктириш қурилмаси кўрсатилган. Бу қурилма конус асосли цилиндрсимон идиш бўлиб, унга аралашма масалан, суспензия юқоридан берилади. Аралашма қурилмада маълум вақт тиндирилгандан сўнг

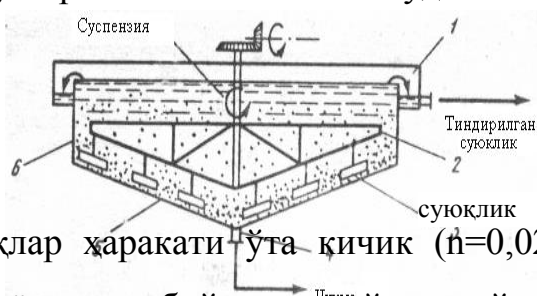
(агар заррачалар зичлиги муҳитнинг зичлигидан катта, яъни $\rho_k > \rho_m$ бўлса) заррачалар қурилманинг пастки қисмига чўкади. Қурилманинг юқори қисмида эса тозаланган ва баландлиги h га тенг бўлган қатлам ҳосил бўлади. Тозаланган маҳсулот (**декантат**) қурилманинг ён томонида жойлашган штуцер орқали чиқариб олинади, сўнгра эса чўкма туширилади. Шундан сўнг қурилма ювилади ва жараён қайтадан бошланади.

Агар $\rho_k > \rho_m$ (масалан, сутларни тиндириш пайтида) бўлса, дисперс фазанинг заррачалари қурилманинг юқориги қисмида йиғилади. Қурилманинг пастки қисмида эса тозаланган қатлам ҳосил бўлади.

Узлуксиз ишлайдиган чўктириш қурилмаларида турли жинсли системаларни ажратиш жараёни анча тез боради ва чўкмани тушириш учун кам вақт кетганлиги сабабли меҳнат сарфларидан камаяди. Бундай қурилмаларга аралашмаларни бериш ва ажратилган маҳсулотларни чиқариб олиш узлуксиз равишда олиб борилади.

Ажратилаётган заррачаларнинг зичлиги тиндирилаётган суюқлик зичлигидан кичик бўлса ($\rho \leq \rho_m$), у ҳолда чиқиндилар қурилманинг юқори қисмида, суюқлик фазасининг эркин юзасида тўпланади. Тиндирилган фаза қурилманинг қўйи қисмидан даврий равишда тушириб турилади.

Ушбу типдаги тиндириш қурилмаларининг айрим турлари аралаштирувчи мосламалар (тароқлар) билан жиҳозланади. Бундай қурилмани (6.2-расм) самарадорлиги юқори, чўқиндиларни қурилма тубининг ўртасига йиғиш ва тушириш имконияти мавжуд.



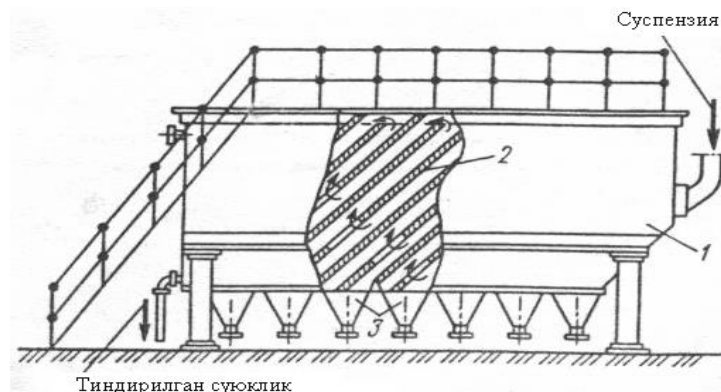
Тароқлар ҳаракати ўта қичик ($n=0,02$ чўқиш жараёнига салбий таъсир кўрсатмайди.

16 - расм. Узлуксиз ишловчи чўктириш қурилмаси: 1- ҳалқасимон тарнов; 2- аралаштириш мосламаси; 3- паррак (сурувчи тароқ); 4- чўкма тушириш мосламаси; 5- конуссимон тублик; 6- цилиндрик идиш.

Юқорида таърифи келтирилган қурилмаларнинг диаметрлари катта (бино ичида $12 \div 20$ м, очиқ майдонларда ≤ 120 м), баландлиги эса анча кичик бўлади. Ажратилган чўкма таркибидаги намлик 60% гача бўлади.

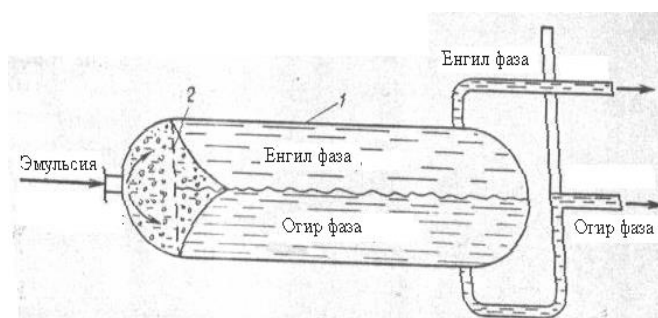
Турли жинсли системаларни ажратиш учун кўп ярусли чўктирувчи қурилмалар ишлатилади. Чўктирувчи қурилмаларни ҳисоблашда энг биринчи навбатда чўкиш юзаси аниқланади.

Чўктириш қурилмалари эгаллайдиган майдонларни қисқартириш мақсадида кўп ярусли қурилмалардан фойдаланилади (6.3-расм).



17- расм. Кўп ярусли чўктириш қурилмаси: 1- корпус; 2- кия тўсиқ; 3- бункер.

Эмульсияларни узлуксиз равишда ажратиш учун қўлланиладиган тиндиргичнинг принципал схемаси 17-расмда тасвирланган. Қурилма перфорацияланган тўсиқли 2 горизонтал резервуар 1 шаклида бажарилган. Тўсиқнинг асосий вазифаси қурилмага берилаётган эмульсия оқими таъсирида идишдаги суюқлик аралашмасининг тўлқинланишини олдини олишдан иборатдир.



18-расм. Эмульсия ажратувчи қурилма схемаси: 1- корпус; 2- перфорацияланган тўсиқ.

Фазаларнинг ўзаро аралашувини олдини олиш ва ажратиш жараёнини бир маромда олиб борилишини таъминлаш мақсадида қурилмадаги оқим режими ламинар бўлиши керак. Қатламларга ажралаётган суюқликлар тиндиргич панжарасининг қарама-қарши томонидан чиқарилади. Оғир фракция чиқариладиган қуйи қувурда ҳавонинг тўпланишини олдини олиш мақсадида у тескари сифон шаклида ишланади ва атмосфера ҳавоси билан туташтирилади.

Вақт бирлиги ичида тозаланган суюқлик ҳажми қуйидаги тенгламадан топилади:

$$V = \frac{hF}{\tau} \quad (3.4)$$

Тозаланган суюқликнинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$G_2 = G_1 (1 - x_1 / x_2) \quad (3.5)$$

Чўқиш юзаси умумий ҳолда қуйидаги тенгламадан топилади:

$$F = \frac{1,3 \cdot G_1}{\rho_c \cdot \omega_c} (1 - \beta) \quad (3.6)$$

Чўктириш қурилмаларининг баландлиги одатда ҳисобга олинмайди ва 2,5 - 3,5м га тенг деб олинади.

3.3.Филтрлаш ва центрифугалаш

Суспензия ва чангли газларни филтр тўсиқлар орқали ўтказиб тозалаш жараёни **филтрлаш** дейилади. Филтр тўсиқлар қаттиқ заррачаларни ушлаб қолиб, суюқлик ёки газни ўтказиб юбориш қобилиятига эга. Филтр тўсиқлар ёки филтр сифатида майда тешикли тўрлар, турли газламалар, сочилувчан материаллар (қум, майдаланган кўмир, бентонитлар) керакли буюмлар ва бошқалар ишлатилади. Филтр сифатида пахта, юнг ва синтетик газламалардан тайёрланган материаллардан ҳам фойдаланилади.

Филтрлаш пайтида суспензия таркибидаги майда заррачалар филтрловчи материалларнинг устки қисмида чўкма ҳолида ёки филтрловчи материалнинг (устки қисмида) ўзида тешиқларини тўлдирган ҳолда ўтириб қолиши мумкин.

Бу хусусияга кўра филтрлаш иккига бўлинади.

1. Чўкма ҳосил қилиш йўли билан филтрлаш.
2. Филтрловчи материалнинг тешиқларини тўлдириш орқали филтрлаш.

Саноатнинг кўп тармоқларида чўкма ҳосил қилиш йўли билан филтрлаш кенг қўлланилади. Филтрлаш жараёнида сиқилувчи ва сиқилмайдиган

чўкмалар ҳосил бўлади. Сиқилувчи чўкмалардаги заррачалар босим ортиши билан деформацияга учраб, уларнинг ўлчами кичиклашади. Сиқилмайдиган чўкмаларда босим ортиши билан заррачаларнинг шакли ва ўлчами деярли ўзгармайди. Саноатда филтрлашдан сўнг қуйидаги қўшимча жараёнлар амалга оширилади:

1. Чўкмани ювиш.
2. Чўкмани оддий ҳаво ва инерт газлар билан дудлаш.
3. Чўкмани иссиқ ҳаво билан қуритиш.

Филтрлаш жараёнининг унумдорлиги ва олинадиган филтрлашнинг тозаллиги асосан, филтр тўсиқларининг хусусияларига боғлиқ. Филтр тўсиқларнинг тешиклари катта ва гидравлик қаршиликлари кичик бўлиши зарур. Филтр тўсиқлар структура тузимига қараб *эгиловчан* ва *эгилмас* бўлади.

Филтр тўсиқлардан олдинги ва кейинги босимлар фарқи ёки филтрловчи материалларга суяқлик босимини ҳосил қилувчи марказдан қочма кучлар филтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи вазифасини бажаради.

Ҳаракатлантирувчи кучлар турига қараб филтрлаш икки гурпага бўлинади:

1. Босимлар фарқи таъсирида филтрлаш.
2. Марказдан қочма кучлар таъсирида филтрлаш (центрифугалаш).

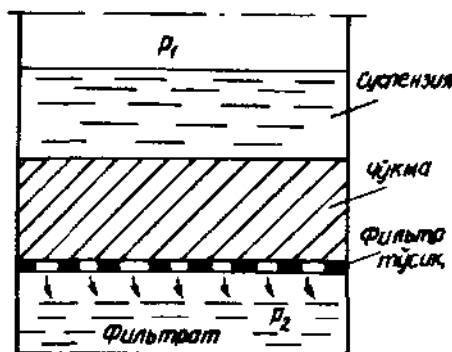
Филтр тўсиқнинг иккала томонидаги босимлар фарқи қуйидаги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин: а) суспензия устунининг массасидан фойдаланиш (ΔP 0,05 мПа гача); б) вакуум ҳосил қилиш ($\Delta P = 0,05-0,09$ мПа гача); в) суяқликни насослар ёрдамида ҳайдаш ($\Delta P = 0,5$ мПа гача); г) сиқилган ҳаво бериш (ΔP 0,05-0,3 мПа гача).

7.1- расмда филтрлаш жараёнининг схемаси берилган, бу ерда $P_1 > P_2$, ҳаракатлантирувчи куч босимлар фарқи билан белгиланади:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (3.7)$$

P_1 - суспензиянинг устидаги босим, P_2 - филтр тўсиқдан кейинги босим.

Филтрлаш жараёни уч хил режимда олиб борилади: 1) доимий ўзгармас босимлар фарқи билан филтрлаш ($\Delta P = \text{const}$); 2) доимий филтрлаш тезлиги билан филтрлаш ($dV/d\tau = \text{const}$); 3) бир вақтнинг ўзида босимлар фарқи ва филтрлаш тезлиги ўзгариб турган ҳолатда филтрлаш.



18 - расм. Филтрлаш жараёнининг схемаси.

Ўзгармас босимлар фарқи таъсирида чўкма қатлами ҳосил қилиш йўли билан филтрлаш энг кўп қўлланилади. Филтрлаш жараёнининг моделини кўриб чиқамиз (7.1-расм). Бу модел бўйича филтр тўсиқ ва чўкманинг ҳамма каналлари (ёки ғоваклари) тенг қийматли бўлиб, филтрат ушбу каналлар бўйлаб ламинар режим билан ҳаракат қилади. Бундай ҳолатда филтратнинг каналлар бўйлаб ўтишига бўлган гидравлик қаршиликни Гаген-Пуазейл тенгламаси ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$\Delta P = \frac{32L\mu\omega}{d^2} \quad (3.8)$$

бу ерда ΔP - босимлар фарқи; L - чўкма ва филтр тўсиқ, каналларининг узунлиги; d - ушбу каналларнинг диаметри; ω - филтратнинг каналлардаги ҳаракат тезлиги; μ - филтратнинг қовушқоқлиги.

Филтр тўсиқнинг юзасини F билан, тўсиқдаги ҳамма кўндаланг кесимининг умумий юзасини S билан белгиласак, у ҳолда: $S = aF$ ёки $F = S/a$, бу ерда $a < 1$ - умумий юзага нисбатан улушни билдиради.

Филтрлаш жараёнининг интенсив ва филтр қурилмасининг иш унуми филтрлаш тезлиги билан ифодаланади.

Филтрлаш тезлиги. *Филтрлаш тезлиги* вақт бирлиги ичидаги филтратнинг ҳажмини кўрсатади. Филтрлаш тезлиги ажратилаётган

суспензиянинг физик-кимёвий хоссаларича, ҳосил бўлаётган чўкманинг характери, фильтрашнинг хоссаси, фильтрлаш режими ва бошқа катталикларга боғлиқ. Шунини айтиб ўтиш керакки, фильтрлаш жараёни ламинар режимда боради. Фильтрлаш тезлиги қуйидаги дифференциал ифода билан аниқланади.

$$W = dV_{\phi} / F_{\phi} d\tau_{\phi} \quad (3.9)$$

бу ерда dV_{ϕ} - фильтратнинг ҳажми, m^3 ; F_{ϕ} - фильтрлаш юзаси, m^2 ; $d\tau_{\phi}$ - фильтрлаш вақти, C

3.4. Фильтрлаш тенгламаси

Фильтрлаш жараёнида вақт ўтиши билан босимларнинг фарқи ва чўкманинг гидравлик қаршилиги ўзгариб боради. Шу сабабли фильтрлаш тезлиги дифференциал кўринишида қуйидагича ёзилади:

$$W = \frac{dV_{\phi}}{F_{\phi} d\tau_{\phi}} = \frac{\Delta P}{\mu(R_2 + R_{\phi})} \quad (3.10)$$

бу ерда ΔP - босимлар фарқи, МПа; μ - суспензиянинг қовушқоқлиги, Па с; R_2 - чўкма қатламининг қаршилиги; R_{ϕ} - фильтр тўсиқларининг қаршилиги.

Фильтрлаш тезлигини аниқлаш учун (7.2) тенгликни интеграллаб, чўкманинг гидравлик қаршилиги билан олинаётган фильтрат ҳажми орасидаги боғлиқни билиш лозим.

Тенгламани интеграллашда фильтр тўсиқларининг қаршилиги ўзгармас деб олинади. Чунки қаттиқ заррачалар фильтрни тенгликларини тўлдирмайди. Шунинг учун фильтр тўсиқларини қаршилиги инобатга олинмайди. Бунда чўкма қатламини баландлиги ортиб боради. Чўкма гидравлик қаршилигининг қиймати эса нолдан максимумгача ўзгаради.

Шунинг учун тезлик чўкманинг гидравлик қаршилиги ва фильтрат ҳажмига боғлиқ бўлади. Чўкма ҳажмини V_{ϕ} фильтрат V_{ϕ} ҳажмига нисбатини X_0 билан белгилаймиз.

$$\frac{V_{\text{ч}}}{V_{\phi}} = X_0 \quad \text{бу ерда} \quad V_{\text{ч}} = X_0 V_{\phi} \quad (3.11)$$

Чўкманинг ҳажми чўкма қатлам баландлигининг ($h_{\text{ч}}$) фильтрат юзасига (F) кўпайтмасига тенг. Натижада

$$X_0 V_{\phi} = h_{\text{ч}} F \quad (3.12)$$

Бу тенгламадан чўкма қатламининг баландлигини топиш мумкин:

$$h_{\text{ч}} = X_0 V_{\phi} / F \quad (3.13)$$

Чўкма қатламининг қаршилигини қуйидагича аниқланади:

$$R_{\text{ч}} = r_0 h_{\text{ч}} = r_0 X_0 V_{\phi} / F \quad (3.14)$$

бу ерда r_0 - чўкманинг ҳажми жиҳатидан олишган солиштира қаршилиги (1 м қалинликда бўлган чўкма қатламининг фильтрат оқимига кўрсатган қаршилиги), $1/\text{м}^2$.

(7.4) тенгликдаги $R_{\text{ч}}$ нинг қийматини 2 тенгламага қўйиб, қуйидаги ифодаларга эришамиз:

$$\frac{dV_{\phi}}{F dt} = W = \frac{\Delta P}{\mu(r_0 X_0 V_{\phi}/F + R_{\text{фТ}})} \quad (3.15)$$

Бу тенглик фильтраш жараёнининг *асосий тенгламаси* дейилади. Агар фильтр тўсиқларининг гидравлик қаршилигининг ҳисобга олинмаса, ва (3.15) тенгламага (3.13) тенгликдаги X_0 нинг қийматини куйсак, у ҳолда қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$r_0 = \Delta P / \mu h_{\text{ч}} W \quad (3.16)$$

Агар $\mu = 1\text{Н с/м}^2$ ва $h_{\text{ч}} = 1\text{м}$, $W = 1\text{м/с}$ бўлса, ковшоқлиги 1Н с/м^2 бўлган суспензия 1 м қалинликдаги чўкма қатламда фильтранганда чўкманинг

ҳажми жиҳатдан олинган солиштирма қаршилигининг миқдорини белгилайди ва босимлар фарқига тенг бўлади.

Фильтрлаш режимлари. Амалда фильтрлаш жараёни уч хил режимда олиб борилади.

1. $P = \text{const}$. Бунда вақт бирлиги ичида фильтрлаш тезлиги камайиб боради. Бу режимда сиқилган ҳаво ёрдамида фильтр билан чўкма кетида доимий ўзгармас босим ҳосил қилиниб, фильтрат вакуум ёрдамида тортиб олинади.

2. $W = \text{const}$. Тезлик ўзгармас бўлиши учун босимлар фарқини ошириш керак. Бу режимда ишлайдиган филтрланган суспензия поршенли насослар ёрдамида берилади.

3. Бир вақтнинг ўзида босим ва фильтрлаш тезлиги ўзгариб туради. Бу режимда ишлайдиган филтрларга суспензия вакуум насос орқали бажарилади.

Агар (5) тенгликнинг босимлар фарқи бир хил равишда ишлайдиган $\Delta P = \text{const}$ филтрлар учун интегралласак қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$V = F \sqrt{\frac{2\Delta P \tau}{\mu r_0 x_0}} \quad (3.17)$$

бу ерда $\Delta P = \Delta P_0 - \Delta P_{\text{фи}}$ - умумий босимлар фарқи, ΔP_0 - чўкманинг икки томонидан олинган босимлар фарқи, $\Delta P_{\text{фи}}$ - фильтр тўсиғининг икки томонидан олинган босимлар фарқи.

(3.17) тенглама орқали вақт давомида олинган фильтрлашнинг унумдорлигини аниқлаш мумкин. (3.17) тенгламадаги босимлар фарқи суспензиянинг қовушқоқлигини μ чўкманинг солиштирма қаршилиги r_0 чўкма ва фильтрлаш ҳажмининг нисбатлари фақат тажриба орқали аниқланади. Шу сабабли ўзаро боғланиш фильтрлаш доимийси K орқали ифодаланади:

$$K = 2 \Delta P / \mu r_0 x_0 \quad (3.18)$$

Фильтрлаш доимийлиги босимлар фарқи чўкманинг таркиби ва суспензияларнинг қовушқоқлигини ҳисобга олади, худди шунингдек фильтр

тўсиқларининг гидравлик қаршиликларини ҳам филтёрлаш доимийлигини C билан белгилаш мумкин:

$$C = R_{\text{фт}} / r_0 x_0 \quad (3.19)$$

Филтёр тўсиқ ва филтёрлаш доимийларининг қийматларини (5) тенгламасига қўйсақ қуйидаги кўринишга келади:

$$V^2 + 2VC = K\tau \quad (3.20)$$

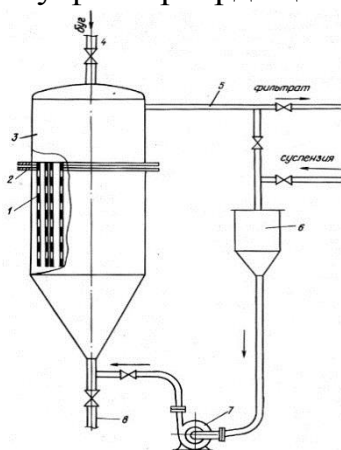
3.4. Филтёрлаш қурилмалари

Филтёрларнинг турлари. Кимё ва озиқ-овқат саноатида ишлатиладиган филтёрлар тозаланиши керак бўлган муҳитнинг кимёвий ишлаш принциплари, филтёр тўсиқларининг турига ва иш босимларнинг миқдорига қараб бир неча турларга бўлинади. Технология мақсадларига кўра филтёрлаш қурилмалари икки турга бўлинади:

- 1) суюқликларни тозалаш филтёрлари;
- 2) газларни тозалаш филтёрлари.

Бундан ташқари филтёрлар ишлаш режимига кўра даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлади.

Патронли филтёр. Бу филтёрларда цилиндрсимон корпусдаги махсус

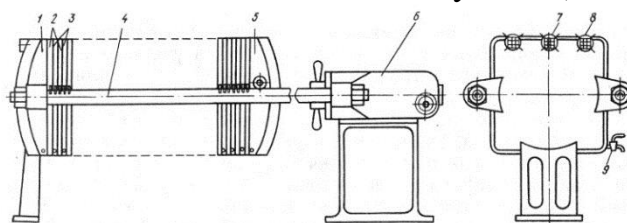


(19-расм).

металл тўсиқга металл ёки керамик трубалардан тайёрланган юқори томони очик бўлган ғоваксимон патронлар жойлаштирилади (19-расм). Патронларнинг диаметри 15-25 мм бўлиб, уларга филтёрловчи газламалар кийдирилади. Филтёрга суспензия босим остида берилади, филтёрлат

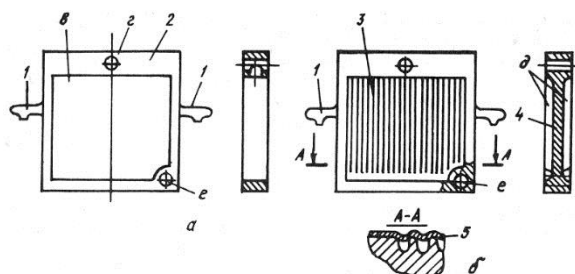
патронлардан ўтиб, қурилманинг юқориги қисмида йиғилади ва штуцер орқали қурилмалардан чиқарилади. Ҳосил бўлган чўкма патронларнинг ташқи қисмидан сиқилган ҳаво ёки сув буғ ёрдамида ажратилади ва қурилманинг пастки қисмидан чиқарилади

Фильтр - пресслар. Фильтр - пресс плита ва рамалардан тузилган бўлиб, унда рамаларнинг сони 12 тадан 42 та гача бўлади (20 ва 19 - расм).



(20 расм)

Рамаларнинг қалинлиги 25-46 мм. Плита ва рамалар ён томонидан иккита параллел жойлашган стерженга ўрнатилади. Ҳар бир плитага фильтрловчи газлама жойлаштирилади. Рама ва плиталар гидравлик қурилма плунжер ҳосил қилган босим ёрдамида сиқилади. Суспензия каналча орқали раманинг ичига кириб, фильтрловчи материалдан ўтади, сўнгра юзасидаги ариқчалар орқали пастга тушади.



Фильтрат плитасининг пастки қисмида жойлашган канал орқали чиқиб, умумий тарновга тушади. Раманинг икки қисми чўкма билан тўлганда, суспензия бериш тўхтатилади. Шундан сўнг ювиш учун сув берилади. Ювиш жараёни тамом бўлгач, қўзғалувчан плита чапга сурилиб, чўкма туширилади. Шундай қилиб фильтр прессларнинг иш цикли қуйидаги жараёнлардан иборат бўлади:

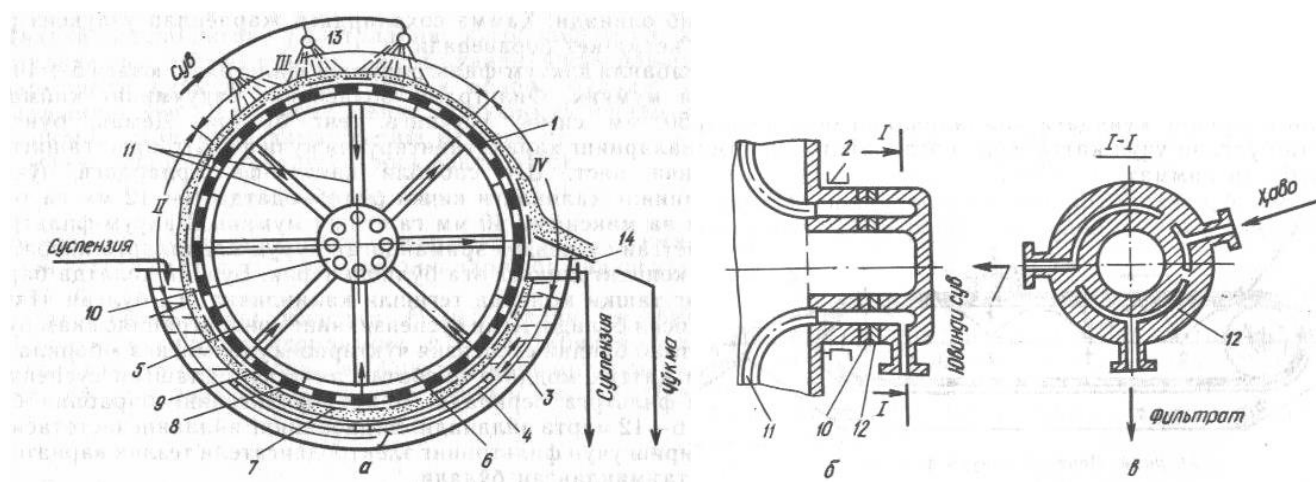
1. Ишга тайёргарлик кўриш
2. Фильтрлаш
3. Ювиш
4. Фильтрдан чўкмани ажратиш олиш

Бундай даврий ишлайдиган қурилмаларни ишлатиш оғир жисмоний қўл меҳнати талаб қилади. Бундан ташқари ёрдамчи жараёнларни бажариш учун

иш циклининг 30 фоизига яқин вақт кетади. Бу фильтрларда кўп миқдорда газламалар сарф бўлади.

Узлуксиз ишлайдиган фильтрлаш қурилмалари бу камчиликдан ҳолидир.

Барабанли вакуум-фильтрлар (21-расм) ҳажмий концентрацияси $50 \div 150 \text{ кг/м}^3$ бўлган суспензияларни узлуксиз равишда ажратиш учун қўлланилади. Суспензия таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг кўриниши кристаллар, ипсимон, аморф ва коллоидал шаклларда бўлиши мумкин.



21-расм.

Барабанли вакуум-фильтр: а- фильтрнинг принципиал схемаси; б- таксимлаш каллаги; в- таксимлаш каллагининг кесими; I- фильтрлаш соҳаси; II- чўкмани сувсизлантириш соҳаси; III- чўкмани ювиш соҳаси; IV- чўкмани ҳаво билан пуфлаш ва юмшатиш соҳаси; 1- барабан; 2- цапфа; 3- сферик идиш; 4- чайқалувчи (тебранма) аралаштиргич; 5- ички цилиндр; 6- ташки цилиндр; 7- фильтрловчи материал; 8- тўсиқлар; 9- секторлар; 10- таксимлаш каллаги; 11- қувурлар; 12- таксимлаш каллагининг қўзғалмас қисми; 13- форсунка; 14- пичоқ.

Фильтрларни ҳисоблаш. Фильтрлаш жараёнининг тезлиги бир қатор катталикларга боғлиқ бўлганлиги учун фильтрлаш қурилмаларини ҳисоблаш анча мураккаб ишдир. Шунинг учун фильтрлаш давомида оғирлик кучи таъсирида чўкаётган заррачаларни, фильтрлашнинг солиштирма қаршилиги ва фильтр тўсиқнинг қаршилигини вақт давомидаги ўзгаришларни ҳисобга

олмаймиз. Узлуксиз ишлайдиган фильтр қурилмаларни ҳисоблашни кўриб чиқамиз. Бунда филтёрнинг берилган юзаси бўйича қурилманинг сони, филтёрлаш миқдори ва филтёрлаш вақти аниқланади.

1. Филтёрлат миқдори: $V = h_c F / x_0$
2. Филтёрлаш циклининг умумий вақти: $T = \tau + \tau_{ю} + \tau_{\varepsilon}$

бундан
$$\tau = \frac{\mu r_o h_c}{2 \Delta P x_o} \quad (3.21)$$

бу ерда τ - филтёрлашнинг умумий вақти, с; $\tau_{ю}$ - ювишга кетган вақт, тажриба йўли билан аниқланади, с; τ_{ε} - ёрдамчи жараёнларнинг бажариш учун кетган вақт, с.

3. Филтёрловчи қурилманинг унумдорлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$Q_{\phi} = 3600 V F / T \quad (3.22)$$

4. Агар филтёрловчи қурилманинг унумдорлиги берилган бўлса, юқоридаги тенгликдан филтёрлаш юзасини аниқлаш мумкин:

$$F = Q_{\phi} T / 3600 V \quad (3.23)$$

3.5. Центрифугалаш қурилмалари

Эмульсиядаги суяқлик томчиларни ва суспензиядаги қаттиқ модда заррачаларини марказдан қочма кучлар майдонида ажратиб олиш жараёни *центрифугалаш* дейилади. Центрифугалаш жараёни *центрифугаларда* амалга оширилади.

Центрифугалаш пайтида ҳосил бўлган марказдан қочма кучлар чўктириш жараёнидаги оғирлик кучи ва филтёрлашдаги гидростатик кучларга нисбатан кўпроқ таъсир қилади. Шунинг учун турли жинсли системаларни ажратиш учун қўлланиладиган чўктириш ва филтёрлаш жараёнларига нисбатан жуда самарали ҳисобланади.

Центрифугаларнинг асосий қисми горизонтал ёки вертикал ўққа жойлашган катта тезликда айланувчи барабан бўлиб, у электр двигателр ёрдамида айланма ҳаракатга келтирилади. Марказдан қочма куч таъсирида суспензиядаги қаттиқ модда заррачалари чўкмага тушиб, суяқ фазадан ажралади. Суяқ фаза *фугат* дейилади. Ҳосил бўлган чўкма барабан ичида қолиб, суяқ фаза эса ажратиб олинади.

Турли жинсли аралашмаларни ажратиш принципига кўра центрифугалар икки турга бўлинади:

1. *Филтрловчи центрифугалар*

2. *Чўктирувчи центрифугалар*

Филтрловчи центрифугаларнинг барабани ғоваксимон турли металллардан ишланиб, унинг юзасига материал (мат) қопланади. Филтрловчи центрифугаларда суспензия ёки эмульсия марказдан қочма куч таъсирида барабан деворларига қараб отилади, бунда қаттиқ модда заррачалари филтр материалларнинг юза қисмида қолиб, суяқ фаза (фугат) бу куч таъсирида чўкма қатлами ва филтр тўсиқлардан ўтади, ҳамда барабандан узлуксиз чиқариб турилади.

Чўктирувчи центрифугаларда барабан яхлит металл пластинкалардан қилинади. Бу центрифугаларда босимлар фарқи марказдан қочма куч таъсирида ҳосил қилинади. Барабаннинг айланиши натижасида марказдан қочма куч таъсирида суспензия ёки эмульсия барабан деворлари томон ҳаракат қилади. Зичлиги катта бўлган суяқлик ва қаттиқ фазалар барабан деворлари яқинида, зичлиги камроқ бўлган бошқа фаза эса ўқ атрофида йиғилади.

Иш режимига кўра центрифугалар *даврий* ва *узлуксиз* бўлади. Барабан валининг ўрнатилиши ҳолатига қараб горизонтал ва вертикал центрифугалар бўлади. Даврий ишлайдиган центрифугаларда чўкма кўл ёрдамида, гравитацион куч (оғирлик кучи) ва пичоқ билан туширилади. Узлуксиз ишлайдиган центрифугаларда чўкма шнек ёрдамида инерцион ва пулрсацион кучлар таъсирида туширилади.

Центрифугаларнинг иш унумдорлиги ажратилиш коэффициентига боғлиқ. Ажратиш коэффициенти центрифугаларда марказдан қочма кучлар

майдонида ҳосил бўлган кучланиш билан ҳарактерланади. Центрифугада ҳосил бўлаётган марказдан қочма кучлар микдорининг оғирлик кучи тезланишдан неча марта кўплигини кўрсатувчи катталиқ **ажратиш коэффициентини** дейилади ва қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$k_a = w^2 / r g$$

бу ерда r - барабан радиуси; w - айланаётган барабаннинг бурчак тезлиги; g - эркин тушиш тезланиши.

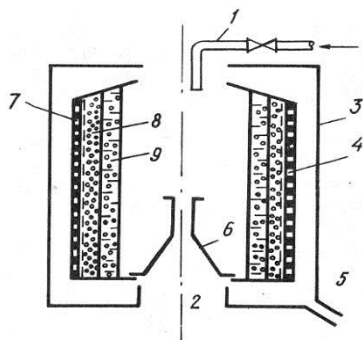
Ажратиш коэффициентига кўра ҳамма центрифугалар икки гуруҳга бўлинади:

1. **Нормал центрифугалар** ($Ra < 3500$). Бундай центрифугалар суспензиялардан катта, ўртача ва майдароқ заррачаларни ажратиш учун ишлатилади.

2. **Ўрта центрифугалар** ($Ra > 3500$). Бундай центрифугалар майда заррачали суспензияларни ва эмульсияларни ажратиш учун ишлатилади.

Саноатда эмульсия ва суспензияларнинг таркибига қараб, уларни ажратиш учун турли хилдаги центрифугалар ишлатилади.

Фильтрловчи центрифуга. (22-расм.) Бу центрифуга барабандан ёки



(22-расм.)

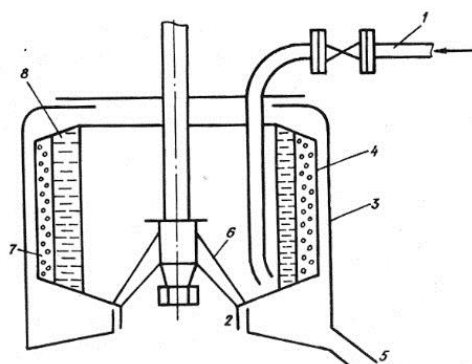
ротордан иборат. Барабаннинг ички юзаси катта тешикли тўр ва унинг устки юзаси майда тешикли материал билан қопланган. Труба орқали барабанга турли жинсли суспензия берилади. Барабан электр двигателр ёрдамида айланма ҳаракат қилади. Барабан ичидаги суспензия айланма ҳаракат қилганда унга

марказдан қочма куч таъсир қилади. Бунда суяқ фазада гидростатик босим ҳосил бўлади. Бу босим центрифугада **фильтрлашнинг ҳаракатлантирувчи кучи** ҳисобланади. Бу куч таъсирида суяқ фаза фильтр тўсиқлар устида ҳосил бўлган чўкмадан ўтиб тозаланади. Фильтрловчи центрифугада борувчи жараён учта физик жараёнлар йиғиндисидан иборат: чўкма ҳосил қилиш билан фильтрлаш, чўкманинг зичланиши, чўкмадан суяқликни чиқариш. Фильтрат (**фугат**) қурилмадан патрубкка орқали чиқарилади. Ажратишдан сўнг чўкма сув билан ювилади. Барча жараёнлар

тугагач центрифуга тўхтатилади, конус юқорига кўтарилади ва чўкма туширилади.

Чўктирувчи центрифуга. (23-расм.) Чўктирувчи центрифуганинг барабани яхлит бўлади. Бундай центрифуганинг ишлаш принципи чўктириш

қурилмаларининг жинсли система

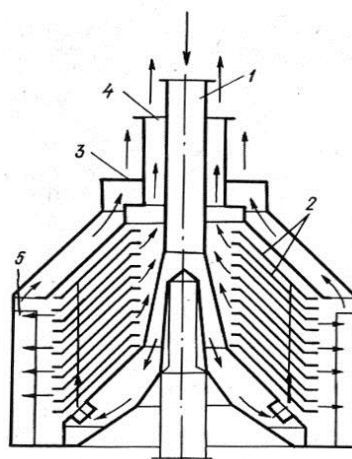


ишлашига ўхшаш. Турли барабанга труба

(23-расм.)

орқали берилади. Барабанинг айланишида марказдан қочма куч таъсирида зичлиги каттароқ бўлган компонент барабанинг иш юзасига йиғилади, зичлиги камроқ бўлган компонент эса айланиш ўқига яқинроқ жойда йиғилади. Фугат труба орқали ташқарига чиқарилади. Чўкма катлами амалий жихатдан барабани тўлдиргандан сўнг, қурилма тўхтатилади, сўнгра чўкма туширилади.

Тарелкали сеператорлар. (24-расм.) Бундай сеператорлар эмульсиялар



(24-расм.)

ва майда заррачали суспензияларни ажратиш учун ишлатилади. Тарелкали сеператорларнинг ичига бир неча конуссимон тарелкалар ўрнатилган. Шу сабабли суюқлик бир неча юпқа қатламларга бўлинади. Натижада суюқлик ламинар режим билан ҳаракат қилади ва шунинг учун заррачаларнинг чўкиш

йўли камаяди. Аралашма марказий труба орқали пастга тушади. Марказий труба барабан билан бирга айланади. Марказдан қочма куч таъсирида суюқлик қурилманинг деворлари томон ҳаракат қилади, сўнг тарелкаларга ўтади. Енгил суюқлик марказий трубага яқин жойга йиғилади ва юқорига томон ҳаракат қилиб, қурилмадан чиқиб кетади. Оғирроқ, қуюқлашган компонент эса қурилма девори ёнига йиғилиб, сўнгра юқорига томон ҳаракат қилади ва бошқа патрубкадан чиқиб кетади.

Центрифугаларни ҳисоблаш. Центрифугаларда юзага келадиган марказдан қочма куч қуйидаги тенгламадан топилади:

$$G = Mn^2R = M\omega^2R = 40 Mn^2R = 20 Mn^2D \quad (3.24)$$

бу ерда M - центрифуга барабани ичида жойлашган чўкма ва суюқликнинг массаси, кг; ω - бурчак тезлиги, c^{-1} ; $D = 2R$ - барабаннинг диаметри, м; R - барабаннинг радиуси, м; n - центрифуганинг айланишлар частотаси, c^{-1} .

Центрифугалаш пайтидаги фильтрлашнинг босими қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\Delta P_{\text{ц}} = G / F \quad (3.25)$$

бу ерда $F = \pi D H$ — ўртача фильтрлаш юзаси, m^2 ; D - барабаннинг баландлиги ёки фильтрлаш зонасининг узунлиги, м.

$\Delta P_{\text{ц}}$ нинг қиймати қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\Delta P_{\text{ц}} = 20 \rho_c n^2 (R_2^2 - R_1^2) = 5 \rho_c n^2 (D_2^2 - D_1^2)$$

бу ерда ρ_c - суспензиянинг зичлиги, kg/m^3 ; $D_1 = 2R_1$ - суюқлик ички қатламининг диаметри, м; $D_2 = 2R_2$ - барабаннинг ички диаметри, м.

Чўкмаси пичоқ билан олинадиган чўктирувчи центрифуганинг иш унумдорлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$V_{\text{ц}} = 25,3 \eta L n^2 R_0^2 w_3 k \quad (3.26)$$

бу ерда L - барабаннинг узунлиги, м; R_0 - суспензия ҳалқасимон қатламининг ички радиуси, м; w_3 - заррачанинг чўкиш тезлиги, м/с; η - центрифуганинг

ҳақиқий ва назарий иш унумдорликларининг нисбатини олувчи коэффициент ($\eta=0,4 - 0,5$); k - суспензияни бериш вақтини центрифуганинг умумий ишлаш вақтига нисбати.

Ультрафилтрлаш

Ультрафилтрлашнинг асосий мазмуни *эритмаларни ярим ўтказувчан мембраналар* орқали босим билан ўтказишдан иборат. Махсус тайёрланган ғовакли мембраналар қуйидаги талабаларга жавоб бериши керак: 1) керакли компонентни ўтказиш, қолганларини ўтказмаслик; 2) юқори ажратишга эга бўлиш; 3) механик чидамлилиқ; 4) унумдорлиги катта; 5) ишлатиш жараёнида ўзгармаслиги; 6) ажратилаётган муҳит таъсирига қаршилиқ кўрсатиши; 7) таркибида захарли моддалар бўлмаслиги; 8) нархи арзон.

Ультрафилтрлаш ва тескари осмос тушунчалари ўртасида фарқ жуда кам. Агар ультрафилтрлаш юқори молекулали моддаларни қуюқлаштириш ва бир вақтнинг ўзида улар эса берилган эритмани қуюқлаштириш ёки тоза эритувчини эритмадан аж ни кичик молекулали моддалардан тозалаш усули ҳисобланса, тескари осмос ратиб олиш усулини ташкил этади.

Мембрананинг танлаш қобилияти, φ % қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\varphi = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{x_2}{x_1}\right) \cdot 100 \quad (3.27)$$

бу ерда x_1 - эриган модданинг дастлабки концентрацияси, %; x_2 - эриган модданинг филтратдаги концентрацияси, %.

Мембранадаги ғовакларнинг ўртача диаметри Пуазейл қонунига асосан қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$d_{yp} = \sqrt{\frac{32V\mu\delta}{\beta F \Delta P}} \quad (3.28)$$

бу ерда V - филтратнинг сарфи, m^3/s ; μ - суюқлик қовушқоқлигининг динамик коэффициенти, Па с; δ - мембрана ғовакларининг қалинлиги, м; β - мембрананинг

ғоваклиги; F - 1 м^2 майдондаги ғовакларнинг юзаси, м^2 ; ΔP - босимлар фарқи, Па.

Мембранинг иш унумдорлиги куйидаги тенгламадан топилади:

$$W = V/F \cdot T$$

бу ерда W - фильтрлаш тезлиги, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$; V - фильтратнинг ҳажми, м^3 ; F - иш юзаси, м^2 ; T - жараённинг давомийлиги, с.

Дарси қонунига асосан мембранинг иш унумдорлиги куйидаги тенгламадан топилади:

$$W = \Delta P / h_r r \quad (3.29)$$

бу ерда ΔP - фильтрдаги босимлар фарқи; h_r - чўкма қатламининг баландлиги; r - узунлик бирлигига нисбатан олинган чўкма қатламининг қаршилиги.

Ультрафильтрлаш ва тескари осмос усуллари истиқболли ҳисобланади, чунки бир қатор афзалликларга эга. Мембранали қурилмаларнинг тузилиши оддий. Жараён оддий ҳароратда олиб борилади. Иқтисодий жиҳатдан анча тежамли.

Мембраналар ёрдамида ажратиш жараёни фазавий ўзгаришларсиз олиб борилади, шу сабабдан энергия асосан эритмани мембрана орқали босим билан ўтказишга сарфланади. Мембранали фильтрлашга кетган энергия сарфи ажратишнинг бошқа усулларига нисбатан анча кам. Масалан, денгиз сувини тескари осмос усули билан чуқурлаштириш учун тахминан 7 кВт соат/м^3 энергия кетса, бундай сувни ҳайдаш усули билан чучуклаштирилганда тахминан 80 кВт соат/м^3 энергия сарфланади.

Яқин келажакда ультрафильтрлаш ва тескари осмос усулларида кенг фойдаланиш суюқлик аралашмаларини ажратиш, қуюқлаштириш ва тозалаш ҳамда табиий сув хавзаларини муҳофаза қилиш муамоларини ҳал этишдан муҳим аҳамиятга эга бўлиши мумкин.

ЎБОБ. ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ

4.1 Газларни тозалаш

Кимё саноати корхоналаридан чиқаётган газ аралашмаларини тозалаш технологик жиҳатдан муҳим ва катта аҳамиятга эга.

Газлар қуйидаги мақсадларда тозаланади:

- 1) газ аралашмаларидан қимматбаҳо маҳсулотларни ажратиш олиш учун;
- 2) жараёнга салбий таъсир қилувчи ва қурилмаларни бузилишга олиб келувчи газ аралашмаларини чиқариб ташлаш учун;
- 3) атроф-муҳит ҳавосини ифлосланишини камайтириш учун.

Ишлаб чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган ҳар хил физик кимёвий хусусиятларга эга бўлган газ аралашмалари турли жинсли газ дейилади. Газ аралашмалари таркибидаги заррачаларнинг ўлчамига қараб икки системага бўлинади: механик ва конденсирланган.

Қаттиқ моддалар майдаланганда, уларни бир жойдан иккинчи жойга узатганда қаттиқ моддаларнинг газларда тақсимланиши механик система ёки чанглари дейилади. Аралашмадаги қаттиқ модда заррачаларининг ўлчами 5-50 микронгача бўлади.

Конденсирланган система суюқликларни буғлатганда, қуриштириш жараёнларида буғларнинг суюқликка айланишида ҳосил бўлади. Бунинг натижасида тутун ва туман пайдо бўлади.

Саноатда газларни тозалаш қуйидаги усулларда олиб борилади:

- 1) марказдан қочма кучлар таъсирида чўктириш.
- 2) фильтр тўсиқлар ёрдамида ажратиш.
- 3) газларни намлаш усули билан тозалаш.
- 4) юқори кучланишли электр майдон ёрдамида тозалаш.

Газларни тозалаш учун чўктириш камерали, циклонлар, филтрлаш қурилмалари, (скруббер ва электрофилтрлар) ишлатилади.

Амалда газ аралашмаларидаги майда заррачаларни биргина тозалаш қурилмаларида бутунлай ажратиш мумкин эмас, шунинг учун икки ва кўп босқичли қурилмалар ишлатилади, яъни аввал катта заррачалар чанг чўктириш камераларида, сўнгра электрофилтрларда чўктирилади.

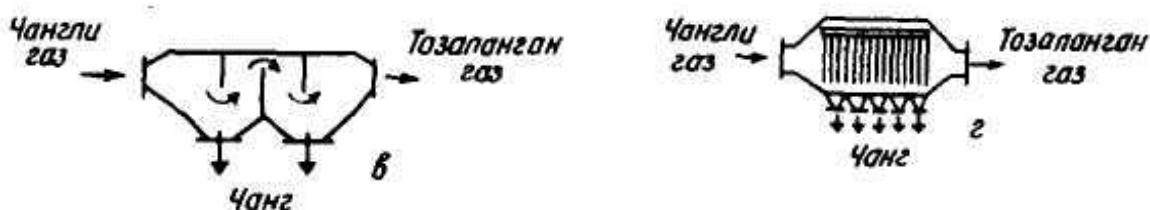
Ҳар бир қурилманинг унумдорлиги газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси билан аниқланади:

$$n = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} 100\% \quad (3.30)$$

бу ерда G_1 ва G_2 - тозаланган ва тозаланмаган газ аралашмасининг қаттиқ заррачалар миқдори; V_1 ва V_2 – дастлабки ва тозаланган газ аралашмасининг ҳажми; x_1 ва x_2 – чангли ва тозаланган газ аралашмаларидаги қаттиқ заррачалар концентрациялари, кг/м³.

4.2. ЧАНГ ЧЎКТИРИШ КАМЕРАЛАРИ

Оғирлик кучи таъсирида чангли газларни тозалаш учун даврий ёки ярим узлуксиз режимда ишлайдиган турли чанг чўктириш камералари ишлатилади. Чанг чўктириш камералари чангли газларни (50-100 мкм) бирламчи тозалаш учун ишлатилади. Бундай қурилмаларнинг тозалаш даражаси 40—50 % дан ортмайди. Чанг чўктириш камераларининг ўлчамлари анча катта бўлади. Қаттиқ заррачаларнинг яхши чўкиши учун газ оқимининг тезлиги 3 м/с дан ошмаслиги керак. 10.1- расмда чанг чўктириш камерасининг схемаси кўрсатилган





25- расм. Чанг чўктириш камералари:

- а — горизонтал камера; б — кўп полкали камера;
в — тўсиқли камера; г — сим пардали камера.

Энг оддий тузилишга эга чанг чўктириш камераси 25- расм, а да кўрсатилган. Чангли газ оқими сепарацион бўшлиқда секин ҳаракат қилади, каттик заррачалар эса чанг йиғадиган секциялардан бирига тушади. Бундай конструкция оддий тузилишга эга бўлса ҳам катта жойнй эгаллайди. Газ оқимининг секин ҳаракатини таъминлаш учун сепарацион камеранинг ҳажми анча катта бўлади.

Кўп полкали камерада (25-расм, б) сепарацион бўшлиқ горизонтал полкалар ёрдамида бир неча секцияларга бўлинган. Бундай шароитда чанг заррачасининг чўкиш вақти анча камаяди. Чангни чиқариш учун полкалар қия қилиб жойлаштирилади. Полкалар кўзғотувчи қурилмалар билан таъминланиши мумкин.

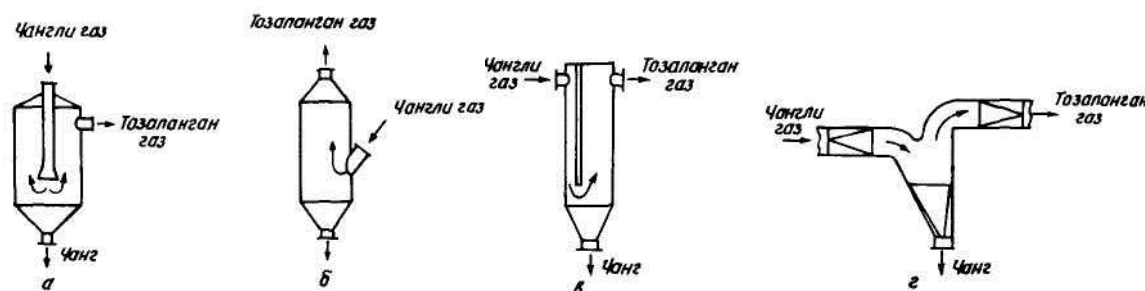
Тўсиқлари бўлган камерада (25- расм, в) гравитацион кучдан ташқари инерцион кучдан ҳам фойдаланилади. Оғирлик ва инерцион кучлардан биргаликда фойдаланиш қурилмаларнинг тозалаш даражасини кўпайтиришга олиб келади.

25-расмда кўрсатилган камеранинг сепарацион бўшлиғида халқали ёки симли парда жойлаштирилган бўлади. Бундай пардаларга газ оқими урилганда филтрланиш жараёни юз бериб, чанг ажралади тасодифий турбулент оқимлар эса бузилади.

Инерцион чанг ушлагичларда тозалаш даражасини ошириш учун оғирлик кучидан ташқари инерцион кучлардан фойдаланилади. Бундай ҳолатда қурилманинг ўлчами анча камаяди.

25-расмда энг оддий инерцион чанг ушлагичнинг схемаси кўрсатилган. Инерцион чанг ушлагичнинг ишлаш принципи

куйдагидан иборат: чангли газ оқими йўналишининг бирдан ўзгариши пайтида, қаттиқ заррачаларнинг зичлиги ҳаво зичлигига нисбатан тахминан 1000 мартаба катта бўлганлиги сабабли, заррачалар ўз инерцияси билан олдинги йўналишда ҳаракатини давом эттириб, газдан ажралгандан сўнг, чанг йиғичга тушади, тозаланган газ оқими эса қурилмадан ташқарига чиқиб кетади.



26-расм. Инерцион чанг ушлагичлар:

а — марказий қисмдан газ берилади; б — ён томондан газ берилади; в — қайтарувчи тўсиқли; г — газ оқимининг йўналиши ўзгаради.

26-расм, а, б, да кўрсатилган чанг тутгичларни чангли қоплар деб ҳам юритилади. Унинг ишлаши жуда оддий бўлиб, чангли газ кириш патрубкеси орқали пастга қараб ҳаракатланади, сўнгра газ бирданига юқорига бурилади, бунда чанг газ оқимидан ажралиб, қурилманинг пастки қисмига тушади. Масалан, таркибида диаметри 30 мкмдан катта заррачаларни ушлаган чангли газни тозалашга мўлжалланган чангли қопнинг ажратиш даражаси 65-7-85 % ни ташкил этади. Газнинг кириш патрубкесидаги тезлиги тахминан 10 м/с қурилманинг цилиндрсимон қисмида эса 1 м/с га тенг бўлади. Бундай чанг тутгичнинг гидравлик қаршилиги 150 - 390 Па.

Қайтарувчи тўсиқли чанг тутгич (26- расм, в) нинг самарадорлиги чангли қопларникига нисбатан кам, қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳам анча кичик. 26- расм, г да кўрсатилган чанг тутгични ишлатиш қулай бўлиб, уларни тўғридан тўғри газ трубаларига жойлаштириш мумкин, бунда газ ўтадиган трубаларнинг диаметри 2 м дан кам бўлмаслиги керак.

4.3. Марказдан қочма куч таъсирида ажратиш

Оддий чўктириш қурилмаларида газ аралашмасидаги майда чангларни ажратиш қийин. Чўктириш қурилмаларининг габарити катта бўлиб кўп жой эгаллайди ва тозалаш даражаси кичик. Шунинг учун саноатда циклонлар ишлатилади. Циклон цилиндрлик ва конуссимон қисмлардан иборат. Чангли газ циклонга тангенциал йўналишда 15-20 м/с тезликда киради, сўнгра пастга спиралсимон айланма ҳаракат билан йўналади. Натижада марказдан қочма куч ҳосил бўлади. Бу куч таъсирида газ оқимидаги қаттиқ заррачалар ўқдан циклоннинг ички девори томон ҳаракатланади ва деворга урилиб ўз кинетик энергиясини йўқотади ва оғирлик кучи таъсирида пастга тушади. Тозаланган газ марказий труба орқали қурилмадан чиқиб кетади. Циклондаги чангли газларни тозаланиш даражаси қаттиқ заррачаларнинг катталиги, газ оқимининг тезлиги ва қурилманинг геометрик ўлчамига боғлиқ бўлади. Циклонларнинг диаметри 100 -1000 мм гача, чангли газларнинг тозаланиш даражаси 30-85%га тенг.

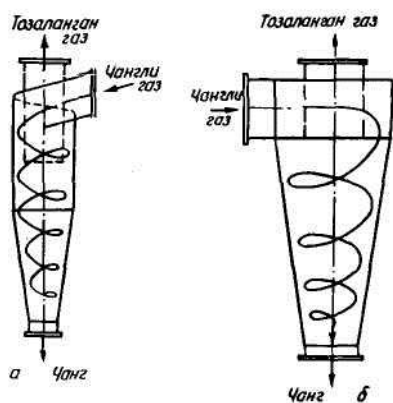
Циклонлар тузилишига кўра икки турга бўлинади: цилиндрлик ва конуслик (10.3- расм). Цилиндрлик циклонларда қобикнинг цилиндрлик қисми анча узун қилиб, конуслик циклонларда эса конуссимон қисми анча узун қилиб тайёрланган бўлади. Цилиндрлик циклонлар юқори иш унумдорликка, конуслик циклонлар эса юқори тозалаш даражасига эга. Бироқ конуслик қурилмаларда босимнинг йўқолиши кўпроқ бўлади. Конуслик циклонларда юқоридан пастга қараб кўндаланг кесим юзасининг камайиб бориши сабабли қурилма девори яқинида чанг заррачаларининг ажралиши тезлашади: Цилиндрлик циклоннинг диаметри 2 м дан, конуслик циклоннинг диаметри эса 3 м дан ортмаслиги керак. Циклонларнинг диаметри 2—3 м дан ортиб кетса, қурилманинг тозалаш даражаси камаяди.

НИИОГАЗ циклонларда чангли газ кирадиган патрубклар қия қилиб жойлаштирилган. Ушбу циклонларнинг учта тури энг кўп ишлатилади: 1) қиялик бурчаги 24° (ЦН-24) -бундай циклонлар юқори иш унумдорликка ва

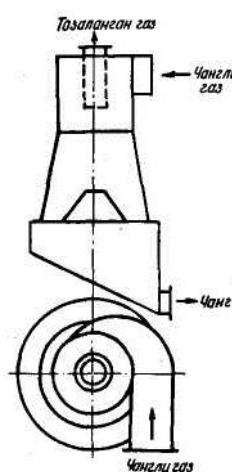
кичик гидравлик қаршиликка эга бўлиб газ оқимидаги катта ўлчамли чангларни тутиш учун ишлатилади; 2) қиялик бурчаги 15° (ЦН-15) нисбатан кичик гидравлик қаршилик билан юқори даражадаги тозалашни таъминлайди; 3) қиялик бурчаги 11° (ЦН-11) юқори самарадорликка эга ва такомиллаштирилган чанг ушлагич сифатида таклиф этилган.

ВЦНИИОТ конструкцияли циклоннинг схемаси кўрсатилган. Ушбу циклоннинг конуси юқоридан пастга қараб кенгайган. Қурилма кўндаланг кесимининг кенгайиши таъсирида газнинг айланма ҳаракати ва заррачанинг деворга босими камаяди. Шу сабабдан бундай циклонларни газ таркибидан юқори абразив хоссага эга бўлган заррачаларни ажратиб олиш учун ишлатиш керак.

Циклонларни сўриш ёки ҳайдаш линияларига ўрнатса бўлади. Бироқ, айниқса газ оқимининг таркибида абразив ёки ёпишувчан заррачалар бўлса вентиляторларнинг ишлаш муддатини узайтириш учун циклонларни сўриш линиясига, вентилятордан олдин



27- расм. НИИОГАЗ конструкцияли циклон чизмаси. а-цилиндирли, б-конусли



28- расм. ВЦНИИОТ конструкцияли циклон чизмаси

жойлаштириш мақсадга мувофиқ бўлади. Бошқача айтганда, чанг заррачалари вентиляторга кириб, уни тезда ишдан чиқариши мумкин. Циклон билан бункер

жуда зич қилиб ўрнатилиши керак, чунки озгина миқдордаги ҳавонинг системага тортилиши тозалаш самарадорлигини анча пасайтиради.

Циклонда газ таркибидаги сув бугларининг конденсацияга учрашига йўл қўймаслик учун газнинг температураси шудринг нуқтасидан 10-25°C юқори бўлишлиги керак. Бунинг учун циклонлар тегишли изоляция қатлами билан қопланади, айрим пайтда уларнинг деворлари қиздирилади. <

Умуман олганда, циклонлар таркибида 400 г/м³ гача қаттиқ фаза тутган чангли газларни тозалаш учун ишлатилади. НИИО газ томонидан ишлаб чиқарилаётган циклонларнинг диаметри 100-1000 мм га, чангли газларнинг тозаланиш даражаси 30-г85 % га тенг. Чангли газ аралашмаларидаги қаттиқ заррачаларнинг диаметри катталашган сари газларнинг тозаланиш даражаси 90-95% гача ортиши мумкин.

Чангли газ аралашмаларидаги қаттиқ заррачаларнинг диаметри катталашган сари газларнинг тозаланиш даражаси 90-95% гача ортиши мумкин.

Циклонларда газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси ажратиш коэффициентга боғлиқ:

$$k_a = \omega^2 / r g$$

бу ерда r – циклон радиуси, м; ω - газ оқимининг тезлиги, м/с.

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, газларнинг тозаланиш даражасини ошириш учун газ оқими айланма ҳаракатининг радиусини, яъни циклоннинг радиусини камайтириш ёки газ оқимининг ҳаракат тезлигини ошириш керак.

Циклон қурилмалар қуйидаги афзалликларга эга: тузилиши содда, ҳаракатлантирувчи қисмлари йўқ, фойдаланиш осон, ихчам ва арзон.

Бу циклонларни турли жинсли суюқлик системаларни ажратиш учун ҳам ишлатса бўлади. Бунда улар **гидроциклонлар** дейилади. Гидроциклонларни суспензияларни қуюлтириш ва тозалаш учун, заррачаларни ўлчамига кўра фракцияларга ажратиш ва бошқа мақсадлар учун ҳам ишлатиш мумкин.

Кейинги вақтларда гидроциклонлар билан бир қаторда **мультигидроциклонлар** ва **центриклонлар** саноатда қўлланилмоқда.

Мулртигидроциклонларда кучли марказдан қочма кучлар майдони ҳосил қилинади, уларнинг диаметри 10 – 15 мм га тенг.

Центриклоннинг цилиндрсимон қисмига эса электр двигателр ёрдамида айланадиган ротор - паррак ўрнатилган бўлиб, у кучли марказдан қочма кучлар майдонини юзага келтиради.

Циклонларни ҳисоблаш. Циклонларни ҳисоблаш учун қуйидаги параметрлар маълум бўлиши керак:

- тозаланаётган газнинг ҳажми, м³/соат;
- газнинг циклонга киришдаги ҳарорати, С;
- газнинг нормал шароитдаги зичлиги, кг/м³;
- газдаги сув буғларининг миқдори, кг/кг ёки %;
- циклонга киришда газ таркибидаги чанг миқдори, г/м³;
- чангнинг қовушқоқлиги, зичлиги; Н с/м²;
- циклонга киришдаги газнинг босими, Н/м²;
- зарурий тозалаш коэффиценти, %;
- чангнинг фракциялар бўйича дисперслик таркиби (массавий %).

Циклонларни ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади. Аввал унинг типи ва диаметри танланади. Сўнгра битта циклондан ёки батареяли циклоннинг битта элементидан ўтадиган газнинг иш ҳажми топилади:

$$V_c = 0,785 \cdot \omega_\phi \cdot D^2 = 3,48 \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_t \cdot g \cdot \xi}} \quad (4.1)$$

ёки

$$V_c = 5,8 \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P(273+t)}{\rho_0 \cdot \rho_t \cdot g \cdot \xi}} \quad (4.2)$$

бу ерда ω_ϕ - газнинг мавҳум (шартли) тезлиги, м/с; ρ_0 ва ρ_t - газнинг нормал ва иш шароитидаги зичлиги, кг/м³; D - циклоннинг ёки батареяли циклон элементининг ички диаметри, м; ξ - циклоннинг гидравлик қаршилик коэффиценти; ΔP - газнинг циклонга киришдаги абсолют босими, Па; t - газнинг иш ҳарорати, °С.

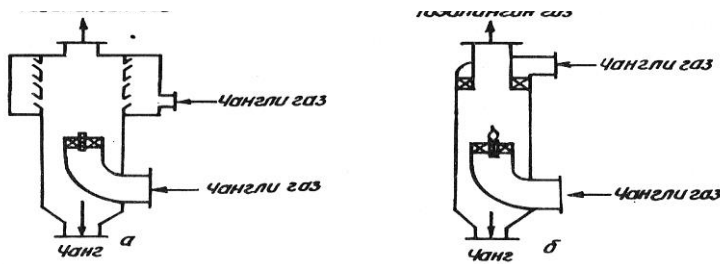
Циклонларнинг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho_t \cdot \omega_{\phi}^2}{2} \quad (4.3)$$

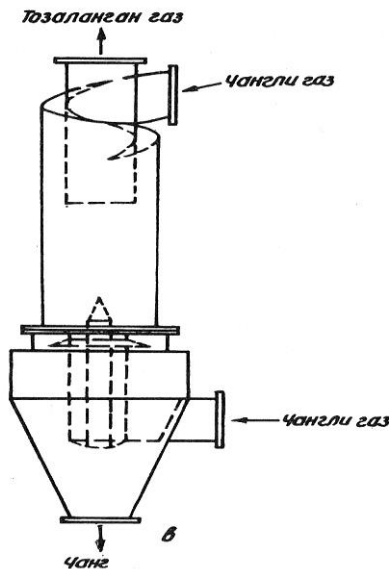
4.4. Уюрмали ва ротацион чанг ушлагичлар

Уюрмали чанг ушлагичлар циклонларга нисбатан анча кейинроқ таклиф этилган. Бундай қурилманинг ўқ йўналишида пастки ва юқори уюрмали оқимларнинг бир-бирига қарама-қарши ҳаракати мавжуд.

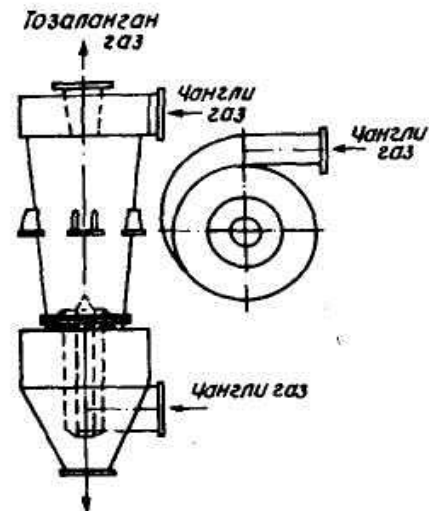
Уюрмали чанг ушлагичнинг схемалари 28 ва 29 - расмларда кўрсатилган. Юқориги оқим билан қурилмага кирган чанг заррачалари марказдан қочма куч таъсирида девор юзаси томон улоқтирилади, юза бўйлаб пастга қараб спиралсимон ҳаракат қилиб, чанг йиғиладиган бункерга тушади. Пастки оқим билан қурилмага кирган чанг заррачалари дастлаб газ оқими билан бирга спиралсимон ҳаракатланиб юқорига кўтарилади, кейинчалик марказдан қочма



куч ёрдамида девор томон улоқтирилади ва юқориги оқим бирга пастга қараб ҳаракатланиб чанг йиғиладиган бункерга тушади.



расм. Конуссимон уюрмали чанг тутгич.



29 – расм. Цилиндрсимон уюрмали чанг тутгич.

Чангли газнинг кириш усулига кўра уюрмали чанг ушлагичлар бир неча турга бўлинади: 1) юқори газ оқимини сопло ёрдамида киритувчи; 2) пастки

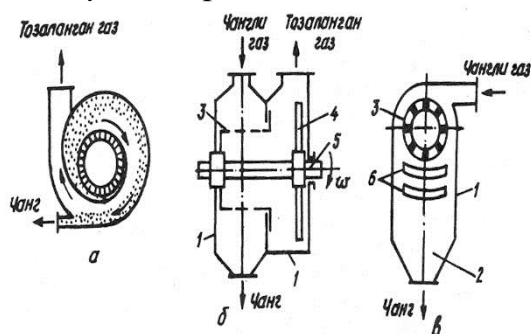
ва юқориги газ оқимларини паррак ёрдамида киритувчи; 3) пастки ва юқориги газ оқимини тангенциал йўналишда киритувчи қурилмалар.

Саноат ишлаб чиқаришларида юқориги ва пастки газ оқимлари тангенциал йўналишда кирадиган уюрмали чанг ушлагичлардан фойдаланиш қулай ва арзонга тушади. Бундан ташқари қурилманинг тузилиши содда ва босимнинг йўқолиши камроқ. Сопло ёрдамида газ оқими кирадиган қурилманинг юқориги қисмида горизонтга нисбатан $15-30^\circ$ қия қилиб жойлашган бир неча қатор соплалар ўрнатилган; ушбу тангенциал соплалар ёрдамида иккиламчи газ оқими уярма ҳосил қилади. Соплодан чиқаётган газнинг тезлиги 60-80 м/с ни ташкил этади. Бундай қурилмаларда иккиламчи газ оқимининг ҳажмий сарфи умумий газ сарфининг 30-50 % ини ташкил этади.

Газ оқими паррак ёрдамида ёки тангенциал йўналишда киритиладиган қурилмаларда иккиламчи газ оқимининг босими сопло ёрдамида кирадиган газ босимига нисбатан анча кам бўлади. Одатда иккиламчи газнинг қурилмага киришидаги босими ва тезлиги тахминан циклонлардаги кўрсаткичларга жуда яқин. Саноат ишлаб чиқаришларида юқориги ва пастки газ оқимлари тангенциал йўналишда кирадиган уюрмали чанг ушлагичлардан фойдаланиш қулай ва арзонга тушади. Бундан ташқари қурилманинг тузилиши содда ва босимнинг йўқолиши камроқ.

Ротацион чанг ушлагичлар. Ротацион ёки динамик чанг тутгичларда чанг заррачасига таъсир қилувчи марказдан қочма ва Кориолис кучлари иш қилдирагининг айланиши натижасида ҳосил бўлади. Уларнинг афзаллиги ишлаши учун қўшимча тортиш-пуфлаш қурилмаси керак эмас. Роторнинг айланишлар сонини ошириш билан юқори самарадорликка эришиш мумкин.

Бу қурилмаларнинг асосий камчилиги кўп энергия талаб қилишидир, бироқ анча ихчам тузилишга эга. Саноатда бу қурилмалар икки турли бўлади: *спиралсимон қобиқли* ва *айланувчи барабанли*.



30-расм. Айланувчан тешикли барабанли ротацион чанг тутгич.

Чангли газ юзаси перфорация қилинган айланувчи барабан орқали ўтади, чанг заррачалари эса марказдан қочма куч таъсирида барабаннинг ташқарисида қолади. Чанг марказдан қочма куч таъсирида барабаннинг перфорация қилинган юзасидан ажралади ва қобикнинг пастки қисмидаги чанг йиғгичда тўпланади.

Ротацион чанг тутгичлар қаторига махсус турбина билан таоминланган *турбоциклонлар* ва *турбокомпрессорлар* киради. Турбина марказдан қочма куч майдонини ҳосил қилади ва уни кучайтиради. Натижада газларни чангдан тозалаш даражаси кўпаяди.

4.5. Газ ювувчи қурилмалар

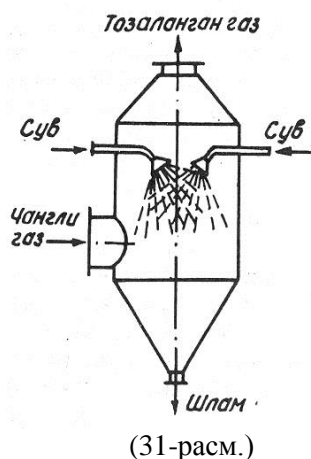
Тоза газ олиш учун чангли газларни сув ёки бошқа суюқликлар билан ювиб уларни чанг заррачаларидан тозаланади. Бунда оқинди сувлар ҳосил бўлиб уларни тозалаш талаб қилинади. Бу усул айниқса совиган газларни тозалаш анча осон, чунки газлар совиганда сув буғлари конденсацияланиб чанглар жамланади ва уларнинг оғирлиги ортиб, чанг заррачалари газдан осон ажралади. Бу қурилмаларни чанг тўтишдан ташқари газларни совитиш ёки намлаш, туманларни тутиб қолиш, газ қўшимчаларини абсорбциялаш каби ишлар бажарилади.

Газ ювувчи қурилмаларни камчилиги, а) қурилма ва трубопроводлар юзаларига чанг заррачалари ёпишиб қолиши; б) суюқликнинг сарфи анча катта; в) газларни, айниқса агрессив газларни тозалашда коррозиядан ҳимоя қилиш талаб қилинади.

Газ ювувчи қурилмалар қуйидаги синфларга бўлинади: 1) фазалар контакт юзасининг турига кўра: суюқлик сочиб берувчи, насадкали, тарелкали, плёнкали; 2) иш принципига кўра: гравитацион, марказдан қочма, оқимчали

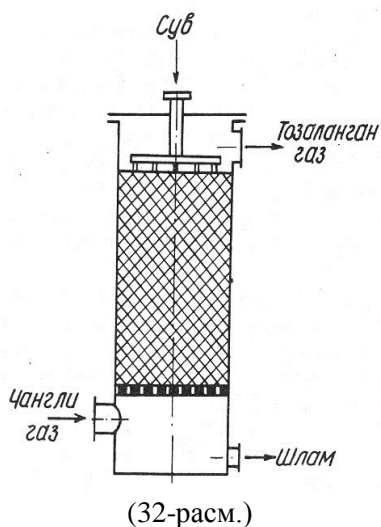
ва механик; 3) энергия сарфига кўра: паст босимли, ўрта босимли, юқори босимли қурилмалар.

Суюқлик сочиб берувчи қурилмалар.



Бундай қурилмалар (*скрубберлар*) ичи бўш қобикдан иборат бўлиб, цилиндрсимон ва тўғри тўртбурчакли колонналар кўринишида бўлади. Скрубберлар газ аралашмаси 0,8-1,5 м/с тезликда қурилманинг пастки қисмидан берилади. Скруббернинг юқори қисмидан форсункалар орқали сочилган сув қурилманинг баландлиги бўйлаб девор юзаси бўйлаб ҳаракат қилиб, газ қурилманинг юқори қисмидан чиқиб кетади. Оддий скрубберларда газ аралашмасининг тозаланиш даражаси 60-75% бўлади. Заррачанинг ўлчами 10 мкм дан катта бўлса 99% ни ташкил этади.

Насадкали скрубберлар.



Тозалаш жараёнининг интенсивлигини ва тезлигини ошириш учун насадкали скрубберлар кўп ишлатилади. Насадкалар газ фазаси билан суюқлик фазалари орасидаги контакт юзасини оширади. Насадкали скрубберларда корпуснинг ичига насадкалар тартибли ва тартибсиз жойлаштирилади. Кўпинча кокс, кварц ва ҳалқасимон насадкалар ишлатилади. Насадкали скруббернинг ўртача тозалаш даражаси 75-85% бўлади. Бироқ ўлчами 2 мкм дан катта бўлган заррачаларни тутганда тозалаш даражаси 90% дан ортиб кетиши мумкин. Насадкали скрубберлар оддий скрубберларга нисбатан самарадорлиги катта, бироқ уларнинг гидравлик қаршилиги ҳам каттароқ.

Марказдан қочма скрубберлар. Газ аралашмаси тангенциал йўналишда қурилма корпусининг цилиндр қисмига кириб, марказдан қочма куч таъсирида айланма ҳаракат қилади. Корпус девори юзасидан сопло орқали берилган сув плёнкага ўхшаб оқиб туради. Газ марказдан қочма куч таъсирида

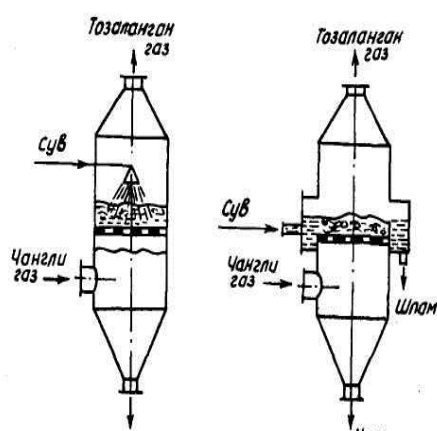
скруббернинг деворларига урилиб плёнка ҳолида оқаётган сув билан ювилиб тушиб кетади.

Марказдан қочма скрубберларда оддий ва насадкалига нисбатан газ аралашмасини тозалаш даражаси юқори бўлиб, ўлчамлари 5-30 мкм заррачалар учун 95% гача ва заррачаларнинг ўлчами 2-5 мкм бўлганда 85-90% га тенг бўлади.

Тарелкали газ ювувчи қурилмалар. Бундай қурилмаларда газ билан суюқлик ўртасидаги контакт гаризонтал жойлашган тарелкалар устида юз беради. Газнинг тезлиги кичик бўлганда (1 м/с атрофида) газ суюқлик қатлами орқали ўтиб пуфаклар ҳосил бўлади, бу жараён *барботаж жараёни* дейилади. Агар газнинг тезлиги катта бўлса турбулентлашган кўпик қатлами ҳосил бўлади. Шу сабабдан тарелкали скрубберлар 2 турга *кўпикли* ва *барботажлига* бўлинади.

Саноатда *кўпик қатламли* тарелкали скрубберлар кенг ишлатилади. Тарелкадаги газларнинг тезлиги 2,5-4,5 м/с, тешикларнинг диаметри 4-8 мм, тозалаш даражаси 99% гача. Бу қурилмалар кимё ва металлни қайта ишлаш саноатида, айниқса минерал ўғитлар ишлаб чиқаришда газларни фтор, олтингугурт, фосфор чангларидан тозалашда яхши самара бермоқда.

Ағдарилма тарелкали скрубберларда тешикли ва тирқишли панжаларлар ишлатилади. Тешикларнинг диаметри 4-8 мм, тирқишларнинг кенглиги 4-5 мм. Тарелканинг эркин кесими (умумий кесимга нисбатан тешикларнинг улуши)



33-расм

тарелкали; б) қуиилиш тарелкали.

0,2-0,5 м²/м². Қуиилиш тарелкали қурилмаларда қалпоқчали, S- симон, йиғгичи бўлган тешикли ва бошқа типдаги тарелкалардан фойдаланилади.

33 - расмда кўпик ҳосил қилувчи тарелкали газювувчи қурилмаларнинг икки тури кўрсатилган: а) ағдарилма

Бу турдаги қурилмаларда перфорация қилинган тарелкаларнинг сони бир нечта бўлиши мумкин, бундай шароитда тозалаш даражаси ортади (99% гача). Битта тарелканинг гидравлик қаршилиги тахминан 600 Па га тенг бўлади. Саноатда

кўпик қатламини барқарорлаштириб 33 - расм. Кўпикли газ турадиган қурилмаси.

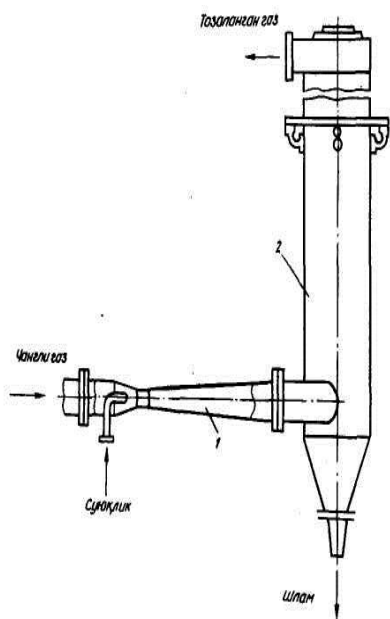
а – ағдарилма тарелкали;

Барқарорлаштирувчи қурилма (стабилизатор)

б – кўшилиш тарелкали.

кўпикли режимнинг тезлик интервалини анча кенгайтиради (4 м/с гача) ва кўпик қатламининг баландлигини кўпайтиради. Бундай қурилмаларнинг газ бўйича иш унумдорлиги стандартлаштирилган ва 3 дан 90 минг м³/соат гача ўзгариши мумкин. Тарелкалардаги газнинг оптимал тезлиги 2,5-4,5 м/с, суюқликнинг солиштирма сарфи 0,05-0,1 л/м³. Кўпикли қурилмалар кимё ва металлни қайта ишлаш саноатида, айниқса минерал ўғитлар ишлаб чиқаришда газларни фтор, олтингугурт, фосфор чангларидан тозалашда яхши самара бермоқда.

Вентури скруббери. 34 - расм Бундай қурилма суюқликни сочиб берувчи



34 - расм

труба (Вентури труба) ва суюқлик томчиларини газ оқимидан ажратадиган сепаратордан ташкил топган. Вентури труба 1 тораювчи қисм (конфузор), қиска цилиндрсимон қисм (бўғиз) ва кенгайиб борувчи қисм (диффузор) лардан тузилган. Суюқлик махсус сочиб берувчи қурилма ёки механик форсунка ёрдамида конфузор (ёки бўғиз) га берилади. Трубанинг ҳарактеристикалари қуйидагича ўзгариши мумкин: конфузорнинг қиялик бурчаги 25-28°;

диффузорнинг қиялик бурчаги 6-7°; бўғизнинг узунлиги диаметрининг 0,15-0,5 улуши; бўғизнинг диаметри трубопровод диаметрининг 0,4-0,5 улуши. Босим йўқолишини камайтириш учун Вентури трубасининг ички юзаси механик 34-расм. Вентури скруббери:

қайта ишлаш йўли билан силлиқлантирилади.

1-суюқликни сочиб берувчи труба;

Газ - суюқлик оқимининг бўғиздан кейин

2-циклон томчи ушлагич.

диффузорга ўтиб, кенгайиши пайтида

суюқликнинг кўшимча майда томчиларга ажралиши юз беради. Бу ерда суюқлик томчилари чанг заррачаларини ўзи билан бирга олиб кетади. Томчиларнинг газ оқимидан ажралиш жараёни циклон - томчи ушлагич (2) да рўй беради.

Бўғиздаги газнинг тезлиги 60-150 м/с га етади. Суюқлик ортиқча босим (0,03-0,1 мПа) билан берилади. Диффузорда оқимнинг тезлиги 20-25 м/с гача камаяди. Циклонда газ-суюқлик оқимининг тезлиги 4-5 м/с ни ташкил қилади.

Вентури скрубберида чанг заррачаларини ушлаб турган суюқлик томчиларига нисбатан газнинг катта тезлигига эришилади. Шу сабабдан Вентури қурилмасида газ таркибидаги ўлчами 1 мкм дан кичик бўлган қаттиқ заррачаларни ушлаш имконияти мавжуд. Тозалаш даражаси 99 % гача етади, бироқ қурилманинг гидравлик қаршилиги жуда катта (2200-12800 Па).

Мавҳум қайнаш қатламли скруббер. Бундай газ ювувчи қурилманинг чизмаси 8.12-расмда кўрсатилган. Цилиндрсимон қобик (4) нинг пастки таянч (5) ва юқориги чегараловчи (2) панжаралари оралигида насадка қатлами мавжуд. Насадка сифатида ичи бўш ёки яхлит шарлар ишлатилиши мумкин. Панжара (5) бир вақтнинг ўзида насадка учун таянч ва газни бир текисда тарқатувчи қурилма вазифасида хизмат қилади. Насадка қўзғалмас қатламининг баландли 200-300 мм, панжаралар оралиғидаги масофа эса 1200-1500 мм бўлиши мумкин. Шарлар полиэтилен, полистирол, резина, шиша ва бошқа материаллардан

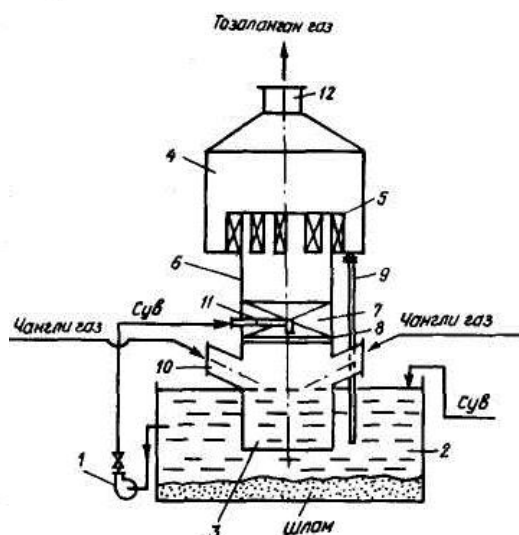
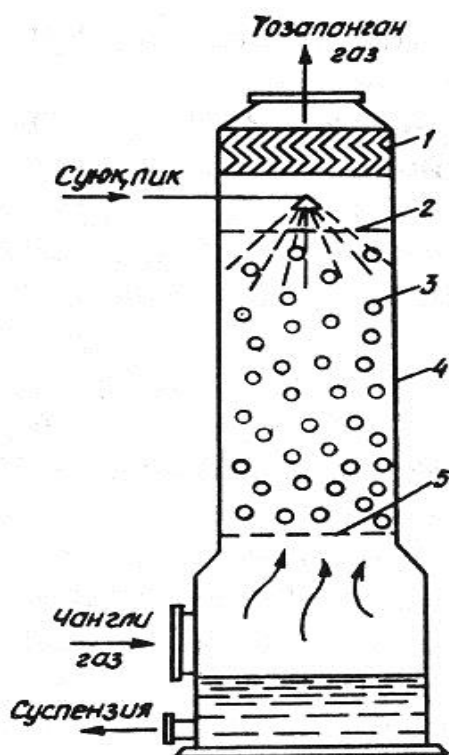
тайёрланади; шарнинг диаметри қурилма диаметрининг 0,1 улушидан катта бўлмаслиги керак. Бу турдаги саноат қурилмаларининг диаметри 6,5 м гача бўлиши мумкин.

Қайновчи қатламли насадкали скрубберларда кўпинча паст унумли ва шар шаклидаги насадкали ишлатилади. Қурилма тўла мавҳум қайнаш режимида ишлайди. Унинг юқори қисмидан суюқлик форсунка ёрдамида сочиб турилади. Газнинг тезлиги 4-6 м/с бўлади. Мавҳум қайнаш ҳолатидаги насадкалар таъсирида газ оқими турбулизация қилинади, фазалар ўртасидаги юза кўп маротаба янгиланади, оқибатда газ билан суюқлик яхши контактга учрайди.

Тошкент кимё-технология институти «Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари» кафедрасида қайновчи қатламли насадкали скурубберлар учун насадканинг турли хиллари - кублар, ҳалқачалар, ҳар хил қаршилик коэффицентига эга бўлган шарлар ишлаб чиқаришга жорий қилинди ва натижада қурилманинг самарадорлиги икки марта ортди.

Айланиб юрувчи насадкали скрубберлар. Ҳозирда мавҳум қайнаш қатламли газ ювувчи қурилмаларнинг қатор самарали конструкциялари ишлаб чиқилди. Жумладан, Тошкент Давлат техника университети мутахассислари томонидан айланиб юрувчи насадкали скруббернинг бир неча янги турлари таклиф этилди. Насадкалар айланиб юрувчи ҳолатга етганида қатламдаги бўш ҳажмнинг улуши $\varepsilon = 1$ бўлади. Ушбу скрубберлар Чирчиқ шаҳридаги

Ўзбекистон қийин эрувчан ва ўтга чидамли металллар комбинатининг газларни чангдан тозалаш системасида муваффақиятли ишлатилмоқда.



вчи насадкали ва
либ бериладиган

ч;

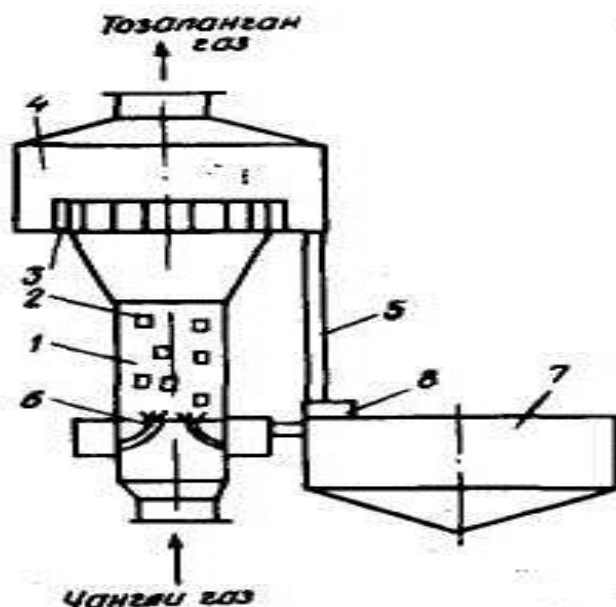
и курилма;

аси;

36- расмда айланиб юрувчи насадкали ва суюқлик циркуляция қилиб бериладиган скруббернинг схемаси кўрсатилган. Курилмага суюқлик марказдан қочма насос (1) ёрдамида берилади. Чангли газ панжара (8) нинг пастки қисмига штуцер (10) ёрдамида юборилади. Газ кирадиган штуцер вертикал, ўққа нисбатан $5-10^\circ$ қиялик билан ўрнатилган. Суюқлик панжара юзаси томонга қараб, сочиб берувчи курилма (2) ёрдамида тарқатилади. Панжаранинг устнда

насадка қатлами (7) жойлашган. Панжара орқали ўтган газ оқими насадкаларни айланиб юрувчи ҳолатга келтиради. Газнинг тезлигига кўра суюқлик панжара орқали қисман ағдарилиб, курилманинг куб қисмига тушади ёки иш зонаси (6) орқали курилманинг юқориги қисмидаги сепаратор (4) га ўтади. Сепараторда марказдақ қочма уурма ҳосил қилувчи (5) ёрдамида суюқлик газдан ажралади. Ажралган суюқлик қуйилиш трубаси (9) орқали шлам йиггичга тушади. Тозаланган газ патрубок (12) орқали атмосферага чиқарилади, Газнинг тезлиги 3—12 м/с чегараларида ўзгариши мумкин.

Майда дисперсли заррачаларни тутиб қолиш даражаси газ тезлигининг ортиши билан кўпаяди, бунинг учун қурилмада тўғри йўналишли режим ташкил қилинади. Газнинг тезлиги 7—8 м/с дан юқори бўлиши керак. Бундай шароитда суюқлик панжарадан ағдарилиб, қурилманинг пастки қисмида йиғилмайди. Насос ишлатишга эҳтиёж қолмайди. 37- расмда суюқлик инъекцион усул билан бериладиган чанг тутгичнинг чизмаси кўрсатилган. Газ қурилманинг пастки қисмига берилиб, иш соҳаси (1) дан ўтади ва бу соҳада жойлашган насадкалар (2) ни айланувчан ҳолатга-келтиради. Газ чангдан иш соҳасида турбулизация қилинган газ — суюқлик қатлами ёрдамида тозаланади. Суюқлик сепаратор (4) да ажралади ва рециркуляция қилиш учун йшлатилади. Суюқлик труба (5) орқали шлам йиғгич (7) га қуйилади. Суюқлик таркибидаги майда заррачалар шлам йиғгич (7) да чўкмага тушади.



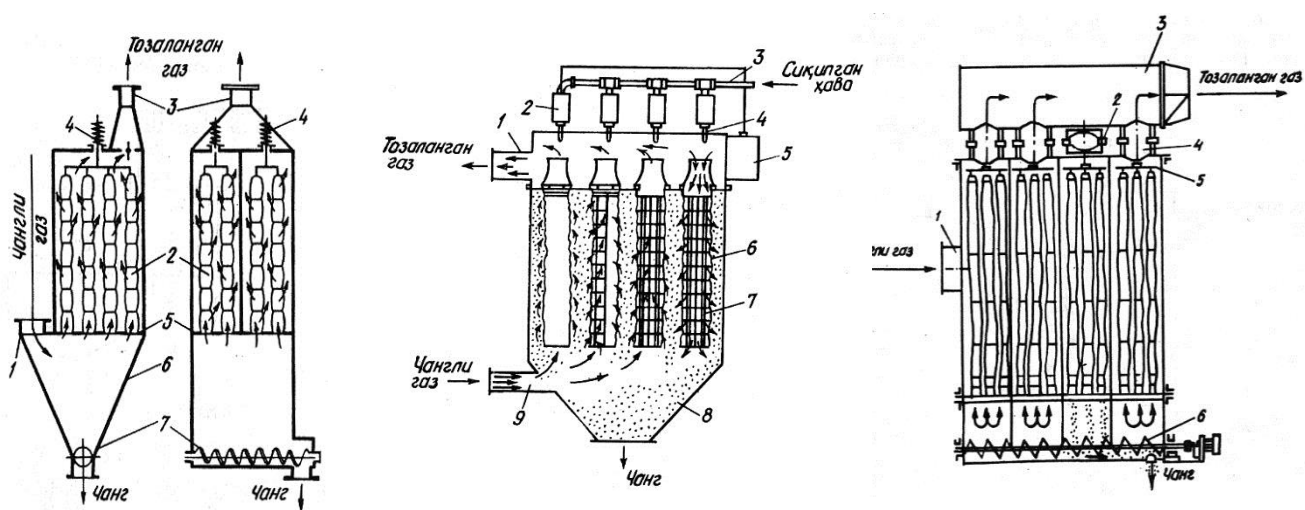
37 – расм. Айланиб юривчи насадкали ва инженкцион тарелкали чанг тутгич

Айланиб юривчи насадкали скрубберларда газ — суюқлик оқими насадкалар ёрдамида кучли турбулизация қилинади. Заррачаларнинг томчиларда чўкиши турбулент — импульсли механизм асосида юз беради. Бунинг учун қурилмада оптимал масшабли интенсив турбулент пульсациялари ташкил этилади. Ушбу скрубберлар ёрдамида газ аралашмалари таркибидаги микронли ўлчам ва турли физик хоссаларга эга бўлган қаттиқ заррачаларни ажратиб олиш мумкин

Саноат миқёсида олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатдики, айланиб юрувчи насадкали скрубберларда юқори даражадаги чанг ушлашликка эришилади: 93—96 % 1—2 мкм ли заррачалар учун; 98—99,9 % 5 мкм дан катта бўлган заррачалар учун.

4.6. Фильтрлар. Электрофильтрлар.

Майда заррачали, узун толали ва енгил чангли газ аралашмаларини тозалаш учун **фильтрлар** ишлатилади. Фильтрларнинг тешиклари майда бўлганлиги учун газ ундан ўтиб, чанг эса ушланиб қолади. Фильтрловчи тўсиқ сифатида *пахтали ип* ва *жунли материаллар, сочилувчан (қум, активланган*



38 – расм. Енгил фильтр. 39 – расм. Металло-керамикадан тайёрланган патронли фильтр.

40-расм. Кўп секцияли енгил фильтр.

кўмир) ва *керакли материаллар* ишлатилади.

Газларни тозалаш учун енгил фильтрлар кўп ишлатилади (38– расм). Енглар қобиқ остидаги трубали тўсиқларга маҳкамланади. Чангли газ филтрланади. Чангллар ва майда заррачалар филтр енглариинининг тешикларида қолади. Вақт ўтиши билан чанг қатлами кўпайиб филтр тўсиқларнинг қаршилиги ортади ва натижада қурилманинг унумдорлиги камаяди. Шунинг учун вақти-вақти билан силкитувчи қурилма ёрдамида силкитилиб чангллар тўкилади ва шнек орқали ташқарига чиқарилади. Баъзи филтрлар силкитиш билан бирга газ йўналишига қарама-қарши йўналишда ҳаво билан пуфлаб тозаланади. Бундай филтрларнинг енгини диаметри 20-25

см, узунлиги 2,5-4 м бўлиб, бир неча секциялардан иборат бўлади. Агар филтёрнинг энглари пахтали газламадан бўлса, у 65°C гача, жунли газламадан бўлса 80-90°C гача ишлайди.

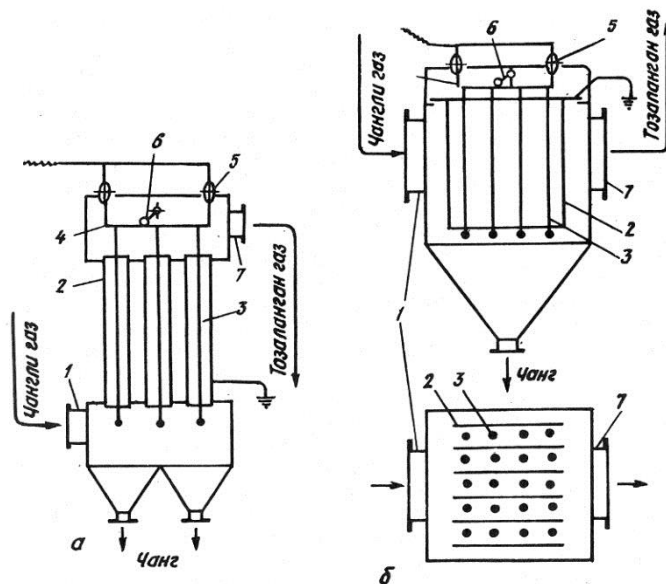
Камчилиги: энглар тезда ишдан чиқади ва тешиклари беркилиб қолади; юқори ҳароратли газларни тозалаш мумкин эмас.

Юқори ҳароратли газларни тозалаш учун жунли газламаларга капрон толаларидан кўшиб тайёрланади. Фильтр энглари сифатида *шиша толали материаллар* ҳам ишлатилади. Юқори ҳароратдаги чангли газларни тозалаш учун ғоваксимон патронлари металл-керамикадан тайёрланган филтёрлар ишлатилади (39 – расм). Чангли газ филтёрловчи элементлардан ўтиб унинг юзасида ва тешикларида ушланиб қолади. Тозаланган газ қурилманинг юқори қисмидан чиқиб кетади. Фильтёрловчи элементларнинг ғоваклари тўлиб қолгандан кейин улар чиқилган ҳаво ёки тозаланган газ билан пуфлаб регенерация қилиниб яна қайтадан тозалаш цикли давом эттирилади.

Саноатда кўпинча тоза ҳаво олиш учун мойли газ филтёрлар қўлланилади. Бу филтёрлар бир неча хил кассетали ячейкалардан иборат. Фильтёрнинг ячейкаси металл қутичасидан иборат бўлиб, унинг икки ён томони тўр билан беркитилган қутича металл ҳалкачалар билан тўлдирилган. Чангли газ тур орқали берилганда чанглар ҳалкачаларнинг юзасига ёпишиб, тозаланган газ эса тур орқали чиқиб кетади. Ҳалкачаларнинг устки қисмига *висцин (машина ёғи, глицерин)* суртилади. Мойли филтёрларда ҳаво 99% гача тозаланади.

Юқори ҳароратли ва физик-кимёвий усуллар билан газларни чангдан тозалаш учун донадор материал қатламига эга бўлган филтёрлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бундай филтёрларда насадка сифатида *шағал, қум, шлак, қитиқ, резина ва пластмассали майда увоқлар*, турли ишлаб чиқариш чиқиндилари ишлатилиши мумкин.

Электрофилтёрлар. Чангли газлар таркибидаги каттик заррачаларни электр майдон таъсирида чўктириш бошқа чўктириш усулларига қараганда кўп афзалликларга эга



40 – расм

Электрофильтр

мумкин. Электрофильтрнинг камчилиги: юқори металл ушлашлик; ўлчамлари катта; иш режимининг ўзгаришига таъсирчан; чангнинг портлаш ва ўт олиш хавфсизлигини таъминлашга

юқори капитал сарфи катта бўлганда

40 – расм. Электрофильтр. фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Таркибида қаттиқ заррачалари бўлган газ оқими юқори кучланишли электр майдондан ўтганда ионизация ҳодисасига учрайди. Яъни унинг молекулалари мусбат ва манфий зарядланган заррачаларга ажралади. Бунда бутунлай ионлашган газ қатлами чўғланиб нур ва чарсилланиб овоз чиқаради. Бу сим **нурланувчи электрод** дейилади.

Манфий зарядланган чангнинг электронлари нурланувчи электроддан мусбат зарядланган чўктириш электродлари томон ҳаракат қилганда ўз йўлида қаттиқ заррачаларга учрайди ва уларни зарядлайди. Зарядланган заррачалар чўктириш электродига яқинлашганда ўзининг зарядини беради ва оғирлик кучи таъсирида чўқади.

Электрофильтрлар юқори кучланишли *ўзгармас токда* ишлайди. Электрофильтрнинг нурланувчи электродлари ток манбаининг манфий кутбига, чўктирувчи электродлари эса мусбат кутбига уланади. Чўктириш электродининг тайёрланишига қараб труба ва пластина электрофильтрлар

Электрофильтрлар ёрдамида газ таркибидаги энг кичик заррачаларни ушлаш мумкин. Бундай қурилмаларда газ аралашmalarини ажратиш даражаси 99% гача етади. Электрофильтрларнинг гидравлик қаршилиги 100-150 Па гача бўлади, Чангли газнинг ҳарорати - 20 дан +500°C гача бўлиши

бўлади, бироқ уларнинг ишлаш режимида принципиал фарқи йўқ. Электр чўктириш қурилмасининг ишлаш принципи чангни газларнинг хусусияти, таркиби ва ҳароратига боғлиқ. Ҳарорат ва ҳавонинг молекуляр оғирлиги ортиши билан системадан ўтаётган токнинг миқдори кўпайиб боради. Чанг заррачаларининг катталиги камайиши билан қурилманинг фойдали иш коэффициентлари камаёди.

4.7. Газ тозалаш қурилмаларни танлаш

Газ тозалайдиган қурилмаларни танлашда қуйидаги асосий факторларга аҳамият берилиши керак: чанг заррачасининг ўлчами, унинг тозаланиши лозим бўлган газ таркибидаги концентрацияси ва зарур бўлган тозалаш даражаси. Юқори концентрацияли газлар учун ҳамда каттик фаза муҳим маҳсулот ҳисобланганда, тозалашнинг қуруқ усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Газни тозалаш даражасига бўлган талаб атмосфера ҳавоси тозаланишининг зарур бўлган санитария-гигиена нормалари билан технология ускуналарида ишлаш шартлари билан боғлиқ бўлади. Газ тозалайдиган қурилмаларни ва уларнинг материалларини танлашда газ таркибида намлик ва агрессив компонентларнинг борлиги, уларнинг миқдори ва ҳарорати ҳисобга олинади.

Тозалашнинг тегишли даражаси қурилманинг турини, конструкциясини ва ўлчамини тўғри танлаш ва уни тўғри ишлатиш орқали эришилади. Чанг ушлашни яхшилаш одатда қурилманинг ўлчамини ёки унинг энергия ҳажмини кўпайтиришни талаб қилади. Масалан, англи филтрлар, чўктириш камералари, электрофилтрлар газнинг тезлиги кам бўлганда, яъни қурилманинг ўлчами катта бўлганда анча самарали ишлайди.

Чанг ушлагичнинг тегишли турини танлашда унинг имкониятлари ҳисобга олиниши керак. Чангли камералар, циклонлар ва бошқа инерцион чанг ушлагичлар арзон ва тузилиши оддий, бироқ улар газ таркибидаги фақат катта заррачаларни ушлаши мумкин.

Енгли филтрлар ва электрофилтрлар ёрдамида газ тозалашнинг юқори даражасига эришилади, бунда аралашма таркибидаги майда заррачалар ҳам тутиб қолинади, бироқ газни тозалашда олдин маълум ҳароратгача иситиш талаб қилинади. Катта тезлик билан ишлайдиган газ ювувчи қурилмалар ишлатилганда газ таркибидаги жуда кичик заррачаларни ушлаш имконияти пайдо бўлади, бироқ уларни ишлатиш учун кўп энергия талаб қилинади. Намчанг ушлагичлар ишлатилганда ҳосил бўлган суспензияларни қайта ишлашга ҳамда қурилмаларни коррозиядан ҳимоя қилишга аҳамият берилади.

Зарур бўлган тозалаш даражасига кўра газ аралашмаларини ажратиш бир ёки бир неча босқичли бўлиши мумкин. Газларни бирламчи, яъни катта ўлчамли чанг заррачаларидан ажратишда, бир босқичли тозалаш усулидан фойдаланилади. Бирламчи тозалашни амалга ошириш қийинчилик туғдирмайди.

Газларни ўта майда заррачалардан ажратишда тозалашнинг кўп босқичли тасвиридан фойдаланилади. Бирламчи тозалаш учун бир ёки бир неча чанг ушлагич қурилмалари ишлатилади, сўнгра нозик тозалаш қурилмаларидан фойдаланилади. Газларни нозик тозалаш қурилмаларига юқори талаблар қўйилади. Одатда газларни нозик тозалаш мақсадида енгли филтрлар, электрофилтрлар ва уюрмали чанг тутгичлар ишлатилади.

V БОБ.СУЮҚЛИКЛАРНИ УЗАТИШ

5.1. Суюқликларни узатиш

Кимё саноатининг барча тармоқларида суюқликлар горизонтал ва вертикал трубалар орқали узатилади. Сув, нефть, бензин, керосин, мойлар ва бошқа суюқликларни узатиш учун мўлжалланган машиналар **насослар** дейилади. Трубаларнинг бошланғич ва охириги нуқталаридаги босимлар фарқи трубалардан суюқликнинг оқиши учун ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади. Суёқлик оқимининг трубалардаги ҳаракатлантирувчи кучи гидравлик машиналар ёки насослар орқали ҳосил қилинади.

Насос электр двигателъдан механик энергия олиб, уни суюқликнинг ҳаракатланаётган оқим энергиясига айлантириб, босимни оширади. Насослар халқ хўжалигининг барча соҳаларида: машинасозликда, металлургияда, кимё саноатида, ер ишларини гидромеханизациялаштиришда ва кўпчилик бошқа тармоқларда кенг қўлланилади.

Насослар асосан икки турга: динамик ва ҳажмий насосларга бўлинади. Динамик насосларда суюқлик ташки куч таъсирида ҳаракатга келтирилади. Насос ичидаги суюқлик насосга кириш ва ундан чиқиш трубалари билан узлуксиз боғланган бўлади.

Суюқликка таъсир қиладиган кучнинг турига кўра, динамик насослар парракли ва ишқаланиш кучи ёрдамида ишлайдиган насосларга бўлинади.

Парракли насослар ўз навбатида *марказдан қочма ва пропеллерли насосларга* бўлинади. Марказдан қочма насосларда суюқлик иш ғилдираklarининг марказидан унинг четига қараб ҳаракат қилса, пропеллерли насосларда эса суюқлик ғилдиракнинг ўқи йўналишида ҳаракат қиладди.

Ишқаланиш кучига асосланган насослар икки хил (*уюрмавий ва оқимли*) бўлади. Уюрмавий ва оқимли насосларда суюқлик асосан ишқаланиш кучи таъсирида ҳаракатга келади.

Ҳажмий насосларнинг ишлаш принципи суюқликнинг маълум бир ҳажмини ёпиқ камерадан итариб чиқаришга асосланган.

Ҳажмий насослар жумласига поршенли, плунжерли, диафрагмали, шестерняли, пластинали ва винтсимон насослар киради.

Саноатда суюқликларни сиқилган газ ёки ҳаво ёрдамида узатиш учун газлифтлар ва монтежюлар ҳам ишлатилади.

Насосларнинг асосий параметрлари

Насослардан фойдаланиш иш унумдорлигини *напор ва қувват* каби катталиклар билан белгиланади. Насоснинг вақт бирлиги ичида узатиб берадиган суюқлик миқдори *иш унумдорлиги* ёки *сарфи* дейилади.

Насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюқликка берган солиштирма энергияси *напор* деб юритилади. Насоснинг босими оқимнинг насосга кириш ва чиқишидаги солиштирма энергиялари айирмасига тенг.

Суюқликка энергия бериш учун сарфланган насоснинг фойдали қуввати N_{ϕ} суюқлик сарфи миқдори $\gamma \cdot Q$ нинг солиштирма энергияга кўпайтирилганига тенг:

$$N_{\phi} = \gamma \cdot QH = \rho gQH \quad (5.1)$$

Насоснинг ўқидаги қуввати фойдали қувватдан каттароқ бўлади. Чунки насосда энергиянинг бир қисми йўқолади. Энергиянинг йўқолиши насоснинг ФИК η_n билан белгиланади. Демак насоснинг ўқидаги қувват қуйидаги тенглама билан топилади.

$$N_e = \frac{N_{\phi}}{\eta_n} = \frac{\rho gVH}{\eta_n} \quad (5.2)$$

ФИК η_n насосдаги қувватнинг нисбий йўқолишини насоснинг мукамаллигини ва уни ишлатишнинг арзонлигини ифодалайди, ҳамда қуйидаги кўпайтма орқали топилади:

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{мех} \quad (5.3)$$

бу ерда

η_v - ҳажми Ф И К

η_r - гидравлик Ф И К

η_m - механик Ф И К

Ҳажмий ФИК насоснинг ҳақиқий иш унумдорлигининг назарий иш унумдорлигига нисбатига тенг бўлиб, насос конструкциясининг зич бўлмаган жойларидан сизиб чиққан суюқликнинг миқдорини белгилайди.

Гидравлик ФИК насос суюқликнинг насосдан ўтишида гидравлик ва маҳаллий қаршилиқларни енгиш учун сарф бўлган напорнинг йўқолишини ифодалайди.

Механик ФИК насос механизмларидаги ишқаланишни енгишга сарфланган қувватнинг йўқолишини белгилайди.

Двигатель истеъмол қиладиган қувват насос ўқидаги қувватдан ортиқроқ бўлади, чунки қувватнинг бир қисми электр двигателнинг ўқида ва электр двигателда механик энергия насосга берилаётганда сарф бўлади, яъни:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta_y \cdot \eta_{\text{дв}}} = \frac{N_{\text{ф}}}{\eta_n \cdot \eta_y \cdot \eta_{\text{дв}}} \quad (5.4)$$

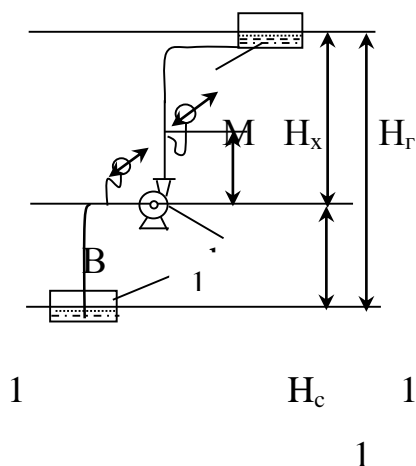
Кўпайтма $\eta_n, \eta_y, \eta_{\text{дв}}$ насос қурилмасининг тўла ФИК деб юритилади ва η билан белгиланади. Насос қурилмаларини ўрнатиш учун зарур бўлган қувват қуйидагига тенг:

$$N_n = \beta N_{\text{дв}} \quad (5.4a)$$

бу ерда: β - қувватнинг запас коэффициентини, бу коэффициентнинг қиймати двигателнинг номинал қувватига нисбатан топилади

5.2. Насосларнинг умумий напори ва сўриш баландлиги

Суюқликнинг пастки идишдан сўриш ва ҳайдаш трубалари орқали ҳайдаш учун двигатель насосга зарур энергия бериши, яъни насос босими ҳосил қилиши лозим. Насоснинг умумий напорини 9.1 - расмдаги насос қурилмасидан аниқлаш учун сўриш ва ҳайдаш трубалари учун Бернулли тенгламасининг ўзгаришидан фойдаланамиз. Бунинг учун сўриш ва ҳайдаш вақтидаги параметрларнинг ўзгаришини қуйидаги тартибда аниқлаймиз:



41 – расм. Насоснинг умумий босимини аниқлаш.

P - суюқлик сўриб олинаётган идишдаги босим;

P - юқорида жойлашган идишдаги босим;

P_c, P_x - суюқликнинг насосга киришидаги ва чиқишдаги босими;

H_c - сўриш баландлиги;

H_x - ҳайдаш баландлиги;

H_g - суюқликнинг геометрик кўтарилиши баландлиги;

h - вакууметр ва манометр ўрнатилган нуқталар орасидаги вертикал масофа.

Насоснинг напорини аниқлаш учун пастки идишдаги суюқлик баландлигининг текистлигига нисбатан сўриш вақтидаги 1-1 ва 1'-1' кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = H_c + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_c^2}{2g} + h_c \quad (5.5)$$

Худди шунингдек, насос ўқидан ўтувчи текисликка нисбатан ҳайдаш вақтидаги 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$\frac{P_x}{\rho g} + \frac{w_x^2}{2g} = H_x + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_x \quad (5.6)$$

бу ерда ω_1, ω_2 - пастки ва юқorigи идишлардаги суюқликнинг тезлиги;

ω_c, ω_x - сўриш ва ҳайдаш трубаларидаги суюқлик тезлиги; h_c, h_x - сўриш ва ҳайдаш трубаларидаги гидравлик қаршиликларни енгиш учун кетган напор миқдори.

Сўриш ва ҳайдаш трубаларидаги тезликка нисбатан пастки ва юқorigи идишлардаги суюқлик тезлигининг ўзгариши жуда кичик бўлиб, у нолга тенг.

Насоснинг напори оқимнинг насосга кириш ва чиқишдаги солиштирма энергиялари айирмасига тенг:

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} \quad (5.7)$$

(5.5) ва (5.6) тенгламалардан айирмалар фарқини аниқласак:

Бунда $\omega_c = \omega_x$, чунки ҳайдаш ва сўриш трубаларининг диаметри бир хил. $h_y = h_c + h_x$ трубанинг умумий гидравлик қаршилиги. Бундан ташқари 9.1 – расмдан: $H_c + H_x + H_r$. Бу ҳолда юқоридаги тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H = H_r + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_y \quad (5.8)$$

Демак, насоснинг умумий напори суюқликни геометрик баландлик H_r га кўтариш учун, пастки ва юқориги идишлардаги босимлар орасидаги фаркни ҳамда сўриш ва узатиш трубаларидаги гидравлик қаршиликни енгиш учун сарфланади. Агар пастки юқориги идишлардаги босим ўзаро тенг бўлса, у ҳолда насоснинг умумий напори:

$$H = H_r + h_y \quad (5.9)$$

Суюқлик горизонтал трубалар орқали узатилса ($H_r = 0$):

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_y \quad (5.10)$$

Худди шунингдек, насоснинг умумий напорини манометр ва вакууметрнинг кўрсатиши бўйича ҳам аниқлаш мумкин:

$$H = \frac{P_{мон} + P_{вак}}{\rho \cdot g} + h \quad (5.11)$$

Шундай қилиб, насоснинг умумий напори манометр ва вакууметрлар кўрсатишларининг йиғиндиси билан бу асбоблар уланган нуқталар орасидаги вертикал масофанинг йиғиндисига тенг.

Сўриш баландлиги. Пастки идишдаги суюқликни эркин сиртига (5.1- расм) атмосфера босими P_0 таъсир этади. Суюқлик сўриш трубада орқали баландликка кўтарилиб, насоснинг иш камерасини тўлдириш учун бу камерада сийракланиш вужудга келтириш керак. Бунда иш камерасига қолдиқ абсолют босим $P_c < P_0$ таъсир этади. Босимлар фарқи $P_0 - P_c$ ҳосил бўлганлиги сабабли суюқлик устунининг метрларда ифодаланган напори $(P_0 - P_c) / \rho g$ ҳосил бўлади. Бу босимнинг бир қисми суюқликнинг сўриш трубада H баландликка кўтариш учун қолган қисми эса суюқликнинг трубада ω тезлик билан

харакатланишига ёки тезлик босимини ҳосил қилиш учун ва сўрилаётган суюқлик йўлида учрайдиган барча қаршиликларни енгишга сарфланади. У ҳолда:

$$\frac{P_o}{\rho g} - \frac{P_c}{\rho g} = H_c + \frac{\omega^2}{2g} + h_c \quad (5.12)$$

Узатилаётган суюқликнинг қайнаб кетишини ҳисобга олган ҳолда сўрилиш трубаларидаги босим шу ҳароратдаги суюқликнинг туйинган буғ босими P_t дан юқори бўлиши керак. Бунда насоснинг нормал ишлаши учун тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\frac{P_c}{\rho g} = \frac{P_o}{\rho g} - \left(H_c + \frac{\omega^2}{2g} + h_c \right) \geq \frac{P_t}{\rho g} \quad (5.13)$$

Бу ердан

$$H_c \leq \frac{P_o}{\rho g} - \left(\frac{P_t}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.14)$$

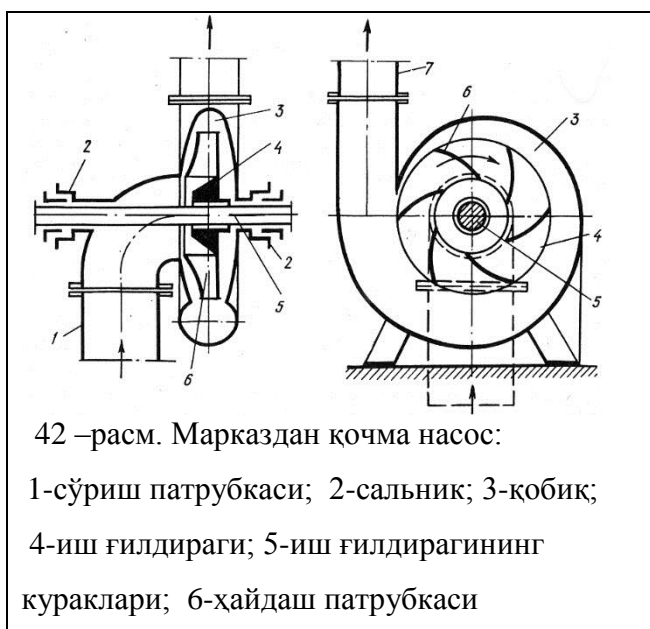
Ҳарорат ортиши билан суюқликнинг туйинган буғ босими ҳам ортиб, у қайнаш ҳароратида ташқи атмосфера босимига тенглашади, бу вақтда сўриш баландлиги нолга тенг бўлади.

Шунинг учун ковушқоқлиги юқори ва иссиқ суюқликларни узатаётганда насос қабул қилувчи идишга нисбатан пастроқ ўрнатилиши зарур. Худди шунингдек, сўриш баландлигини ҳисоблашда гидравлик ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун кетган сарфлардан ташқари, марказдан қочма насосларда эса инерцион куч таъсирида бўладиган босим йўқолишлари инобатга олиниши лозим.

5.3. Марказдан қочма типдаги насослар

Марказдан қочма насосларда спиралсимон қобиқ ичида парракли иш ғилдирак жойлашган. Иш ғилдиракнинг айланишида марказдан қочма куч ҳосил бўлади. Бу куч таъсирида суюқликнинг сўрилиши ва уни ҳайдаш бир

меъёрда узлуксиз боради. Насос ишга туширилишдан олдин сўриш трубаси, иш ғилдираги ва қобик суюқликка тўлдирилади. Сўнгра двигатель ток манбаига уланади: иш ғилдираги ҳаракатга келтирилади. Суюқлик ғилдирак билан бирга айланиб, марказдан қочма куч таъсирида парраклар воситасида ғилдиракнинг марказидан чеккасига отилиб, спиралсимон кўзгалмас камерани тўлдиради ва ҳайдаш трубаси орқали баландликка кўтарилади. Бунда иш ғилдирагининг кириш олдида сийракланиш вужудга келади. Суюқлик сўриш трубасидан насосга кириб, иш ғилдиракнинг марказий қисмини тўлдиради ҳамда ғилдиракнинг чеккаларига чиқариб ташланади ва хоказо.



Суюқлик иш ғилдираги орқали оқиб ўтишида двигательнинг механик энергияси суюқлик оқими энергиясига айланади. Марказдан қочма насосларнинг унумдорлигини ошириш учун икки ёқлама сўрадиган насослар ҳам ишлатилади. Насоснинг ишлашини текшириш учун сўриш йўлига вакуумметр ва ҳайдаш трубасига эса манометр ўрнатилади (42- расм).

Насосда суюқликнинг миқдорини ростлаш учун ҳайдаш трубасига кран-вентиль ёки задвижка ўрнатилади. Ғилдираклар сонига қараб марказдан қочма насослар бир ва кўп босқичли бўлади. Кўп босқичли насосларда ғилдираклар сони 5 тагача бўлади.

Марказдан қочма насосларнинг афзаллиги: суюқлик вақт ўтиши билан бир меъёрда узатилади, тузилиши содда, ихчам, вазни енгил ва ўлчамлари кичкина, ҳамма қисмлари қуйма шаклида оддий тайёрланган.

Камчилиги: насосни ишлатишдан олдин иш ғилдиракларини суюқлик билан тўлдириш керак. Фойдали иш коэффициентини юқори эмас $\eta = 0.6 \dots 0.7$.

Насоснинг фойдали иш коэффициентини ошириш учун иш ғилдираги билан қобик ўртасига диффузорлар ўрнатилади.

Марказдан қочма насосларнинг асосий тенгламаси. Насос ишлаганида суюқликнинг ҳар бир заррачалари бир вақтнинг ўзида каналда w тезликда паррак бўйлаб ҳамда иш ғилдираги билан биргаликда насос ўқи атрофида u тезликда айланма ҳаракат қилади. Механика қонунларига асосан, вақт бирлигидаги ўзгарувчан ҳаракат миқдори системага тенг таъсир қилувчи ташқи кучларнинг моментига тенг. Агар суюқлик массасини G десак, вақт бирлигида насос ғилдирагидан ўтаётган суюқлик миқдори:

$$G (R_2 C_2 \cos \alpha_2 - R_1 C_1 \cos \alpha_1) = M \quad (5.15)$$

Айланиш momentiда суюқликнинг сарфи бўлмаса ва ғилдирак айланиш momentининг бурчак частотаси w бўлса, ғилдирак парракларининг суюқликка берадиган қуввати қуйидагича бўлади:

$$M\omega = G g H_n \quad (5.16)$$

бу ерда H_n – насос ғилдираги ҳосил қиладиган назарий напор.

$$\text{Шундай қилиб: } G\omega = (R_2 C_2 \cos \alpha_2 - R_1 C_1 \cos \alpha_1) = G g H_n \quad (5.17)$$

$\omega R_1 = u_1$ ва $\omega R_2 = u_2$ бўлгани учун (5.16) тенгламадан назарий напорни аниқласак, у ҳолда:

$$H_n = 1/g (u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1) \quad (5.18)$$

Бу тенглик марказдан қочма насосларнинг асосий тенгламаси бўлиб, назарий напорни аниқлаш учун ишлатилади.

Насосларда напорнинг максимал қийматига эришиш учун иш ғилдираги парракларга суюқлик радиал йўналишда кирадиган қилиб тайёрланади.

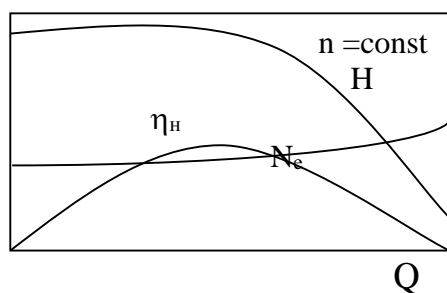
Йўқотилган напорларнинг миқдори гидравлик фойдали ҳаракат коэффициентини η_r ва ҳажмий коэффициентини η_v билан ҳисобга олинади. Шундай қилиб, насоснинг ҳақиқий напори қуйидагича аниқланади:

$$H_x = \eta_r \eta_v (u_2 c_2 \cos \alpha_2 / g) \dots\dots (5.19)$$

η_r нинг қиймати насос конструкцияси, катталиги ва тайёрланиш сифатига боғлиқ бўлиб $\eta_r = 0,7--0,9$; $\eta_v = 0,8$ га тенг бўлади.

5.4. Насосларнинг иш ва умумий тавсифи

Насосларнинг тавсифи. Иш ғилдиракнинг айланишлар частотаси n ўзгармас бўлганда насос иш унумдорлиги Q нинг напор H , насоснинг ўз қуввати N_e ва η_n билан график усулдаги боғлиқлиги *насосларнинг тавсифи* дейилади. Бундай график боғлиқлар марказдан қочма насосларни текшириш пайтида олинади. Бунда ҳайдаш линиясидаги задвижканинг очилиши ҳар хил олинади. Бу вақтда насос оладиган қувват насоснинг салт ишлашига мос келади. Бундай шароитда ФИК ҳам $\eta_n = 0$ бўлади, чунки насос суюқликни узатишга оид фойдали иш бажармайди, салт ишлаш қуввати эса насосдаги барча ишқаланишлар вужудга келадиган механик исрофларни қоплашга сарфланади (43 расм).



Иш унумдорлигини задвижкани очиш билан кўпайтирсак, насоснинг напори камайиб, насос оладиган қувват ортиб боради ва ФИК максимал қийматга эга бўлади. Бу ҳол шуни кўрсатадики, айланиш ғилдирагининг тезлиги ўзгармас бўлганда, насоснинг тавсифидан фойдаланиб энергиянинг энг тежамли фойдаланиш режими топиш мумкин.

Пропорционаллик қонуни. Ғилдиракнинг айланишлар частотаси ўзгарганда насоснинг иш унумдорлиги, напори ва насос истеъмол қиладиган қувват ўзгаради. Ғилдиракнинг бир минутдаги максимал айланишлар частотаси n_1 дан n_2 қадар оширилса, насоснинг иш унумдорлиги Q_1 ҳам Q_2 иш унумдорлигига нисбатан пропорционал равишда ортади:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Суюқликнинг тегишли H_1 ва H_2 напорлари айланишлар частотасининг квадратлари нисбатига пропорционалдир:

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

Насос истеъмол қиладиган қувват N_1 суюқлик сарфи Q нинг суюқлик босими P га кўпайтмасига пропорционал бўлганлиги сабабли, ғилдиракнинг бир минутдаги айланишлар частотаси турлича бўлгандаги насоснинг оладиган қуввати N_2 ва N_1 бир минутдаги айланишлар частотасининг кублари нисбатига пропорционал бўлади:

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

Демак, насос ғилдирагининг айланишлар частотаси ортиши билан унинг иш унумдорлиги биринчи даражада, напори иккинчи даражада, талаб қилинадиган қувват эса учинчи даражада ошади. Аммо амалда пропорционаллик қонуни ғилдирак айланишлар частотасининг икки мартадан кам ўзгарган шароитдагина ўз кучини сақлайди.

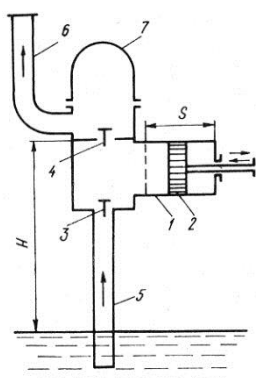
Кавитация ҳодисаси. Насос ғилдирагининг тез айланишида ва иссиқ суюқликлар марказдан қочма насослар ёрдамида узатилганда кавитация ҳодисаси юз беради. Бу вақтда насосдаги суюқлик тез буғланади. Ҳосил бўлган буғ суюқлик билан юқори босимли зонага ўтиб тезда конденсацияланади. Натижада насос қобиғида катта бўшлиқ ҳосил бўлади, насос қаттиқ силкинади ва тақиллаб ишлайди. Насос кавитация режимда кўпроқ ишласа у тезда бузилади. Шунинг учун ҳарорати юқори бўлган

суюқликларни узатаётганда бу ходиса кўшимча кавитацион коэффициент билан ҳисобга олиниши керак.

5.5. Поршенли насосларнинг тузилиши ва иш принципи

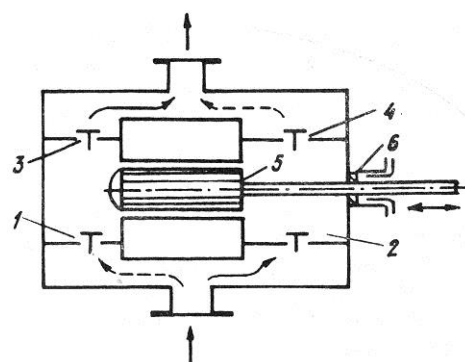
Поршенли насосларда суюқлик ҳайдаш трубасига илгариланма-қайта ҳаракат қилувчи механизмлар орқали узатилади. Поршенли насослар воситасида ҳар қандай қовушқоқликдаги суюқликларни узатиш мумкин. Бу насосларда поршень насос қобиғида вертикал ва горизонтал ҳолатда жойлашган бўлиши мумкин. Ишлаш принципига кўра поршенли насослар оддий, икки ва кўп босқичли бўлади.

Поршень суюқликнинг фақат олди томони билан сиқиб чиқарадиган насос оддий бир томонлама ишлайдиган насос дейилади (10.1 - расм).



44-расм. Поршенли насос:

1-цилиндр; 2-поршень; 3-сўриш клапани; 4-ҳайдаш клапани;
1,2-сўриш клапанлари;
5-сўриш трубаси; 6- ҳайдаш трубаси; 7-ҳаво қалпоқчаси



45-расм. Икки томонлама ишлайдиган

плунжерли насос:
3,4- узатувчи клапанлар; 5-плунжер;
6- сальник.

Агар насос цилиндрда поршеннинг иккала томонидан жойлашган иш камераси бўлса ва поршень улардан суюқликни кетма-кет сиқиб чиқарса, бундай насос икки босқичли ёки икки томонлама ишлайдиган насос дейилади (44 - расм). Оддий поршенли насоснинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Насос поршени сўриш жараёнида ўнгга ҳаракатланганда иш камерасининг ҳажми катталашади. Ундаги босим камаяди ва камерада сийракланиш ҳосил бўлади. Натижада суюқлик резервуардан сўриш трубаси бўйлаб цилиндрга

кўтарилади ҳамда сўриш клапани очилиб насоснинг иш камераси бўшлиғини тўлдиради. Поршеннинг чапга ҳаракатида поршень цилиндр ва иш камераси бўшлиғини тўлдирувчи бўшлиққа босим беради ва уни ҳайдаш клапани орқали узатиш трубасига чиқариб беради.

Суюқликнинг ҳаракат тезлиги ва босимларининг пульсацияланишини тенглаштириш ҳамда суюқликнинг сўриш ва ҳайдаш трубаларида бир меъёрда текис оқишини таъминлаш учун насосга махсус қурилма (ҳаво қалпоқчалари) ўрнатилади.

Юқори босим ҳосил қилувчи насосларда поршенлар ўрнига цилиндрсимон плунжерлар ишлатилади. Бундай насослар **плунжерли насослар** дейилади.

Насоснинг иш унумдорлиги. Поршеннинг бир марта бориб, иш вақти бирлиги ичида насос узатиб берган суюқлик миқдори поршенли насоснинг *иш унумдорлиги* ёки бошқача айтганда *узатилиши* дейилади. Насоснинг ўртача иш Q унумдорлиги бир секундда ёки соатда тақсимланган ҳажм birlikларида (л/с, м³с, м³соат) ўлчанади. Бир томонлама ишлайдиган насоснинг иш унумдорлиги қуйидагича аниқланади.

$$Q = \frac{F - Sn}{60} \cdot \eta \quad (5.20)$$

бу ерда F – поршеннинг кўндаланг кесим юзаси; η -узатиш коэффициенти; S – поршень йўли, n – кривошип шатунли механизмнинг бир минутдаги айланишлар частотаси.

Узатиш коэффициенти суюқликнинг насосдан клапанлар ва бошқа зичмас жойлар орқали сизиб чиқишини, камерага ҳайдалаётган суюқлик билан ҳаво ўтиб, унинг тўлдирилишини камайтиришини ҳисобга олади. Икки томонлама ишлайдиган насосларда цилиндрда шток бўлгани учун уларнинг ҳажми бироз камаяди. Насоснинг иш унумдорлиги қуйидагича аниқланади.

$$Q = \frac{\eta(2F - 1)n \cdot s}{60} \quad (5.21)$$

бу ерда f – штокнинг кўндаланг кесим юзаси.

Поршенли насоснинг куйидаги афзалликларига эга: юқори босим остида ишлаши мумкин, фойдали иш коэффициенти юқори, қовушқоқлиги юқори бўлган ва тез алангаланувчан суюқликларни узатиш мумкин.

Шу билан бирга насослар айрим камчиликларга ҳам эга: бир неча клапанларнинг бўлишлиги, унумдорликни юқори эмас суюқликларни бир меъёрда узатмайди.

5.6. Махсус насосларнинг турлари ва иш принципи.

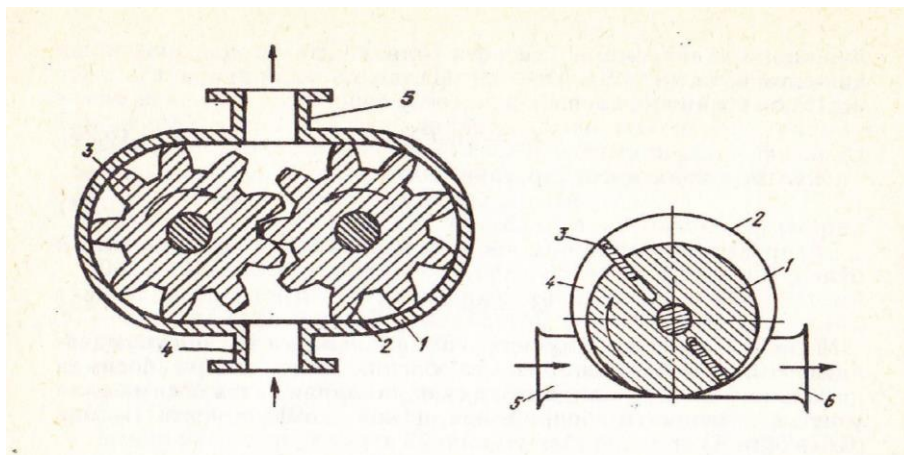
Ишлаб чиқаришда суюқликларни узатиш учун марказдан қочма ва поршенли насослардан ташқари махсус насослар ҳам ишлатилади. Махсус насослар қовушқоқлиги юқори бўлган, жуда ифлосланган, чўқур кудукдаги суюқликларни узатиш учун қўлланилади. Махсус насослар сифатида роторли, винтли, оқимли, пропеллерли, газлифт, эрлифтлар ва монтежюлар ишлатилади.

Роторли насослар. Қовушқоқлиги жуда юқори, ифлосланган ва узатилиши қийин бўлган суюқликларни узатиш учун роторли насослардан фойдаланилади. Бу насослар поршенли насослардан клапан ва ҳаво қалпоқчаларининг йўқлиги билан фарқланади. Роторли насослар шестерняли ва пластинали насосларга бўлинади. Саноатда кўпинча шестерняли (тишли) насослар ишлатилади.

Насос қобиғида ўзаро илашган ҳолатдаги узлуксиз айланиб турувчи шестернялар жуфти жойлашган.

Шестернялар айланганда бир шестернянинг ҳар қайси тиши илашган ҳолатдан чиқиб, иккинчи шестернянинг чуқурчасидаги тегишли ҳажмни бўшатади. Шестерняларнинг кейинги айланишида тишлар орасидаги суюқлик тишлар билан биргаликда сўриш соҳасидан ҳайдаш соҳасига ўтади (47– расм).

Ротор насослар конструкциясининг соддалиги, ишончли ишлаши, ўлчамларининг кичиклиги ва арзонлиги билан бошқа насослардан ажралиб туради. Шунинг учун бу насослар саноатда кенг ишлатилади.

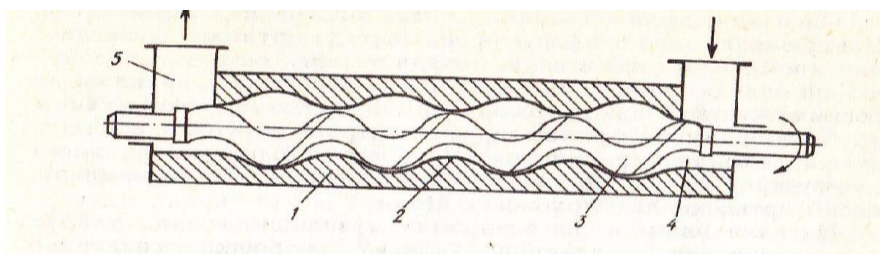


46 – расм. Шестерняли насос.

47 – расм. Пластинали насос.

Пластинали роторли насослар. Бу насосларнинг ишлаш принципи поршенли насослар каби иш бўшлиғи ҳажмининг камайишига асосланган. Бу насос катта цилиндрдан иборат бўлиб, унинг кенглиги бўйича эксцентрик равишда ротор жойлашган (46– расм). Цилиндрнинг ичидаги корпусга тўғри бурчакли пластиналар ўрнатилган. Роторнинг айланиши натижасида бу пластиналар марказдан қочма куч таъсирида цилиндрнинг ички юзасига маҳкам зичланиб, ўроқсимон иш бўшлиғини корпус ва ротор орасидаги камераларга ажратиб туради. Пластиналар сўрувчи патрубкadan насоснинг вертикал ўқи томон ҳаракатланганда ҳар бир камеранинг ҳажми кенгаяди, натижада камерада сийракланиш ҳосил бўлиб, сўриш патрубкеси орқали суюқлик сўрилади. Пластиналар вертикал ўқдан ротор йўналиши бўйича айланма ҳаракат қилганда камеранинг ҳажми кичиклашади ва суюқлик насосдан сиқиб чиқарилиб, узатиш трубасига берилади. Пластинали роторли насослар тоза ҳолдаги, қовушқоқлиги юқори бўлган суюқликларни узатиш учун ишлатилади.

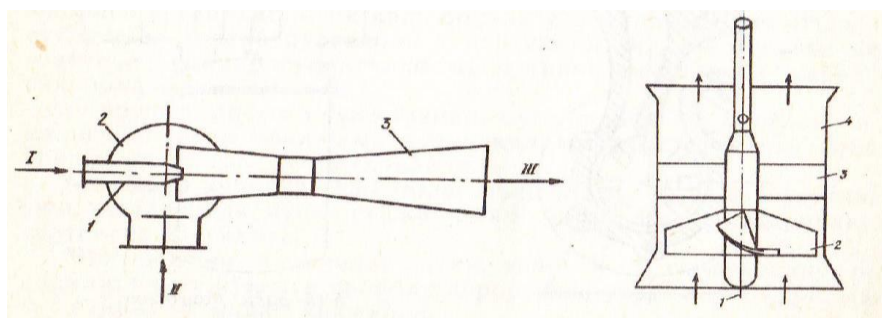
Винтли насослар. Бу насослар шестерняли насослар сингари ишлайди. Суюқлик сўриш соҳасидан винт ўйиқларининг ўлчамлари ўртасидаги оралиққа киради ва винтларнинг айланиш ўқи йўналиши бўйича ҳайдаш соҳасига ўтади.



48– расм. Винтли насос.

Винтли насос суюқликни бир меъёрда узатади (48– расм). Насоснинг вали бевосита двигателнинг валига бириктирилади. Узатилаётган суюқлик миқдорини ошириш учун икки ва уч винтли насослар ишлатилади. Бу насослар ҳам ковшоққлиги юқори бўлган суюқликларни узатиш учун ишлатилади.

Оқимчали насослар. Оқимли насоснинг ишлаши иш суюқлигининг кинетик энергиясидан фойдаланишга асосланган. Бу суюқлик насос хайдаётган суюқлик билан аралашиб, ўзининг кинетик энергиясининг бир қисмини унга беради ва ҳосил бўлган аралашма тармоққа хайдалади. Иш суюқлиги сифатида буғ ёки сув ишлатилади (49 - расм).



49 – расм. Ингичка оқимли насос.

50 – расм. Пропеллерли насос.

Соплога босими насос ҳосил қиладиган босимдан анча катта бўлган иш суюқлиги берилади. Иш суюқлиги торайиб борувчи саплодан ўтаётганда босимнинг бир қисмини йўқотади ва натижада тезлиги ортади. Соплодан чиқиш олдида иш суюқлигининг оқими атрофида сийраклашган босим вужудга келади, турба орқали хайдалаётган суюқлик сўриш трубази ёрдамида аралаштиргич камерасига сўрилади ва иш суюқлиги билан аралашади. Шу йўсинда олинган аралашма диффузорга юборилади. У ерда суюқликнинг тезлиги камаяди, босим ортиб ҳайдаш трубазига утади.

Оқимли насосларнинг конструкцияси содда, уларда ҳаракатланувчи деталларни йўқлиги билан бошқа насослардан фарқ қилади.

Оқимли насосларнинг ФИК юқори эмас, улар тез ишдан чиқади, шу сабабли қиммат турадиган насосларни ишлатиш номақбул бўлган жойларда улардан фойдаланилади.

Пропеллерли насослар. Бу насослар кам напорли кўп миқдордаги суюқликларни узатиш учун ишлатилади (50 - расм). Пропеллерли насослар кўпинча буғлатиш қурилмаларида суюқликларини циркуляция қилиш учун қўланилади. Бу насосларнинг иш ғилдираклари пропеллер парраклари шаклидаги бир неча винтсимон куракчалардан иборат. Бу насосларни баъзан ўқли насослар ҳам дейилади, чунки суюқлик иш ғилдирагидаги винтсимон куракчлари билан қамраб олиниб, ғилдирак ўқининг йўналиши бўйлаб айланма ҳаракат қилади.

Насосларнинг тузилиши оддий, ихчам, вазни енгил, ФИК марказдан қочма насосларнинг ФИК ига нисбатан бир мунча юқори. Бундай насослар ифлосланган суюқликларни ҳам узата олади.

Монтежю. Ифлосланган, агрессив ва радиактив суюқликларни сиқилган ҳаво ёки инерт газларнинг энергияси ёрдамида унча юқори бўлмаган баландликка узатиш учун монтежюлар ишлатилади (10.8 - расм). Монтежю вертикал ёки горизонтал цилиндрсимон қопқоқ ёрдамида зич ёпилган бўлиб, қопқоққа учта патрубкка ўрнатилади. Бу патрубкка ёрдамида монтежюга узатилаётган суюқлик, сиқилган ҳаво берилади. Учинчи патрубкка эса монтежю ичидаги узатувчи труба билан бириктирилади.

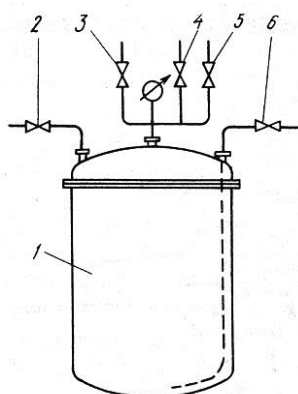
Агар узатиладиган суюқликнинг буғлари ҳаво билан портловчан, алангаланувчан аралашмалар ҳосил қилса, бунда сиқилган ҳаво ўрнига инерт газлар ишлатилади.

Монтежюнинг тузилиши оддий, яшаш осон, ҳаракатланувчи қисмларининг йўқлиги сабабли коррозияга учрамайди. Қурилма тез едирилиб ишдан чикмайди.

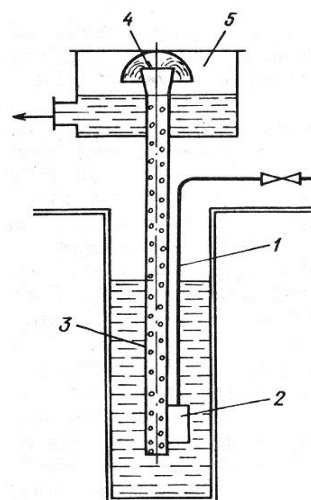
Газлифт. Газлифт чуқур қудуқлардаги суюқликларни юқорига кўтариш ҳамда кимё саноатидаги баъзи жараёнларда газ билан суюқлик ўзаро

таъсир қилганида, уларнинг аралаштириш циркуляциясини тезлаштириш учун ишлатилади.

Агар газлифт суюқликни циркуляция қилиш учун ишлатилса, у ҳолда қурилманинг ичига унинг ўқи бўйлаб икки томони очик бўлган вертикал труба туширилади. Трубанинг суюқликка ботирилган пастги қисмидан сопло орқали сиқилган газ берилади. Трубада юқорига узатилиши керак бўлган газ массаси



51-рasm. Монтажу: 1- идиш; 2-суюқлик кирадиган кран; 3-сиқилган газ бериладиган кран; 4-атмосфера билан боғланадиган кран; 5-вакуум билан боғланувчи кран; 6-узатиш трубасининг крани.



52-рasm. Эрлифт. 1-ҳаво ёки газ берадиган труба; 2- газ тақсимлагич; 3- кўтариш трубаси; 4- томчи ушлагич; 5- суюқлик йиғиладиган идиш.

пуфакчалар ҳолида суюқликни ҳам ўзи билан илаштиради ва ҳосил бўлган газ-суюқлик эмульсияси оқимлари юқорига қараб кўтарилади. Трубанинг юқори қисмида газ суюқликдан ажралиб, қурилмадан чиқиб кетади. Суюқлик трубанинг юқори қисмидан қурилмага қайтиб тушади ва яна газ оқими билан трубада юқорига қараб кўтарилади.

Газ ва суюқлик аралашмаси кўтарилиш трубасида 7 м/с тезлик билан ҳаракат қилади. Кўтарилиш трубасининг максимал баландиги 30-35 м. Газлифтнинг ФИК юқори эмас, $\eta = 0,15 \dots 0,30$.

Эрлифт. Уларнинг ишлаши туташ идишларнинг ишлаш принципига асосланган. Эрлифт кўтариш тарубасидан сиқилган ҳаво берувчи труба ва

аралаштиргичдан иборат (51 - расм). Труба орқали берилган сиқилган ҳаво аралаштиргичда суюқлик билан аралашиб, ҳосил бўлган суюқлик ва газ аралашмасининг солиштирма оьирлиги идиш ичидаги суюқликга нисбатан паст бўлганлиги учун кўтарилиш трубасида юқорига қараб кўтарилади.

Суюқлик ва юз аралашмаси кўтарилиш трубасидан чиқаётганда ажратгичга урилиб, газ ажралиб чиқади ва суюқлик йиғгичга тушади.

Эрлифтлар ҳар хил суюқликлар, кислота, ишқорларни юқорига кўтариш учун ишлатилади. Уларнинг тузилиш оддий, ортикча механизми ва ҳаракатланувчи қисмлари йўқ, ҳамда юқори ҳароратда ҳам ишлайверади. Эрлифтнинг ФИК кичик ($\eta=0,25\div 0,35$). Унумдорлиги ҳам кам, сиқилган ҳаво бериш учун ортикча компрессор қурилмалари талаб қилинади.

5.7. Газларни сиқиш ва узатиш

Кимё саноатида газларни трубалар орқали узатиш ва сийраклантириш учун улар сиқилади. Бу сиқилган газлар суюқликларни аралаштириш, сочиб бериш учун ишлатилади. Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессорлар ишлатилади.

Сиқилган газ босими P_2 нинг сиқилмаган газ босими P_1 га нисбати сиқиш даражаси дейилади. Сиқиш даражаси катталигига қараб компрессор машиналар қуйидаги турларга бўлинади:

1. Вентиляторлар ($P_2 / P_1 = 1,1$) - кўп миқдордаги газларни узатиш учун ишлатилади.
2. Газодувкалар ($1,1 < P_2 / P_1 < 3$) - газ трубаларида катта қаршилик бўлганда ишлатилади.
3. Компрессорлар ($P_2 / P_1 > 3$) - юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади.
4. Вакуум насослар - босими атмосфера босимидан паст бўлган газларни сўриш учун ишлатилади.

Ишлаш принципига кура компрессорлар ҳажмий ва парракли бўлади.

Ҳажмий компрессорларда газ босими унинг ҳажмини мажбурий камайтириш ҳисобига ортади. Улар трубокомпрессорлар ҳам дейилади ва

марказдан қочма куч таъсирида ишлайдиган вентилятор ва турбогазодувкаларга бўлинади.

Поршенли компрессорлар кам миқдордаги газларни катта босимларгача сиқишда ишлатилади. Трубокомпрессорлар эса аксинча, катта миқдордаги газларни нисбатан паст босимларда узатиб беришга мулжалланган.

Газ ҳолатининг тенгламаси ва термодинамик диаграммалар. Газ сиқилиш жараёнида унинг ҳажми, босими ва ҳарорати ўзгаради. Бу учала катталикларнинг ўзаро боғланиши газнинг босими 1 МПа гача бўлган газларнинг ҳолат тенгламаси билан ифодаланади.

Юқори босимларда газнинг босими, ҳажми ва ҳарорати орасидаги боғланиш Вандер-Ваалрс тенгламаси билан ифодаланади:

$$(P + a/b^2)(v - b)RT \quad (5.22)$$

бу ерда P - газ босими, н/м²; V -газнинг солиштирма ҳажми, м³/кг; R -газларнинг универсал константаси, Ж/кг; T - ҳарорат, К.

a ва b коэффициентлар бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$a = \frac{27R^2T_{кр}^2}{64P_{кр}} \quad b = \frac{RT}{8P_{кр}} \quad (5.23)$$

Амалий ҳисоблашларда термодинамик диаграмма, яъни тажрибалар асосида қурилган T - S диаграмма қулай ва ишончлидир. Диаграммада ордината ўқига абсолют ҳарорат ва абсцисса ўқига энтропиянинг қийматлари қўйилади.

Бу нуқталарни бирлаштирувчи эгри чизиқ газнинг жараён бошланишидан ва охиридаги мувозанат ҳолатни белгилайди. Эгри чизиқнинг кўриниши жараённинг кетиш характериға боғлиқ.

Газларни сиқиш натижасида унинг ҳажми, босими ўзгариши билан ҳарорати кўтарилиб, иссиқлик ажралиб чиқади. Назарий жиҳатдан газ икки хил жараёнда сиқилади. Сиқиш вақтида ажралиб чиққан иссиқлик ташқи муҳитга тортиб олинса **изотермик**, агар фақат газни иситиш учун сарфланса **адиабатик** жараён дейилади.

Изотермик жараёнда иссиқлик ажратиб олиниб турилгани учун, газнинг ва жараённинг ҳарорати ўзгармас бўлади. Адиабатик жараёнда ташқи муҳит

билан иссиқлик алмашмайди. Ҳақиқатда эса сиқиш вақтида ажралган иссиқликнинг бир қисми ташки муҳитга тарқалади ва қолган қисми газни иситишга сарфланади.

Газларни иссиқдан талаб қиладиган қувват (идишдан) сиқишдаги иш миқдори унинг унумдорлигига кўпайтмасига тенг бўлади.

Изотермик жараён учун:

$$N_{из} = \frac{l_{из} Q_c \rho}{1000 \eta_{из} \eta_{мех}} \quad (5.24)$$

$$N_{ад} = \frac{l_{ад} Q_c \rho}{1000 \eta_{ад} \eta_{мех}}$$

Адиабатик жараён учун: (5.25)

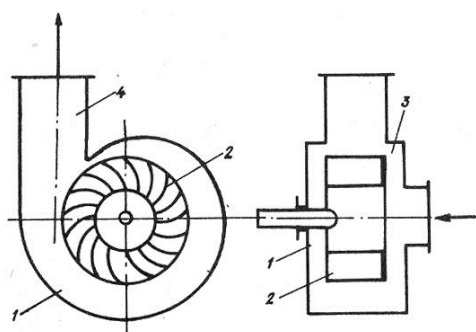
Марказдан қочма машиналар вентиляторлар, турбокомпрессорлар ва турбогазодувкларга бўлинади.

Вентиляторлар. Газни паст босимда узатиш учун мўлжалланган машиналар *вентиляторлар* дейилади. Улар ишлаш принципига кўра марказдан қочма ва ўқли бўлади. Марказдан қочма вентиляторлар газни нисбатан юқори босимларда узатиб бориш учун, ўқли вентиляторлар эса кичик босимларда лекин кўп миқдордаги газни узатиш учун мўлжалланган. Саноатда ўқли вентиляторлар кам ишлатилади, улардан фақат биноларни совитишда фойдаланилади. Марказдан қочма вентиляторлар босимининг катталигига қараб уч гуруҳга бўлинади:

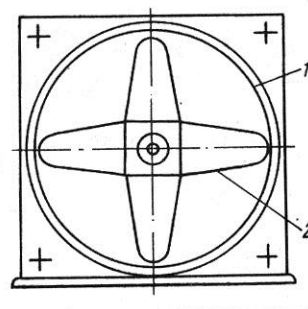
1. Паст босимли ($p < 10^3$ н/м²)
2. Ўрта босимли ($P = 10 - 3 \cdot 10^3$ н/м²)
3. Юқори босимли ($P = 3 \cdot 10^3 - 10^4$ н/м²)

Марказдан қочма вентиляторнинг асосий қисми парраклар ва спиралсимон қобиқ ичига жойлаштирилган иш парраклари бор ғилдиракдир. Иш ғилдираги айланганда вентиляторнинг иш бўшлиғидаги ҳаво ёки газ ғилдирак билан бирга айланади ва марказдаги қочма куч таъсирида ғилдиракнинг чеккаларига ҳайдалади. Газ ғилдирак парракларидан спиралсимон камерага ва ундан ҳайдаш трубасига ўтади. Паст босимда ишлайдиган вентиляторларда иш ғилдирагидаги парраклар орқа томонга

эгилган, юқори босимда ишлайдиганларида эса олди томонга эгилган бўлади. Шу ғилдиракдаги парраклар сонини ўзгартириб паст босимли вентиляторлардан ўрта босимли вентиляторлар ҳосил қилиш мумкин.



53-рasm. Марказдан қочма вентилятор.



54 –рasm. Ўқли вентилятор.

Вентиляторлар газларнинг бир меъёрда узатади, аммо фойдали иш коэффициентлари поршенли насосларга нисбатан кам.

Ўқли вентиляторлар (54-рasm) корпуси қисқа цилиндр шаклида бўлиб, унга ишчи ғилдирак ўрнатилган бўлади. Ишчи ғилдиракка винтсимон юза бўйлаб эгилган куракчалар – пропеллерлар ўрнатилади. Ишчи ғилдиракнинг айланиши пайтида куракчалар газни қамраб олади ва уни ғилдирак ўқи бўйлаб узатади. Парраклар юзасига газни ишқаланиш қаршилиги сезиларсиз ва вентиляторнинг газ оқимиغا кўрсатадиган қаршилиги кичик бўлганлиги учун ўқли вентиляторларнинг ф.и.к. юқори (0.6÷0.9) бўлади.

Ўқли вентиляторларнинг босими, марказдан қочма типдаги вентиляторларга нисбатан, 3÷4 мартаба кичик. Шу сабабдан, ўқли вентиляторлар гидравлик қаршилиги кичик бўлган узатиш тармоқлари бўйлаб катта миқдорлардаги газларни сўриш учун қўлланилади.

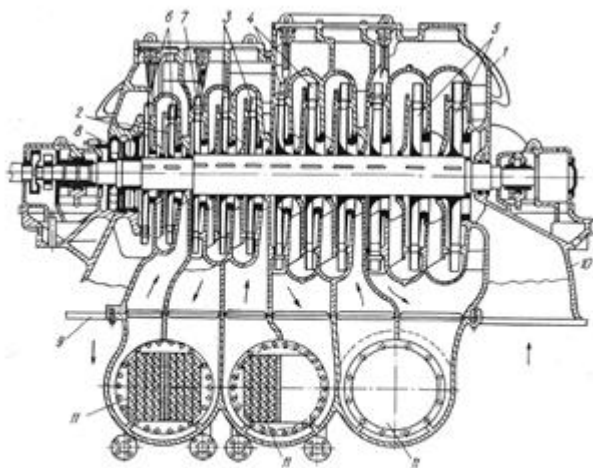
Ўқли вентиляторлар ихчам ва реверсив (икки томонлама йўналиш бўйича) айланиш қобилиятига эга.

Газларни юқори даражада сиқиш учун турбокомпрессор ва турбогазодувкалар ишлатилади.

Турбокомпрессорлар. Турбокомпрессорларда сиқиш жараёни совитиш билан боради. Газни сиқиш жараёни компрессор ғилдиракларининг парраклар

аро каналларида ва сўнгра, кўзгалмас каналлар (диффузор)да содир бўлади. Иш ғилдирагининг парракларида газнинг олган кинетик энергияси кўзгалмас каналларда тормозланиши натижасида сиқилган газнинг потенциал энергиясига айланади. Трубокомпрессор ғилдираги айланишлар тезлигининг ортиши билан унинг сиқиш даражаси ҳам ортади.

Лекин иш ғилдираги айланишлар тезлигининг миқдори ғилдирак



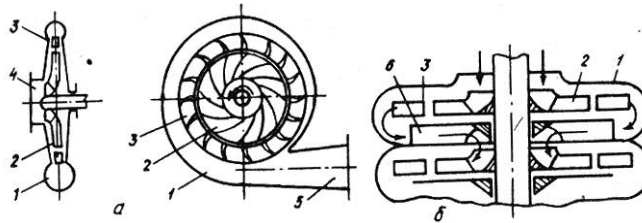
55-рasm
турбокомпрессор

материалининг мустаҳкамлиги туфайли чекланган бўлади ва шунга мувофиқ равишда бир босқичда сиқиш босимининг кўтарилиши ҳам чекланган. Шу сабабли газнинг юқори босимларини ҳосил қилиш учун айланишлар частотаси йўл қўйилган қийматидан ортмайди, бунда кўп босқичли сиқиш усулидан фойдаланилади.

Кўп босқичли насосларда ғилдиракларнинг катталиги бир хил бўлса, турбокомпрессорларда сиқилган газ босимининг кўтарилиши билан ғилдиракларнинг катталиги кичиклашиб боради. Кўп босқичли компрессорлар ёрдамида 1,5-1,6 мПа гача босим ҳосил қилинади.

Турбокомпрессорларда газлар бир меъёрда узатилади, аммо фойдали иш коэффициенти поршенли компрессорларга нисбатан камроқ.

Турбогазодувкалар. Босими камроқ бўлган кўп миқдордаги мойли, ёғ аралашган газларни узатиш учун турбогазодувкалар ишлатилади. Валдаги иш ғилдиракларининг сонига қараб улар бир ва кўп босқичли бўлади. Уларнинг корпусидаги параккли иш ғилдираклари худди марказдан қочма насосларникига ўхшаш айланма ҳаракат қилади.



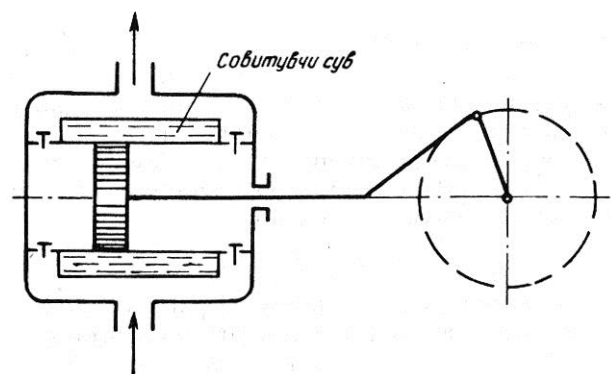
56 – расм. Турбогазодувкалар.

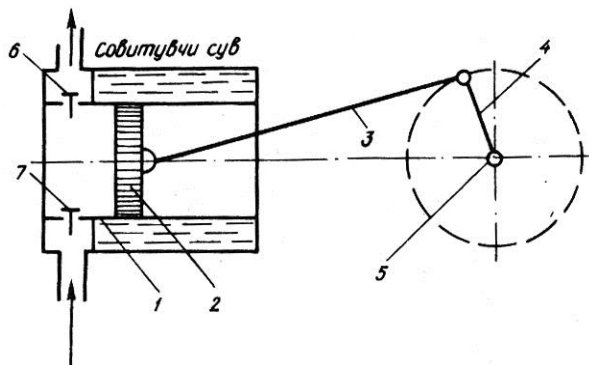
Газ турбогазодувкалар сўриш патрубкеси орқали кириб, сиқилган газ хайдаш патрубкеси орқали узатилади.

Кўп боскичли турбогазодувкаларда иш ғилдираklarининг сони 3-4 та бўлади. Буларда газ биринчи иш ғилдирагидан йўналтирувчи қурилма ва қайтма канал орқали кейинги иш ғилдирагига ўтади. Турбогазодувкаларда газ 0,3 ... 0,35 мПа босимга сиқилади, шунинг учун газ совитилмайди.

5.8. Поршенли ва роторли компрессорлар

Поршенли компрессорлар. Поршень цилиндрда ўнгга ва чапга кривошип механизм ёрдамида илгариланма-қайтма ҳаракат қилади. Поршень цилиндрнинг ички деворига зич қилиб ўрнатилади ва цилиндр бўшлиғини икки қисмга бўлиб туради. Поршень чапдан ўнгга томон илгариланма ҳаракат қилганида сўриш клапани очилиб цилиндр газга тўлади, орқага қайтганида эса цилиндрдаги газнинг сиқилиши натижасида босим орта бориб, узатилиш йўлидаги босимга тенг бўлганда, узатувчи клапан очилиб газ узатила бошланади. Газ сиқилганда унинг ҳарорати кўтарилади, қизиган газ ёғлаб турувчи мойни куйдириб юбормаслиги учун цилиндрнинг девори узлуксиз сув билан совитилиб турилади.





55-рasm. Бир томонлама ишлайдиган
компрессор

56-рasm. Икки томонлама ишлайдиган
компрессор

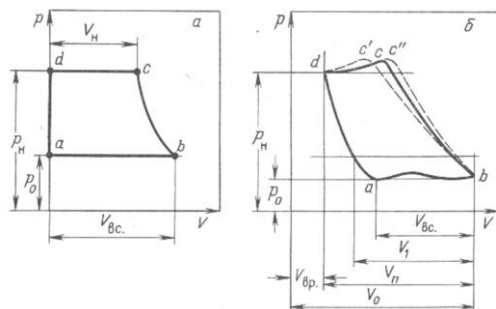
Бир босқичли компрессорнинг унумдорлиги кам бўлганлиги учун икки томонлама ҳаракатланувчи поршенли компрессорлар кўп ишлатилади. Бу компрессорларда цилиндрдаги газ поршеннинг иккала қисмида (чап ва ўнг) сиқилади; уларда иккита сўриш ва иккита узатиш клапани бор. Поршень кривошип - шатунли механизм ёрдамида илгариланма ҳаракат қилади. Вал бир марта айланганида цилиндрга газ икки марта сўрилади ва икки марта узатилади. Компрессорнинг унумдорлиги бир томонлама ишлайдиган компрессорникига қараганда деярли икки марта кўп.

Бир босқичли компрессорларнинг унумдорлигини ошириш ҳамда газларнинг сиқилиш даражаси 0,4... 0,6 МПа бўлиши учун кўп цилиндрли бир ва икки томонлама сиқадиган компрессорлар ишлатилади. Бу компрессорларда газ биринчи цилиндрдан кейинги цилиндрга ўтгани сари босими кўтарилиб боради. Компрессорларнинг поршени умумий бир иш валига ўрнатилган. Газнинг сиқилиши натижасида унинг ҳарорати бир цилиндрдан иккинчи цилиндрга ўтганида ортиб боради. Шу сабабли иккита цилиндр орасига совиткичлар ўрнатилади.

Индикатор диаграмма. Поршенли насосларни текшириш учун индикатор диаграммаси олинади. Бунда компрессорнинг тирсакли ўқи бир марта айланганда, босим ва узатилган газ ҳажми орасидаги боғлиқлик курилади.

57-рasmда бир томонлама, бир босқичли компрессорнинг назарий $p-V$ диаграммаси кўрсатилган. Назарий компрессорда диаграммадаги b ва d нуқталарга мос келадиган ҳолатларда цилиндр

қопқоғига яқин келади ва газни сўриш жараёни узатиш тамом бўлиши билан бошланади. Диаграммада сўриш жараёни ab , сиқиш bc ва узатиш cd чизиқлар билан тасвирланади.



57-расм. Индикатор диаграммалари.
а-назарий; б-ишчи.

Ҳақиқий компрессорда сиқиш жараёни (57-расм) назарий сиқишдан анча фарқ қилади. Цилиндр қопқоғи ва поршеннинг орасида доимо бўш ҳажм ҳосил бўлади ва у «зарарли бўшлиқ» деб номланади. Бу бўшлиқда узатиш ва сиқишдан жараёнидан сўнг поршен

орқага қайтганда, газ кенгайди ва сўриш клапани очилади, яъни поршен маълум бир ораликда a нуқтагача бекор ҳаракатланади. Бунинг оқибатида компрессор унумдорлиги пасаяди, «зарарли бўшлиқ» цилиндрнинг иш ҳажмига нисбатан улушларда олинади: $\epsilon \cdot V$ (бу ерда ϵ -зарарли бўшлиқ ҳажмининг поршен ҳаракати туфайли ҳосил бўлган фойдали ҳажмга нисбати тенг) одатда, «зарарли бўшлиқ» цилиндр ҳажмининг 3...5% ни ташқил этади.

57-расмда bc' ва bc'' сиқиш чизиқлари мос равишда изотермик ва адиабатик жараёнларни характерлайди. Ушбу диаграммадаги юзалар сиқиш жараёнида бажарилган ишни англатади, яъни изотермик сиқишда бажарилган иш энг кичик бўлса, адиабатикда энг катта қийматга эга бўлади.

Реал шароитда сиқиш жараёни (bc чизиқ) политроп жараёнда амалга ошади. Бунда, ажраб чиқаётган иссиқликнинг бир қисмигина атроф муҳитга тарқалади.

Поршенли компрессорларнинг унумдорлиги вақт бирлиги ичида узатилган газ ҳажмига тенг:

$$V_c = \lambda V_n$$

бу ерда V_n - сўрилаётган газнинг ҳажми, λ - узатиш коэффиценти.

$$\lambda = \lambda_0 \lambda_r \lambda_t$$

Бир томонлама сиқувчи компрессорнинг ҳақиқий иш унумдорлиги ($m^3/сек$) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоланади:

$$Q = \lambda F S n / 60, \quad (5.26)$$

бу ерда λ - узатиш коэффициентини; F - поршеннинг кўндаланг кесим юзаси, m^2 ; S - поршень йўлининг узунлиги, m ; n - кривошипнинг айланиш частотаси, $мин^{-1}$.

Узатиш коэффициентининг қиймати $\lambda = (0.8 \div 0.95) \lambda_0$ чегараларда қабул қилинади.

Компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффициентини қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 [(P_2/P_1)^{1/m} - 1], \quad (5.27)$$

бу ерда $\varepsilon_0 = V_k/V_1 = 0.03 \div 0.08$; V_k - цилиндрдаги бўшлиқнинг қолдиқ ҳажми; V_1 - поршеннинг цилиндрда силжиши туфайли ҳосил бўладиган ишчи ҳажм; $m = 1.2 \div 1.35$ - қолдиқ ҳажмдаги сиқилган газнинг кенгайишини политропик кўрсаткичи.

Кўп босқичли компрессорларнинг иш унумдорлиги уларнинг биринчи босқичини иш унумдорлиги билан аниқланади.

Поршенли компрессорларнинг фойдали иш коэффициентини юқори бўлиб, улар ёрдамида газларни кенг интервалда, 100 МПа гача сиқиш мумкин. Мазкур машиналарнинг асосий камчилликлари - газларни бир меъёردа узатиб бўлмаслиги, иш унумдорлигининг пастлиги ва клапанларнинг кўплигидир.

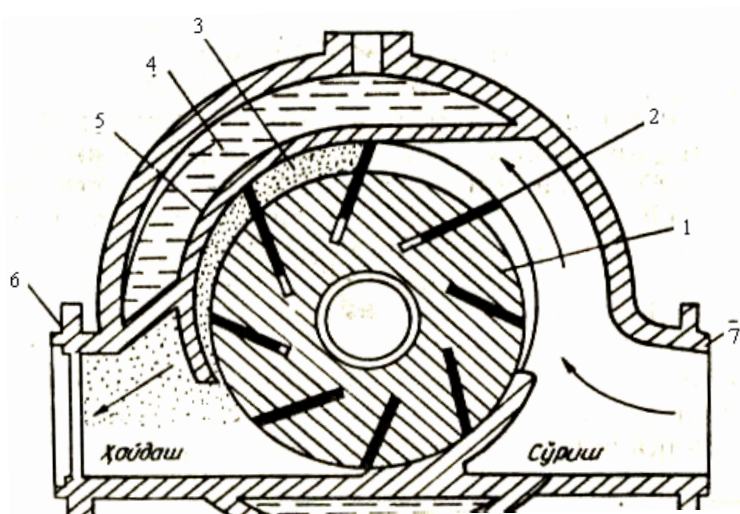
Роторли компрессорлар. Бу компрессорлар ҳам поршенли компрессорлар сингари, иш бўшлиги ҳажмининг камайиши принципида ишлайди. Роторли компрессорлар конструктив белгиларга кура пластиналар, юмалайдиган роторли, сув ҳалқали, газодувка ва икки роторли компрессорларга бўлинади.

Пластиналар компрессор. Бу компрессор худди пластиналар насослар каби ишлайди, улар бир босқичли ва икки босқичли бўлади. Пластиналар роторли компрессорнинг сўриш вақтидаги унумдорлиги қуйидагича аниқланади:

$$Q = 2L e n \lambda (\pi D - \delta z) \quad (5.28)$$

бу ерда L - пластиналар узунлиги, м; e - роторнинг эксцентриситети, м; n - роторни айланишлар частотаси, c^{-1} ; D - насос корпусининг ички диаметри, м; δ - пластина қалинлиги, м; $z=30\div 40$ - пластиналар сони; λ - узатиш коэффициенти. Одатда $e/D=0,06\div 0,07$.

Бир босқичли роторли пластинали компрессорларда газлар 0,25-0,5 МПа босимгача, икки босқичлиларда эса 0,8-1,5 МПа босимгача сиқилади. Бундай компрессорлардан паст босим ва катта унумдорлик олиш мақсадида фойдаланилади.



58- расм. Пластинали роторли компрессор схемаси: 1- ротор; 2- пластина; 3- ишчи бўшлиқ; 4- совуtuvчи сув камераси; 5- қобик; 6- ҳайдаш патрубкиси; 7- сўриш патрубкиси.

Компрессор корпусининг ички юзасига нисбатан унинг ротори муайян эксцентриситет билан жойлаштирилади. Роторнинг ўйиқларига (пазларига) радиал йўналишда эркин суриладиган пластиналар жойлаштирилган. Пластиналар ротор ва корпус орасидаги ўроқсимон конструктив бўшлиқни бир нечта ўзаро тенг бўлмаган, ўзгарувчан ишчи ҳажмларга ажратади.

Сўриш патрубкиси худудида пластиналар марказдан қочма куч таъсирида роторнинг ўйиқларидан сурилиб чиқади ва корпус деворларига куч билан зичланади. Бу пайтда газ икки пластина орасидаги бўшлиққа киради. Ротор

маълум бир бурчаккача бурилганда пластиналар энг юқори нуқтага интилади. Бу пайтда бўшлиқнинг ишчи ҳажми аста-секин ортиб боради. Роторнинг келгуси бурчакларга бурилиши пазлардан тўла чиққан пластиналарни ўйиқларга қайта киришига сабаб бўлади. Натижада, пластинкалар орасидаги ишчи ҳажм аста-секин кичрайиб боради. Бу ҳажмни тўлдирган газнинг босими ортиб, ҳарорати кўтарилади.

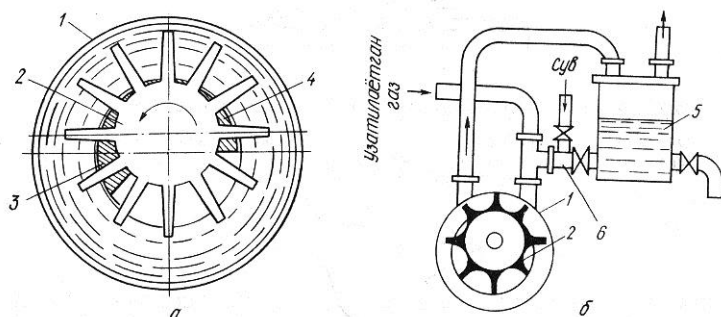
Роторнинг кейинги бурилишлари давомида ишчи ҳажм ҳайдаш патрубкиси бўшлиғи билан туташади ва бу ердан сиқилган газ ресиверга, ундан эса ҳайдаш тармоғига ўтади. Шундан сўнг иш цикли қайтарилади.

Компрессорларнинг ишлаши вақтида қобиғининг деворлари қизиб кетмаслиги учун у сув билан совутиб турилади.

Роторли компрессорларнинг поршенли компрессорларга нисбатан қуйидаги афзалликлари бор: 1) ўлчамлари ва оғирлиги кичик, поршенли компрессорга нисбатан кам жой эгаллайди; 2) кривошип-шатунли механизм бўлмагани учун анча равон ишлайди; 3) айланишлар частотаси катта, компрессорнинг ҳаракатга келтириш учун уни бевосита электр двигателига улаш мумкин; 4) конструкцияси оддий деталлари сони кам ва арзон.

Лекин роторли компрессорларнинг поршенли компрессорларга нисбатан муҳим камчиликлари ҳам бор: 1) ФИК кичик; 2) деталлари ниҳоятда аниқ ишланиши туфайли уларни тайёрлаш технологиячи анча мураккаб; 3) сиқилган газнинг босими катта эмас; 4) бир таъмирлашдан кейинги таъмирлашгача ишлаш муддати қисқа.

Сув ҳалқачали компрессорлар. Компрессорнинг қобиғида эксцентрик ҳамда ясси куракчалари бўлган ротор жойлашган (11.9 - расм). Компрессорни ишга туширишдан олдин унинг ярмигача сув қуйилади. Ротор айланганида сув атрофига сочилиб, компрессорнинг қобиғи билан роторга нисбатан эксцентрик сув ҳалқачалари ҳосил қилади. Ҳажмдаги куракчаларнинг пастки қисми сув ҳалқачаларидаги суюқликка ботиргунча компрессорларга сув қуйилади.



59 – расм.

Сув ҳалқачали компрессор.

а - компрессорнинг тузилиши;

б – газларни узатиш қурилмаси.

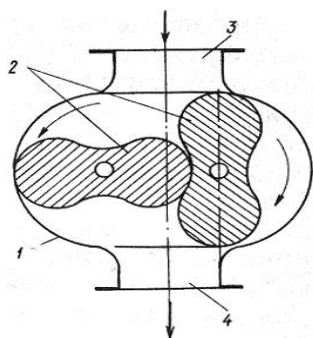
1 – қобик; 2 – ротор; 3 – узатувчи тешик; 4 – сўриш тешиги; 5 – идиш;

6 – компрессорни сув билан тўлдирувчи қуйилиш трубаси.

куракчалари билан сув ҳалқачалари орасида ячейкалар ҳосил бўлади. Ячейкаларнинг ҳажми роторнинг биринчи ярим айланишида кенгаяди, иккинчи ярим айланишида эса тораяди. Ячейканинг ҳажми кенгайганда газ сўрилади ва роторнинг кейинги айланишида ячейканинг ҳажми торайиши натижасида газ сиқилиб узатиш патрубкиси орқали узатилади. Бу компрессорда сув ҳалқачалари поршень вазифасини бажаради, чунки ҳалқачалар воситасида иш камерасининг ҳажми ўзгаради. Шунинг учун бундай компрессорларни *суюқлик поршеньли компрессорлар* ҳам дейилади.

Газодувкалар. Газодувканинг қобиғида иккита параллел валда барабанлар ёки поршеньлар жуфти айланма ҳаракат қилади. Барабанларнинг биттаси электр двигатель ёрдамида айланма ҳаракат, иккинчиси эса унга тишлари билан илашиб ҳаракат қилади (59 - расм). Барабанлар бир-бирига қарама-қарши йўналишда айланма ҳаракатда бўлади. Барабанлар айланганида бир-бирига ва қобик деворига зич жойлашиб, иккита бир бирдан ажратилган камера ҳосил қилади. Пастки камерада вакуум ҳосил бўлиб унга газ сўрилади, юқориги камерада газ сиқиб чиқарилади.

Газодувкалар минутига 2-800 м³ гача ҳаво узатади. Узатиш коэффиценти 0,8; умумий фойдали иш коэффиценти 0,6-0,7. Газодувкаларнинг тузилиши содда, ихчам, клапанлари бўлмаганлиги учун уларда газ бир меъёردа узатилади. Лекин юқори босим ҳосил қилмагани сабабли кам ишлатилади.



60-расм.

Ротацион газодувка.

1-қобик; 2-ротор.

3 ва 4 – сўриш ва узатиш патрубкалари

5.9. ВАКУУМ НАСОСЛАР

Кимё технологиясининг кўпчилик жараёнлари атмосфера босимида ва сийракланиш муҳитида олиб борилади. Бу шароитларнинг қўлланилиши кимёвий реакцияларнинг олиб бориш шароитига боғлиқ. Кайнаш жараёнини паст ҳароратда олиб бориш учун вакуум ишлатилади. Вакуум ҳосил қилувчи машиналар *вакуум насослар* дейилади.

Вакуум насосларда газлар жуда паст атмосфера босимида сўрилади ва атмосфера босимига нисбатан каттароқ қийматда узатилади.

Конструктив жиҳатдан вакуум насослар компрессорлардан сиқилиш даражасининг катталиги билан фарқ қилади. Вакуум насосларда газларнинг сиқилиш даражаси жуда юқори бўлади. Сиқилиш даражасининг юқори бўлиши сабабли вакуум насоснинг ҳажмий коэффициентини ва унумдорлигини бирдан камаяди.

Вакуум-насосларни компрессорлардан конструктив фарқини белгиловчи кўрсаткичи, бу улардаги сиқилиш даражасининг юқорилигидир.

Масалан, вакуум-насос газ (ҳаво)ни 0,05 атмосфера босимида сўриб олса (сийракланиш 95%) ва уни насосдан чиқишида 1,1 ат гача сиқади (ортиқча босим 0,1 ат га тенг бўлиб, у турли қаршилиқларни енгиш учун сарфланади). Бу ҳолда насоснинг сиқилиш даражаси:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1,1}{0,05} = 22 \quad (5.29)$$

га тенг бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, бир босқичли поршенли компрессорларда сиқилиш даражаси 8 дан ошмайди.

Бундай юқори сиқилиш даражаси билан вакуум-насоснинг ҳажмий коэффициентини ва унумдорлигини бирдан пасайиб кетади. Шунинг учун насоснинг ишчи ҳажмидан тўлиқ фойдаланиш учун ««зарарли бўшлиқ»» бўшлиғини минимумга туширишга ҳаракат қилинади. Шу мақсадда вакуум-насоснинг кўпгина турларида, мисол учун, поршенли ва ротор пластинали насосларда

босимни текислаш усули қўлланади ва бунда вакуум-насосларнинг узатиш коэффициенти $\lambda_v < 0,8 \dots 0,9$ га тенг бўлади.

Поршенли вакуум насослар. Булар қуруқ ва суюқлик насосларига бўлинади. Қуруқ вакуум насослар газларни сўриб ташқарига чиқариб ташлаш учун, суюқлик вакуум насослари эса бир вақтнинг ўзида газ ва суюқликларни сўриб ташлаш учун ишлатилади. Қуруқ вакуум насосларни тузилиши конструктив жиҳатдан худди поршенли компрессорларга ўхшайди.

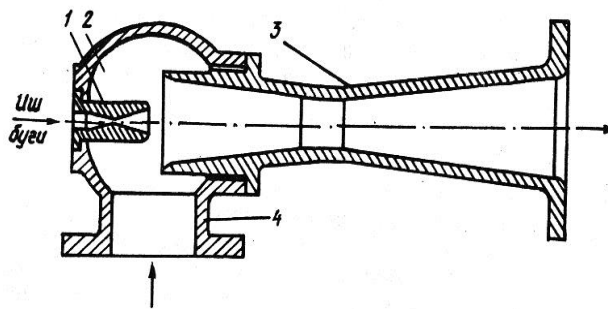
Суюқлик вакуум насосларида ортиқча миқдордаги суюқликни чиқариб ташлаш мақсадида сўриш ва ҳайдаш клапанлари каттароқ бўлади. Шунинг учун бу насосларда қолдиқ ҳажм эгаллаган қисми катта бўлиб, улар қуруқ вакуум насосларга нисбатан кам сийракланиш беради. Суюқлик вакуум насосларида золотниклар бўлмайди.

Ротор пластинали ва сув ҳалқачали вакуум насослар. Бу насослар конструктив жиҳатдан пластинали ва сув ҳалқачали (59 ва 60 - расм) компрессорларга ўхшайди. Роторли вакуум насосларда қолдиқ ҳажм махсус канал ёрдамида паст босимли камера билан бирлаштириб, газнинг босими тенглаштирилади. Бунда вакуум насосларнинг ҳажмий коэффициенти ва унумдорлиги ортади.

Сув ҳалқачали вакуум насосларда ҳосил бўлган сийракланиш миқдори насосга қўйиладиган иш суюқлигининг порциал босимига ва ҳароратига боғлиқ. Суюқлик ҳарорати ортиши билан сийракланиш миқдори камаяди. Шу сабабли сув ҳалқачали вакуум насосларга паст ҳароратли суюқликлар қўйилади.

Оқимли вакуум насослар. Буларнинг иш принципи худди суюқлик узатувчи ингичка оқимли насосларникига ўхшайди. Ингичка оқимли вакуум насосларда иш суюқлиги сифатида буғ ишлатилади (60 - расм). Бундай насослар кислота буғларини сўриб олиш учун ишлатилади.

Катта ёки чуқур вакуум олиш учун кўп босқичли ингичка оқимли вакуум насослардан фойдаланилади.



60- расм. Ингичка оқимли буғ вакуум- насоси.

1- буғ соплоси; 2 – аралаштириш камераси; 3 – диффузор; 4 – сўриш патрубкиси.

5.10. Насос ва компрессорларни танлаш

Насосларни танлаш. Санаотнинг барча ишлаб чиқариш тармоқларида суюқликларни узатиш учун марказдан қочма насослар ишлатилади. Чунки бу насослар бошқа насосларга нисбатан қуйидаги афзаликларга эга:

а) массаси енгил, ихчам, тайёрлаш учун кам металл сарфланади; б) унумдорлиги юқори, суюқликларни бир меъёрда узатади; в) бошқариш ва тузатиш осон ҳамда тўғридан-тўғри ёрдамчи механизмларсиз электр двигателга уланади; г) сўриш ва ҳайдаш клапанлари бўлмагани учун ифлосрок суюқликларни узатиш мумкин; д) узоқ муддат давомида ишончли ишлайди.

Юқоридаги босимли кам миқдордаги суюқликлар ҳамда қовушқоқлиги юқори, осон алангалувчан суюқликларни узатиш учун поршенли насослар ишлатилади.

Паст босимли кўп миқдордаги ифлосланган кристалланувчи суюқликларни узатиш учун пропеллерли насослар танланади. Чунки бу насосларнинг фойдали иш коэффициенти юқори, гидравлик қаршилиги кам ва ишлаши ихчам. Бу насослар воситасида ифлосланган, кристалланувчи суюқликлар узатилади. Қовушқоқлиги юқори, майда каттик зарралар аралашмаган кам миқдордаги суюқликларни катта босимда узатиш учун шестерняли (тишли) насослар қўлланилади.

Унумдорлиги паст ва кам напорли тоза суюқликларни узатиш учун пластинали насослар ишлатилади. Қовушқоқлиги юқори, нефть

махсулотларини, агрессив ҳамда ифлосланган суюқликларни узатиш учун винтли насослар қўлланилади. Винтли насослар қуйидаги афзалликларга эга: ишланиши ихчам, тез айланади ва шовқинсиз ишлайди. Босимнинг ўзгариши билан винтли насосларни унумдорлиги ўзгармайди.

Узатилиш жараёнига ҳаракатланувчи ва силкинувчи қисмларнинг салбий таъсири бўлса, оқимли насослар, газлифтлар ва эрлифтлар ишлатилади, бу насосларнинг ФИК жуда паст.

Компрессорларни танлаш. Кимё саноатининг барча тармоқларида кенг миқёсда поршенли ва марказдан қочма компрессор машиналари ишлатилади.

Турбокомпрессор ва турбогазодувкаларнинг тузилишининг соддалиги, ихчамлиги ва газларни бир меъёрда узатиши билан бошқа компрессорларидан фарқланади. Буларнинг энг катта афзаллиги шундаки, улар газни тоза ҳолда узатади. Турбокомпрессорлар ва турбогазодувкаларда тезюрар ва инерцион кучланишлар бўлмагани учун уларни енгил фундаментларга ўрнатиш ҳамда тўғридан-тўғри электр двигателга улаш мумкин.

Турбокомпрессорлар кўп миқдорлардаги газларни 10000...20000 м³/соат, 3,0 МПа гача босимда узатади. Ҳозирги вақтда кўп босқичли турбокомпрессорларда газларни 30 МПа гача босимда узатиш мумкин.

Турбокомпрессорларнинг ФИК поршенли компрессорларга нисбатан камроқ.

Кам миқдордаги (10000 м³/соат гача) газларни юқори босимда (100 МПа гача) узатиш учун поршенли компрессорлар ишлатилади.

Роторли компрессорнинг ФИК марказдан қочма ва турбокомпрессорларга нисбатан юқори бўлиб, улар босими 1,5 МПа гача, унумдорлиги 6000 м³/соат гача бўлган газларни узатиш учун мўлжалланган. Роторли компрессорларни тайёрлаш қийин, ротордаги пластиналар тез едириб, иш камераларининг зич ёпилмаслиги натижасида газларни сиқиш даражаси камаяди.

Кимё саноатида сув ҳалқачали вакуум насослар кенг миқёсда агрессив, портловчан ва нам газлар ҳамда буғларни узатиш, ўртача (90-95%) вакуум

олиш учун ишлатилади. Улар поршенли вакуум насосларга нисбатан бирмунча афзалликларга эга лекин уларнинг ФИК кам.

Кўп босқичли буғ оқимли вакуум насосларда 95-99,8% сийракланиш мумкин. Бу қурилмаларнинг тузилиши оддий, ҳаракатланувчи қисмлари йўқ. Шу сабабали бўлар кимёвий актив газларни сўриб олиш учун кенг ишлатилади. Буғ оқимли вакуум насосларни ўрнатиш учун сим ва фундаментларнинг хожати йўқ, уларни исталган ерга ўрнатиш мумкин.

Буғ оқимли вакуум насосларда кўпроқ буғ сарфланади ва сўриб олинаётган газ буғ билан аралashi мумкин.

VI БОБ ИССИҚЛИК УЗАТИШ АСОСЛАРИ

6.1. Иссиқлик алмашиниш жараёни

Ҳар хил ҳароратга эга бўлган жисмларда иссиқлик энергиясининг бирдан иккинчисига ўтиши *иссиқлик алмашиниш жараёни* деб аталади. “Иссиқ” ва “совуқ” жисмларнинг ҳарорати ўртасидаги фарқ иссиқлик алмашинишнинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади. Ҳароратлар фарқи бўлганда термодинамиканинг иккинчи қонунига кўра иссиқлик энергияси ҳарорати юқори бўлган жисмдан ҳарорати паст бўлган жисмга ўз-ўзидан ўтади. Жисмлар ўртасидаги иссиқлик алмашиниши ҳисобига содир бўлади. Иссиқлик алмашинишида қатнашадиган жисмлар иссиқлик ташувчилар деб аталади. Иссиқлик ўтказиш жараёнлари (иситиш, совитиш, буғларни конденсациялаш, буғлатиш) кимё саноатида кенг тарқалган. Иссиқлик тарқалишининг учта принципиал тури бор: *иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқликнинг нурланиши*.

Бир-бирига тегиб турган кичик заррачаларнинг ҳаракати натижасида юз берадиган иссиқликнинг ўтиши *иссиқлик ўтказувчанлик* (ёки кондукция) дейилади. Газ ва томчили суюқликларда молекулаларнинг ҳаракати натижасида ёки каттиқ жисмларда кристалл панжарадаги атомларнинг тебраниши таъсирида ёхуд металлларда эркин электронларнинг диффузияси оқибатида

иссиқлик ўтказувчанлик жараёни содир бўлади. Каттиқ жисмларда ва газ ёки суюқликларнинг суюқликларнинг қатламларида иссиқлик асосан иссиқлик ўтказувчанлик орқали тарқалади.

Газ ёки суюқликларда макроскопик ҳажмларнинг ҳаракати ва уларни аралаштириш натижасида юз берадиган иссиқликнинг тарқалиши **конвекция** деб аталади. Конвекция икки хил (эркин ва мажбурий) бўлади. Газ ёки суюқлик айрим қисмларидаги зичликнинг фарқи натижасида ҳосил бўладиган иссиқликнинг алмашиниши *табиий* ёки *эркин конвекция* дейилади. Ташқи кучлар таъсирида (масалан, суюқликларни насослар ёрдамида ўзатиш ёки уларни механик алмаштиргичлар билан аралаштириш пайтида) мажбурий конвекция пайдо бўлади.

Иссиқлик энергиясининг электр магнит тўлқин ёрдамида тарқалиши **иссиқликнинг нурланиши** деб юритилади. Ҳар қандай жисм ўзидан энергияни нурлатиш қобилиятига эга. Нурланган энергия бошқа жисмга ютилади ва қайтадан иссиқликка айланади. Натижада нур билан иссиқлик алмашиниш жараёни содир бўлиб, у ўз навбатида нур чиқариш ва нур ютиш жараёнларидан ташкил топади.

Ҳақиқий шароитларда иссиқлик алмашиниш алоҳида олинган бирор усул билан эмас, балки бир неча усуллар ёрдамида юзага келади, яъни мураккаб иссиқлик ўтказиш жараёнлари амалга оширилади.

Қурилмаларнинг ишлаш режимига кўра жараёнлар икки хил (турғун ва нотурғун) бўлади. Ўзликсиз ишлайдиган қурилмаларнинг турли нуқталаридаги ҳарорат вақт давомида ўзгармайди, бундай қурилмаларда кетаётган жараён турғун бўлади. Нотурғун жараёнларда (даврий ишлайдиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларида) ҳарорат вақт давомида ўзгариб туради (масалан, иситиш ёки совитиш пайтида).

Иссиқлик ўтказувчанлик. Иссиқлик ўтказувчанликнинг механизми жисмларнинг агрегат ҳолатига боғлиқ бўлади. Суюқликлар ва каттиқ жисмлар – диэлектрикларда иссиқлик ўтказувчанлик ёнма-ён жойлашган заррачалар атом ва молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати таъсирида энергия алмашинишига асосланган. Металларда иссиқликнинг алмашиниши асосан эркин

электронларнинг молекула ва атомларнинг ўзаро тўқнашуви ва уларнинг диффузияси таъсирида юз беради.

Ҳарорат майдони ва градиенти. Жисмнинг ҳамма нуқталаридаги ҳарорат қийматларининг йиғиндиси ҳарорат майдонини ташкил этади. Ҳарорат майдони турғун ва нотурғун бўлиши мумкин. Агар ҳар бир нуқтадаги ҳарорат вақт давомида ўзгармаса, бундай ҳарорат майдони турғун бўлади. Мабодо ҳарорат вақт ўтиши билан ўзгарса, ундай майдон нотурғун ҳарорат майдони деб юритилади.

Ҳарорат майдони умумий ҳолатда қуйидаги функционал боғлиқлик билан ифодаланади:

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (6.1)$$

бу ерда t – текширилаётган нуқтадаги ҳарорат; x, y, z - текширилаётган нуқтанинг координаталари; τ - вақт.

Координаталарнинг сонига кўра, ҳарорат майдони бир ўлчамли изотермик юза деб юритилади. Ҳарорат бир изотермик юзадан иккинчи изотермик юза йўналшига қараб ўзгаради. Ҳароратларнинг энг кўп ўзгариши изотермик юзаларга ўтказилган нормал чизиқлар бўйича юз беради. Ҳароратлар фарқи (Δt) нинг изотермик юзалар оралиғидаги нормал бўйича олинган масофа (Δn) га нисбати ҳарорат градиенти ($\text{grad } t$) деб аталади.

$$\text{grad } t = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{dt}{dn}. \quad (6.2)$$

Ҳарорат градиенти нолга тенг бўлмаган тақдирда ($\text{grad } t \neq 0$) иссиқлик оқими юзага келади. Бунда иссиқлик оқимининг йўналиши ҳарорат градиенти чизиғи бўйича боради, аммо ҳарорат градиентига қарама-қарши йўналган бўлади:

$$q \rightarrow \left(- \frac{\partial t}{\partial n} \right)$$

Фурье қонуни. Бу қонунга кўра, иссиқлик ўтказувчанлик орқали иссиқлик миқдори dQ ҳарорат градиентига $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)$, вақтга ($d\tau$) ва иссиқлик оқими йўналишига перпендикуляр бўлган майдон кесими (dF) пропорционалдир, яъни:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau. \quad (6.3)$$

Агар $\frac{Q}{F\tau} = q$ деб олинса, у ҳолда:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (6.4)$$

бу ерда: q – иссиқлик оқими зичлиги; λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари қуйидагича ўлчов бирлигига эга:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial Q}{\partial t \cdot dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\text{Ж} \cdot \text{м}}{\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right].$$

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари иссиқлик алмашилиш юзаси бирлигидан (1м^2) вақт бирлиги давомида (τ) изотермик юзага нормал бўлган, 1м узунликка тўғри келган ҳароратларнинг бир градусга пасайиши вақтида иссиқлик ўтказувчанлик йули билан берилган иссиқлик миқдорини белгилайди.

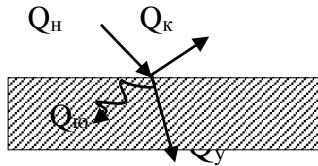
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентларининг қиймати модданинг тузилиши ва унинг физик-кимёвий хоссаларига, ҳарорат ва бошқа бир қатор катталикларга боғлиқ. Оддий (нормал) ҳарорат ва босимда металллар иссиқликни яхши, газлар эса ёмон ўтказди. Масалан, айрим моддаларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари қуйидаги қийматга эга: мис учун $\lambda=384$ Вт/(м·К); пўлат учун $\lambda = 46,5$ Вт/(м·К); бетон $\lambda=1,28$ Вт/(м·К); томчилик суюқликлар $\lambda=0,1\div 0,7$ Вт/(м·К); газлар $\lambda=0,006\div 0,6$ Вт/(м·К); ҳаво $\lambda=0,027$ Вт/(м·К).

6.2. Иссиқликнинг нурланиши

Ҳарорати 0°C дан юқори бўлган барча жисмларда иссиқлик энергиясини нур энергиясига айланиши кузатилади. Бу жараён иссиқликнинг нурланиши дейилади. Ушбу жараёнда иссиқлик турли узунликдаги электромагнит тўлқинлар воситасида узатилади. Электромагнит тўлқинлар бошқа бир жисмда ютилганда қайтадан молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати энергиясига айланади.

Иссиқликнинг нурланиш интенсивлиги жисм ҳароратини ортиши билан ошиб боради. Юқори ҳароратларда, масалан, $t \geq 600^\circ\text{C}$ бўлганда, қаттиқ жисм ва газлар ўртасида иссиқликнинг нурланиш йўли билан тарқалиши алоҳида аҳамиятга эга бўлади. Ёруғлик ва иссиқлик нурлари бир хил табиатга эга бўлганликлари сабабли улар умумий қонуниятлар (нурни қайтиши, синиши ва ютилиши) билан тавсифланади. Ёруғлик нурларининг тўлқин узунлиги $0.4 \div 0.8$ мкм бўлса, иссиқликнинг нурланиш тўлқин узунлиги $0.8 \div 800$ мкм бўлиб, спектрни кўзга кўринмас қисмини (инфрақизил нурлар) эгаллайди.

Қиздирил
бошқа б
юзасидаг



кетеди (6.1-расм).

61- расм. Нурланиш энергияси
балансига оид схема.

Жисмга туширилаётган нур энергияси Q_n , жисмга ютилган нур энергиясини $Q_{ю}$, жисм юзасидан қайтган нур энергиясини Q_k ва жисмдан ўзгаришларсиз ўтиб кетувчи нур энергиясини эса Q_y деб белгилаймиз. Ушбу жараённинг энергетик баланси, умумий ҳолда, қуйидагича ёзилади

$$Q_n = Q_{ю} + Q_k + Q_y. \quad (6.5)$$

Ўки умумий нурланиш энергиясига Q_n нисбатан, улушларда

$$Q_{ю}/Q_n + Q_k/Q_n + Q_y/Q_n = 1. \quad (6.6)$$

(6.6) тенгламанинг таркибий қўшилувчиларини қуйидагича таҳлил қилиш мумкин.

$Q_{ю}/Q_{н}$ - жисмнинг нурланган иссиқлик энергиясини ютиш қобилиятини тавсифлайди. Агар $Q_{ю}/Q_{н}=1$ ($Q_{к}/Q_{н}=0$, $Q_{ў}/Q_{н}=0$) бўлса, жисмга тушаётган нур унда тўла ютилади. Бундай жисм абсолют қора жисм дейилади.

$Q_{к}/Q_{н}$ - нисбат жисмнинг ўзига тушириладиган нурни қайтариш хусусиятини ифодалайди. Агар $Q_{к}/Q_{н}=1$ ($Q_{ю}/Q_{н}=0$, $Q_{ў}/Q_{н}=0$) бўлса, жисмга тушаётган нур унинг юзасидан тўлиқ қайтарилади. Бундай жисм абсолют оқ жисм дейилади.

$Q_{ў}/Q_{н}$ - нисбат қиймати жисмнинг ўзидан нурни ўтказиб юбориш хусусиятини кўрсатади. $Q_{ў}/Q_{н}=1$ ($Q_{ю}/Q_{н}=0$, $Q_{к}/Q_{н}=0$) бўлса, жисм юзасига тушаётган нурнинг ҳаммаси ундан тўла ўтиб кетади. Бундай жисм абсолют шаффоф бўлади.

Табиатда абсолют қора, абсолют оқ ва абсолют шаффоф жисмлар мавжуд эмас. Аммо бу атамалар нурланиш назариясини ишлаб чиқишда алоҳида аҳамиятга эга бўлди. Ушбу атамалар муҳандислик ҳисобларида ва иссиқликнинг нурланиши йўли билан иссиқлик узатиш жараёнларини таҳлил этишда кенг қўлланилади.

Техникада кулранг жисмлар тушунчасидан фойдаланилади. Бундай жисмларга туширилган нурнинг бир қисми ютилади, бир қисми қайтарилади ва унинг қолган қисмини эса жисм ўзидан ўтказиб юборади.

Иссиқликнинг нурланишини тавсифлаш учун жисмни нур чиқариш қобилияти (хусусияти) тушунчаси ишлатилади.

Жисмнинг юза (F) бирлигидан вақт τ бирлиги давомида тўлқин узунлигининг барча интервали ($0 < \lambda < \infty$) бўйича нурланган энергияни тўла миқдори Q унинг нур чиқариш хусусиятини (E , Вт/м²) кўрсатади

$$E = Q/(F\tau). \quad (6.7)$$

Нурланиш энергияси тўлқин узунлиги ва жисм ҳароратидан боғлиқ бўлади.

Жисмнинг нур чиқариш хусусиятини тўлқин узунлиги λ интервалига нисбати нурланиш интенсивлиги J (Вт/м³) дейилади:

$$J = dE/d\lambda. \quad (6.8)$$

Ушбу тенгламани интеграллаш натижасида E ва λ ўртасидаги боғлиқлик аниқланади:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} I d\lambda . \quad (6.9)$$

Иссиқликнинг нурланиш қонуниятлари Стефан-Больцман, Кирхгоф ва Ламберт қонунлари билан таърифланади.

Стефан-Больцман қонунига биноан абсолют қора жисмнинг нур чиқариш қобиляти E ва жисм юзасининг абсолют ҳарорати T ўртасидаги боғлиқлик қуйидагича ифодаланади:

$$E = K_0 T^4, \quad (6.10)$$

бу ерда $K_0 = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ - абсолют қора жисмнинг нур чиқариш доимийси.

Амалиётда кулранг жисмларнинг нур чиқариш қобилятини ҳисоблаш учун ушбу (6.10) тенгламани қуйидаги кўринишда қўллаш қулай

$$E = \varepsilon C_0 (T/100)^4, \quad (6.11)$$

бу ерда $C_0 = 5.67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ - абсолют қора жисмнинг нур чиқариш коэффициентини; ε - кулранг жисмнинг нисбий нур чиқариш коэффициенти ёки кулранг жисмнинг қоралик даражаси, $\varepsilon = 0 \div 1$.

Кирхгоф қонуни кулранг жисмнинг нур чиқариш ва нурни ютиш хусусиятлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

$$A = Q_{\text{ю}}/Q_{\text{н}}, \quad (6.12)$$

бу ерда A - кулранг жисмнинг нур ютиш хусусияти.

Кирхгоф томонидан

$$E_{\text{к}} = AE = \varepsilon E \quad (6.13)$$

эканлиги аниқланган. Бу ерда $E_{\text{к}}$ - кулранг жисмнинг нур чиқариш хусусияти, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Кирхгоф қонунига биноан муайян ҳароратлардаги барча жисмлар учун нур чиқариш ва нурни ютиш хусусиятларининг нисбати доимий қийматдир. Ушбу нисбат қиймати абсолют қора жисмни берилган ҳароратлардаги нур чиқариш қобилятига E_0 тенг, яъни:

$$E/A = E_1/A_1 = E_2/A_2 = \dots = E_0 = f(T). \quad (6.14)$$

(6.14) тенгламага биноан жисмни нур ютиш қобилияти қанчалик катта бўлса, унинг нурланиш хусусияти ҳам шунчалик катта бўлади. Шу сабабдан, нур энергиясини яхши қайтарувчи жисмлар кам миқдорда нур чиқаради. Масалан, абсолют оқ жисмнинг нурланиши нулга тенг, ёки, абсолют қора жисм нурни ҳар қандай ҳароратда ҳам тўлиқ ютади ва максимал даражада нурланади.

Стефан-Больцман ва Кирхгоф конунларига биноан, нурланиш орқали иссиқ жисмдан совуқ жисмга узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади

$$Q_n = 5.67 \epsilon_k F \tau [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4], \quad (6.15)$$

бу ерда T_1 ва T_2 - иссиқ ва совуқ жисмларнинг ҳароратлари, K ; $\epsilon_k = (1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2)^{-1}$ - жисмлар системасининг келтирилган нур чиқариш коэффициентлари; ϵ_1 ва ϵ_2 - жисмларнинг нисбий нур чиқариш коэффициентлари.

6.3. Конвектив иссиқлик алмашиниш

Суюқлик ёки газнинг ҳаракати пайтидаги иссиқликнинг тарқалиши конвектив иссиқлик алмашинишнинг мазмунини ташкил этади. Бунда иссиқликнинг тарқалиши бир йула конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари ёрдамида амалга ошади. Конвекция дейилганда суюқлик ёки газ катта заррачаларнинг силжиши пайтида иссиқликнинг ҳароратлари турлича бўлган бир қисмидан бошқа қисмига ўтиши тушунилади. Конвекция фақат ҳаракат қилаётган муҳитда юз бериши мумкин, чунки бунда иссиқликнинг тарқалиши муҳитнинг силжиши билан боғлиқдир.

Суюқлик ёки газ оқими ва уларга тегиб турган жисм юзаси оралиғида иссиқликнинг тарқалиши конвектив *иссиқлик алмашиниш* ёки *иссиқликнинг берилиши* деб аталади. Суюқлик муҳити икки қатламдан иборат бўлади: чегара қатлами ва оқимнинг маркази. Каттиқ жисм юзасидан ҳароратни t_g , оқим марказидаги ҳароратни t_m , чегара қатламнинг қалинлигини δ билан белгилаймиз.

Каттиқ жисм юзасидан чегара қатлам орқали энергия иссиқлик ўтказувчанлик йули билан ўтади. Чегара қатламдан муҳитнинг марказига

иссиқлик асосан конвекция орқали тарқалади. Иссиқликнинг каттиқ жисм юзасидан суёқлик муҳитига берилиш жараёнига оқимнинг ҳаракат режими катта таъсир кўрсатади.

Конвекция икки турга бўлинади (табiiй ва мажбурий). Суёқликнинг “иссиқ” ва “совуқ” қисмларидаги зичликлар фарқи таъсирида табiiй конвекция юзага келади. Мажбурий конвекция ташқи кучлар (насос, вентилятор, аралаштиригич) таъсирида ҳосил бўлади.

Суёқлик турбулент режим билан ҳаракатланганда иссиқлик алмашиниш жараёни анча тез боради, ламинар режимда эса секин кетади.

Ньютон қонуни. Конвектив иссиқлик алмашинишнинг асосий қонуни Ньютоннинг совитиш қонуни ҳисобланади. Бу қонунга кўра иссиқлик алмашиниш юзасидан атроф муҳитга (ёки, аксинча бирор муҳитдан каттиқ жисм юзасига) берилган иссиқлик миқдори dQ деворнинг юзасига (dF), юза ва муҳит ҳароратларининг фарқига ($t_D - t_M$) ҳамда жараённинг давомлигига ($d\tau$) тўғри пропорционалдир, яъни:

$$dQ = \alpha (t_D - t_M) dF d\tau, \quad (6.16)$$

бу ерда α - иссиқлик бериш коэффициентини.

Иссиқлик бериш коэффициентини қуйидаги улчов бирлигига эга:

$$[\alpha] = \left[\frac{dQ}{dF d\tau (t_D - t_M)} \right] = \left[\frac{Ж}{м^2 \cdot с \cdot град} \right] = \left[\frac{Вт}{м^2 К} \right].$$

Узлуксиз иссиқлик алмашиниш жараёни учун (1.5) тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q = \alpha F (t_D - t_M). \quad (6.17)$$

Иссиқлик бериш коэффициентини α деворнинг $1 м^2$ юзасидан суёқликка (ёки муҳитдан $1 м^2$ юзали деворга) $1 с$ вақт давомида, девор ва суёқлик ҳароратларининг фарқи $1^{\circ}С$ бўлганда берилган иссиқликнинг миқдорини билдиради. Бу коэффициентнинг миқдори қатор катталикларга боғлиқ: суёқликнинг тезлиги ω , унинг зичлиги ρ , қовушқоқлиги μ , муҳитнинг

иссиқлик-физик хоссалари (солиштирма иссиқлик сифими c , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини λ , суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини β), деворнинг шакли, ўлчами (труба учун d – диаметр, L - узунлик) ва унинг ғадир-будирлиги ϵ_0 .

Шундай қилиб иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати қуйидаги катталикларга боғлиқ экан:

$$\alpha = f(\omega, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, \epsilon_0). \quad (6.18)$$

Иссиқлик бериш коэффициентини бу катталикларга боғлиқ бўлганлигидан, иссиқлик ўтказиш жараёнларининг барча кўриниши учун α нинг қийматини ҳисоблаб чиқарадиган умумий тенгламани олишнинг имкони йўқ. Фақат иссиқлик алмашинишнинг типавий жараёнлари учун тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси ёрдамида қайта ишлаш орқали критериал тенгламаларни чиқариш мумкин. Бу критериал тенгламалар ёрдамида иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати ҳисоблаб топилади.

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси.

Конвектив усул билан иссиқлик алмашинилганда суюқлик муҳитдан иссиқлик бир вақтнинг узида иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция орқали тарқалади. Иссиқлик ўтказувчанлик дифференциал тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{\partial t}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right).$$

Бу тенгламанинг чап томони муҳитдан ажратиб олинган кўзгалмас элементлар ҳажм ҳароратсининг қисман ўзгаришини ифодалайди. Конвектив иссиқлик алмашинишда элементлар ҳажм муҳитнинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига ўтади. Агар элементлар ҳажмининг x , y ва z ўқлар бўйича ҳаракат тезлиги ω_x , ω_y ва ω_z билан белгиласак, у ҳолда элементлар ҳажм ҳароратининг тўла ўзгариши қуйидагича бўлади:

$$\frac{Dt}{d\tau} = \frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} \omega_x + \frac{\partial t}{\partial y} \omega_y + \frac{\partial t}{\partial z} \omega_z. \quad (6.19)$$

(6.19) тенгламадаги $dt/d\tau$ нисбат ҳароратнинг қисман ўзгаришини,

$$\frac{\partial t}{\partial x} \omega_x + \frac{\partial t}{\partial y} \omega_y + \frac{\partial t}{\partial z} \omega_z.$$

йиғинди эса ҳароратнинг конвектив ўзгаришини ифодалайди.

Агар иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасидаги ҳароратнинг қисман ўзгаришини (6.19) тенгламага асосан унинг тўла ўзгариши билан алмаштирсак, Фурье – Кирхгофнинг конвектив иссиқлик алмашилиш тенгламаси келиб чиқади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} \omega_x + \frac{\partial t}{\partial y} \omega_y + \frac{\partial t}{\partial z} \omega_z = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (6.20)$$

Бу тенглама ҳаракатдаги муҳитда иссиқликнинг бир вақтнинг ўзида иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция йўллари билан тарқалишининг математик ифодасидир. Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёнини тўла ифодалаш учун (6.19) тенгламани каттиқ юза ва ҳаракатланувчи муҳит чегарасидаги шароитни ҳисобга олувчи бошқа тенглама билан тўлдириш керак.

Ҳаракатланувчи муҳитда жойлашган каттиқ юза устида қалинлиги δ га тенг бўлган чегара қатлам ҳосил бўлади. Бу қатлам орқали ўтган иссиқлик миқдори Фуре қонуни орқали топилади:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau.$$

Ўтган иссиқлик миқдорини Нютон қонуни ёрдамида ҳам аниқлаш мумкин:

$$dQ = \alpha (t_d - t_m) dF d\tau$$

Охирги иккита тенгламанинг ўнг томони ўзаро тенглаштирилиб, каттик юза ва ҳаракатланувчи суюқлик муҳити чегарасидаги шароитларни ифодалайдиган тенгламани ҳосил қиламиз:

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha(t_o - t_m). \quad (6.21)$$

(6.20) ва (6.21) тенглама конвектив иссиқлик алмашилиши жараёнини тўла ифодалайди.

Конвектив иссиқлик алмашилишининг критериал тенгламаси. Амалда учрайдиган кўпгина жараёнларга тенгламаларни тадбиқ қилиб бўлмайди. Шу сабабдан бу тенгламалар ҳисоблаш техникасида ишлатилмайди. Ҳисоблаш ишларида ифодаларни ўхшашлик назарияси билан қайта ишлаш натижасида олинган критериал тенгламалар кенг ишлатилади. Конвектив иссиқлик алмашилишининг критериал тенгламаси умумий ҳолда қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, F_0); \quad (6.22)$$

Иссиқлик алмашилишининг аниқ ҳоллари кўрилганда критериал тенглама анча соддалашади. Масалан, турғун жараёнлар учун тенгламадан Фурье мезони қисқартирилади. У ҳолда:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr).$$

Суюқлик оқими мажбурий ҳаракат қилган пайтда критериал тенгламадаги Грасгоф мезони ҳисобга олинмайди. Бунда конвектив иссиқлик алмашилишининг критериал тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Nu = f(Re, Pr). \quad (6.23)$$

Суюқликнинг эркин ҳаракати пайтида Рейнольдс мезони қисқартирилади. У ҳолда критериал тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad (6.24)$$

Иссиқлик алмашиниш жараёнининг аниқ ҳоллари ҳал қилинганда тегишли критериал тенгламалар ёрдамида Нуссельт мезонининг қиймати топилади. Сўнгра Нуссельт мезонининг тенгламаси орқали иссиқлик бериш коэффициентини α аниқланади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad (6.25)$$

Бундан

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (6.26)$$

6.4. Иссиқлик бериш жараёни

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг тажриба натижалари. Ҳозирги вақтда конвектив иссиқлик алмашинишнинг ҳамма турлари илмий жиҳатдан тадқиқ қилинган, тадқиқотлар натижалари асосида тегишли критериал тенгламалар ишлаб чиқилган критериал тенгламалар ёрдамида иссиқлик бериш коэффициентлари ҳисоблаб топилади.

Тўғри труба ва каналларда ривожланган турбулент оқимда иссиқлик бериш ($Re > 10\,000$). Суюқлик оқими учун ҳисоблаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.27)$$

Газлар учун $\frac{Pr}{Pr_D} = 1$; Pr нинг қиймати эса газнинг атомлар сонига боғлиқ. Шу сабабли газлар учун критериал тенглама анча соддалашади. Масалан, ҳаво учун тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Nu = 0,018 \varepsilon_e Re^{0,8} \quad (6.28)$$

Ўтиш соҳасида иссиқликнинг берилиши ($2300 < Re < 10000$). Ҳисоблаш учун аниқ тенглама бўлмаганлиги сабабли қуйидаги тахминий критериал тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$Nu = 0,008Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (6.29)$$

Тўғри труба ва каналлардаги ламинар оқимда иссиқликнинг берилиши ($Re < 2300$). Эркин конвекциянинг таъсири кам бўлганда ($Gr < 4Re Nu$, $Re > 10$ ва $L/d > 10$) қуйидаги ҳисоблаш тенгламасидан фойдаланилади:

$$Nu = 1,4 \left(Re \frac{d}{L} \right)^{0,4} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \quad (6.30)$$

Текис трубалар ўрамининг оқимини кўндаланг айланиши пайтидаги иссиқлик бериши:

а) Коридор (йўлак) симон ва шахматли ўрам учун ($Re < 1000$):

$$Nu = 0,56 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{\varphi} \quad (6.31)$$

б) Коридорсимон ўрам учун ($Re > 1000$):

$$Nu = 0,22 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{\varphi} \quad (6.32)$$

в) Шахматли ўрам учун:

$$Nu = 0,4 Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon \quad (6.33)$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти K қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_K} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{F_T}{F_H} + \Sigma r} \quad (6.34)$$

бу ерда F_T — қиррали труба ташқи юзалари тўла майдоннинг ўзунлик бирлигига иисбатан олинган қиймати; F_H — труба ички юзаси майдонининг

ўзунлик бирлигига нисбатан олинган қиймати; α_2 —трубанинг ичидан ўтаётган оқим учун иссиқлик бериш коэффиценти; Σr —девор ва девор юзаларига жойлашган ифлосликлар термик қаршиликларининг йиғиндиси.

Айрим иссиқлик алмашиниш жараёнларида иситилаётган ёки совитилаётган материаллар ўзининг агрегат ҳолатини ўзгартиради, яъни буғланиш, конденсациялаш, суюқланиш ёки кристалланиш жараёнлари содир бўлади. Бу жараён алоҳида хусусиятга эга: материалга иссиқликнинг келиши ёки ундан олиб кетилиши ўзгармас ҳароратда боради, иссиқлик бир фазада эмас, балки икки фазада тарқалади. Агрегат ҳолатнинг ўзгариши билан борадиган жараёнлар ичида буғнинг конденсацияланиши ва суюқликларнинг кайнаши пайтидаги иссиқлик бериш кенг ишлатилади.

Буғнинг конденсацияланиши. Кимёвий қурилмаларда буғ орқали иссиқлик беришда буғ суюқликларнинг қатлам ҳолида конденсацияланади. Буғнинг конденсацияланиши вақтида асосий термик қаршилик конденсатнинг юпқа қатламида юз беради. Суюқликларнинг қатламнинг девор томондаги ҳароратини деворнинг ҳарорати t_d га, буғ томондаги ҳароратини эса тўйиниш ҳарорати t_r га тенг деб олинади. Суюқликларнинг қатламнинг термик қаршилигига нисбатан буғ фазасининг термик қаршилиги жуда кичик.

Буғнинг конденсацияланишида иссиқлик бериш коэффиценти қуйидаги умумий тенглама ёрдамида аниқланилади:

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad (6.35)$$

Бу ифодани қайта ишлаш натижасида вертикал жойлашган текис ёки цилиндрсимон юзада конденсат суюқликларнинг қатламининг ламинар ҳаракати учун қуйидаги назарий тенглама чиқарилган:

$$\alpha = 1,15 \sqrt[4]{\frac{rg^2 \lambda^3 g}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} \quad (6.36)$$

Конденсатнинг физик-кимёвий катталиклари (λ , ρ , μ) суюқликларнинг катламнинг ўртача ҳарорати $t_{пл} = \frac{t_T + t_D}{2}$ бўйича топилади. Конденсацияланиш

иссиқлиги тўйиниш ҳарорати t_T га қараб аниқланади. Ҳароратлар фарқи

$$\Delta t = t_T - t_D, \quad H - \text{вертикал юзанинг баландлиги.}$$

Битта горизонтал трубанинг ташқи юзасида буғнинг конденсацияланиши учун қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \lambda^3 g}{\mu \cdot \Delta r \cdot D}} \quad (6.37)$$

бу ерда d -труба диаметри.

Техникавий ҳисоблашларда, агар иссиқлик беришнинг иккинчи коэффиценти анча кичик қийматга эга бўлса, конденсацияланаётган сув буғи учун иссиқлик бериш коэффицентанинг қийматини тахминан қуйидаги интервалда олиш мумкин;

$$\alpha = 10000 \dots 12000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К ёки Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$$

Суюқликнинг қайнаши. Суюқликнинг қайнаши пайтида иссиқлик бериш жараёнидан кимё технологиясида (масалан, буғлатиш, ректификация, совитиш курилмаларида) кенг фойдаланилади. Бу жараён жуда мураккаб жараёнлар жумласига киради.

Суюқлик қайнаш ҳароратигача қиздирилганда девор яқинидаги чегара катлам бўзилади, натижада буғ пуфакчалари ҳосил бўлади. Бу пуфакчаларнинг шакли ва уларнинг сони берилаётган иссиқлик миқдорига, иситиш юзасининг тозалигига ва гадир-будирлигига, суюқликнинг иситиш юзасини намлаш қобилиятига боғлиқ.

Суюқликнинг қайнаши икки хил режимда бориши мумкин (пуфакли қайнаш, суюқликларнинг қатлам билан қайнаш). Пуфакли қайнаш пайтида иссиқлик бериш тезлиги анча юқори бўлади. Ҳароратлар фарқи Δt ($\Delta t = t_D - t_K$;))

бу ерда ; t_d -иситиш юзасининг ҳарорати, t_k -суюқликнинг қайнаш ҳарорати) ортиб борган сари буғланиш марказлари шундай кўпайиб кетадики, оқибатда пуфакчаларнинг ўзаро кушилиб кетиши натижасида иситиш юзасининг усти қиздирилган буғнинг суюқликларнинг қатлами билан копланди. Бу қатлам иссиқликни ёмон утказганлиги сабабли α нинг қиймати камайиб кетади. Бундай ҳолат суюқликларнинг қатлам билан қайнаш деб юритилади.

6.5. Иссиқликнинг ўтиши

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида иссиқлик бир муҳитдан иккинчисига ўтади. Кўпинча иссиқлик ташувчи агентлар бир-биридан девор орқали (қурилманинг, трубанинг девори ва хоказо) ажратилган бўлади. Ҳарорати юқори бўлган муҳитдан ҳарорати паст бўлган муҳитга бирор девор орқали иссиқликнинг берилиши иссиқликнинг ўтиши деб аталади. Бунда берилган иссиқликнинг миқдори Q иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси орқали топилади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \cdot \tau; \quad (6.38)$$

бу ерда K —иссиқлик ўтказиш коэффициенти; Δt_{yp} —Иссиқ ва совуқ муҳит ҳароратларининг ўртача фарқи; F —муҳитларни ажратувчи девор юзаси; τ —жараённинг давомийлиги.

Узлуксиз ишлайдиган турғун жараёнлар учун тенгламадан τ ҳисобга олинмайди. У ҳолда:

$$Q = K \Delta t_{yp} \cdot F. \quad (6.39)$$

Кимёвий технологияда кўпинча иссиқлик труба юзаси орқали ўтади. Цилиндрсимон юзадан иссиқлик ўтишининг принципиал схемаси кўрсатилган. Труба ичида ҳарорати t_1 бўлган иссиқлик муҳити бўлиб, ундан иссиқлик трубанинг ички юзасига берилади. Труба ташқарисида ҳарорати t_2 бўлган совуқ муҳит бор. Труба ташқи юзасидан совуқ муҳитга иссиқликнинг берилиши α билан ифодаланади. Трубанинг баландлигини L , ички радиусини

r_n , ташқи радиусини эса r_T билан белгилаймиз. Цилиндрсимон юзадан ўтказилган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглама орқали топилади;

$$Q = K_R \cdot 2 \cdot \pi \cdot \tau (t_1 - t_2).$$

K_R нинг қиймати эса ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_n} + \frac{1}{\lambda} 2,31 \lg \frac{r_T}{r_n} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_T}} \quad (6.40)$$

K_R иссиқлик ўтказишнинг чизикли коэффиценти деб аталади. Агар K нинг қиймати юза бирлигига нисбатан олинса, K_R нинг қиймати труба ўзунлигининг бирлигига нисбатан олинади. Шу сабабли $K_R = [W_T / (м К)]$ ёки $W_T / (м ^\circ C)$ ўлчов бирлигига эга.

Қалин деворли цилиндрсимон юзаларни, жумладан, катта қалинликдаги изоляция қатлами билан қопланган трубаларни ҳисоблашдагина ва тенграмалардан фойдаланилади. Суюқликларнинг деворли трубаларни ҳисоблашда эса юқоридаги тенграмалардан фойдаланиш мумкин.

6.6. Иссиқлик жараёнларининг ҳаракатлантирувчи кучи

Муҳитлар ҳарорати ўртасида бирор фарқ бўлгандагина иссиқлик ҳарорати юқори бўлган муҳитдан ҳарорати паст бўлган муҳитга ўтади. Бундай ҳароратлар фарқи иссиқлик алмашилиш юзаси бўйлаб ўзгаради, яъни улар бир хил қийматга эга бўлмайди. Шу сабабли иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳисоблашда ўртача ҳароратлар фарқи $\Delta t_{\text{ўр}}$ деган тушунча ишлатилади. Муҳитларнинг ўртача ҳароратлар фарқи иссиқлик алмашилиш жараёнларининг ҳаракатлантирувчи кучи деб юритилади.

Суюқликлар ҳароратларининг иссиқлик алмашиниш юзаси бўйича ўзгариши муҳитларнинг ўзаро йўналишига боғлиқ. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқ ва совуқ суюқликлар ўзаро параллел, қарама-қарши ёки ўзаро кесишган бўлиши мумкин.

Булардан ташқари амалда иссиқлик ташувчи агентларнинг анча мураккаб тасвирлари ҳам учрайди. Иссиқлик ташувчи агентларнинг йўналиши бир ёки қарама-қарши томонга йўналган бўлганда ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги тенглама билан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ki}}{2,3lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ki}}} \quad (6.41)$$

бу ерда t_{ka} ва t_{ki} — иссиқлик алмашиниш қурилмасининг четларидаги ҳароратларининг катта ва кичик фарқлари, ҳароратларнинг бу фарқлари қуйидагича аниқланади:

$$\Delta t_{ka} = t'_1 - t'_2; \quad \Delta t_{ki} = t''_1 - t''_2;$$

$$\Delta t_{ka} = t''_1 - t'_2; \quad \Delta t_{ki} = t'_1 - t''_2;$$

Агар $\Delta t_{ka}/\Delta t_{ki} < 2$ бўлса, ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги тенглама билан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{ka} + \Delta t_{ki})}{2} \quad (6.42)$$

Бундай ҳисоблашда хатолик 4 % дан ортмайди. Тенгламадан кўришиб турибдики, агар $t_{ka}=0$ ва $t_{ki}=0$ бўлса, унда $\Delta t_{yp}=0$ агар $\Delta t_{ka} = \Delta t_{ki}$ бўлса:

$$\Delta t_{yp} = \Delta t_{ka} = \Delta t_{ki}$$

Агарда иссиқлик ташувчи агентлардан бирининг ҳарорати юза бўйича ўзгармаса (тўйинган буғнинг конденсацияланиши, суюқликнинг қайнаши), бундай шароитда Δt_{yp} - нинг қиймати ёки тенгламалар бўйича ҳисобланади. Агар иссиқлик ташувчи агентларнинг йўналиши ўзаро кесишса, ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги тенглама билан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ki}}{2,3lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ki}}} \quad (6.43)$$

бу ерда $\varepsilon_{\Delta t}$ — муҳитларнинг ҳароратлари нисбатига боғлиқ бўлган коэффициент. Бу коэффициентнинг қиймати тегишли адабиётларда келтиралади.

6.7. Иссиқлик ўтказиш жараёнларининг интенсивлаш

Кимё саноатидаги кўпчилик жараёнлар иссиқлик таъсирида боради ва бундай жараёнларни амалга ошириш учун турли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишлатилади. Ишлаб чиқаришнинг қувватини ошириш учун иссиқлик алмашиниш қурилмалари самарали ишлаши, содда бўлиши ва маҳсулот сифатига ёмон таъсир кўрсатмаслиги керак. Бундан ташқари, иссиқлик қурилмаларини тайёрлаш учун кам металл сарф бўлиши лозим. Бундай масалаларни ҳал қилиш учун иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш зарур.

Иссиқлик жараёнларини интенсивлаш қурилмалар иш унумдорлигини оширишга, уларнинг ўлчамини кичрайтиришга, ишлаб чиқариш хоналарининг сахнини камайтиришга олиб келади. Бу нарса ўз навбатида иссиқлик қурилмаларини ишлатиш ва уларни ремонт қилиш учун кетаётган сарфларни камайтиради, битта ишчига тўрри келадиган маҳсулот миқдорини оширади ва хоказо. Иссиқлик жараёнлари тезлатилганда материални иситиш учун кетаётган вақт камаяди, бу ҳол эса маҳсулот сифатини пасайтиришга олиб келмаслиги лозим.

Текис деворлар учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини топишдаги қуйидаги тенгламани анализ қилиб кўрамиз:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.44)$$

Деворнинг термик қаршилигини камайтириш учун девор қалинлиги δ ни камайтириш ва девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига λ ни кўпайтириш керак. Конвектив иссиқлик

алмашинишини (α_1 ва α_2) интенсивлаш учун суюқликни аралаштириш ва оқимнинг тезлигини ошириш зарур. Агар иссиқлик нурланиш орқали тарқалаётган бўлса, нур чиқараётган юзанинг қоралилик даражасини ва унинг ҳароратини ошириш мақсадга мувофиқдир. Агар текис деворнинг термик қаршилиги ҳисобга олинмаса бунда юқорида берилган тенглама қуйидаги кўринишни олади;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (6.45)$$

тенгламадан кўришиб турибдики, K нинг қиймати ҳар доим α нинг энг кичик қийматидан ҳам кам бўлади.

Агар $\alpha_1 = 40 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$, $\alpha_2 = 5000 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ бўлса, у ҳолда

$K = 39,7 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ бўлади. α_2 қийматнинг ортиши K нинг қийматига таъсир

қилмайди. $\alpha_1 = 40 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ ва $\alpha_1 = 10000 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ бўлганда $K = 39,8 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$

бўлади. K нинг қийматини анчагина ошириш учун кичик қийматли α нинг қийматини (бизнинг мисолда α_1 нинг қийматини) ўзгартириш лозим.

Агар $\alpha_2 = 5000$ ва $\alpha_1 = 80$ бўлса, $K = 78,8 \frac{Вт}{(м_2 \cdot К)}$; $\alpha_1 = 200$ деб олинса, $K = 192$

$\frac{Вт}{(м_2 \cdot К)}$.

Демак, $\alpha_1 \ll \alpha_2$ бўлса, жараёни интенсивлаш учун фақат α_1 нинг қийматини ошириш лозим экан. Агар $\alpha_1 \approx \alpha_2$ бўлса, бундай иссиқлик алмашиниш жараёнини тезлатиш учун иккала α_1 , ва α_2 , нинг қийматларини ҳам ошириш мақсадга мувофиқдир.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларини қуйидаги усуллар ёрдамида интенсивлаш мумкин; 1) иссиқлик ташувчи агентларнинг тезлигини

кўпайтириш; 2) иситиш юзасини даврий равишда тозалаб туриш; 3) асосий суюқлик оқимини пулрсацион тебранишлар орқали юбориш; 4) суюқлик оқимига ҳавони хайдаш; 5) суюқликнинг юпқа қатламли ҳаракатини ташкил қилиш ва бошқалар. Ҳар бир конкрет шароит учун интенсивлашнинг тегишли усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

6.8. Исситиш, совитиш ва конденсациялаш

Кимё ва озиқ-овқат саноатида суюқлик ва газларни иситиш ва совитиш, буғларни конденсациялаш каби иссиқлик жараёнлари кенг тарқалган. Бундай жараёнлар иссиқлик алмашилиш қурилмаларида амалга оширилади.

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида катнашувчи моддалар **иссиқлик ташувчи агентлар** деб юритилади. Юқори ҳароратга эга бўлиб, ўзидан иссиқликни иситилаётган муҳитга берувчи моддалар **иситувчи агентлар** деб юритилади. Совитилаётган муҳитга нисбатан паст ҳароратга эга бўлган ва ўзига муҳитдан иссиқликни олувчи моддалар **совитувчи агентлар** деб аталади.

Кимёвий технологияда кўпинча бевосита иссиқлик манбаи сифатида ёқилғиларнинг ёнишидан ҳосил бўлган газлар ва электр энергияси ишлатилади. Бундай бевосита иссиқлик манбаларидан иссиқлик олиб, ўзининг иссиқлигини қурилмаларнинг деворлари орқали иситилаётган муҳитга берувчи моддалар оралик иссиқлик ташувчи агентлар деб аталади.

Оралик иссиқлик ташувчи агентлар қаторига сув буғи, иссиқ сув ва юқори ҳароратли иссиқлик ташувчи моддалар (қиздирилган сув, минерал мойлар, органик суюқликлар ва уларнинг буғлари, суюлтирилган тузлар, суюқ металллар ва уларнинг қотишмалари) киради.

Оддий ҳароратгача ($10\div 30^{\circ}\text{C}$) совитиш учун сув ва ҳаво каби совитувчи агентлар кенг ишлатилади.

Иссиқлик ташувчи агентларни танлашда уларнинг қуйидаги хоссаларига аҳамият бериш керак: 1) керакли муҳитни иситиш ёки совитиш даражаси ва уни бошқариш; 2) минимал массавий ва ҳажмий сарфларда юқори иссиқлик алмашилиш тезлигига эришиш; 3) қовушоқлиги кам, зичлик, иссиқлик сиғими

ва буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги юқори; 4) ёнмайдиган, зарарсиз, иссиқликка чидамли бўлгани маъқул; 5) иссиқлик алмашилиш қурилмаси тайёрланган материални бузмаслиги керак; 6) камёб бўлмаслиги ва арзон бўлиши зарур.

Кўпчилик шароитларда иситувчи агентлар сифатида ишлаб чиқаришдан чиқаётган маҳсулотлар, ярим маҳсулотлар ва чиқиндиларнинг иссиқликларидан фойдаланиш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир.

Сув буғи билан иситиш. Саноатда иситувчи агент сифатида тўйинган сув буғи кенг ишлатилади. Сув буғи бир қатор афзалликларга эга. Буғнинг конденсацияланишида катта миқдорда иссиқлик ажралади, чунки буғнинг конденсацияниш иссиқлиги $9,8 \cdot 10^4$ Па босимда $2,26 \cdot 10^6$ Ж/кг га тенг. Конденсацияланган буғ орқали иссиқлик бериш коэффициенти юқори $\alpha = 10^4 \div 1,2 \cdot 10^4$ Вт/(м²·К). Натижада иситиш учун жуда кам юза талаб қилинади.

Тўйинган сув буғи маълум бир босимда бир хил ҳароратда конденсацияланади, бу унинг катта афзаллиги ҳисобланади. Натижада тегишли иситиш ҳароратсини жуда аниқ ушлаб туриш имконияти пайдо бўлади. Керак бўлган шароитда буғнинг босимини ўзгартириш йули билан иситиш даражасини бошқариш мумкин. Буғ конденсатидан фойдаланиш натижасида ҳам иситувчи қурилмаларнинг фойдали иш коэффициенти анча юқори бўлади. Сув буғи ёнмайди ва ундан фойдаланиш анча қулай. Сув буғининг ҳарорати ортиши билан унинг босими ҳам ортади. Бу ҳол сув буғининг асосий камчилигидир. Шу сабабли амалда тўйинган сув буғи ёрдамида фақат $150 \div 180^\circ\text{C}$ гача иситиш мумкин (бунда босим $0,5 \div 1,2$ МПа га тенг бўлади). Катта босимли буғни ишлатиш учун қалин деворли ва қимматбаҳо қурилмалар керак бўлади.

Ўткир буғ билан иситиш. Бунда сув буғи тўғридан-тўғри иситилаётган суюқликка киритилади. Буғнинг конденсацияланишида ажралиб чиқаётган иссиқлик суюқликка ўтади, ҳосил бўлган конденсат эса суюқлик билан аралашади. Суюқликни бир пайтнинг ўзида иситиш ва аралаштириш учун барботёр (майда тешиклари бўлган труба) орқали сув буғи юборилади. Ўткир буғ билан иситиш жараёнида иситилаётган суюқлик конденсат ҳисобига анча

суюлтирилади. Шу сабабли одатда ўткир буғ сув ва сувли эритмаларни иситиш учун ишлатилади.

Суюқликларни иситиш учун керак бўлган ўткир буғнинг сарфи қуйидаги иссиқлик баланси орқали топилади:

$$Gct_1 = DJ_6 = Gct_2 + Dc_k t_2 + Q_{\text{й}} \quad (6.46)$$

бу ерда G – иситилаётган суюқлик миқдори, кг/с; D – иситувчи буғнинг сарфи, кг/с; c – иситилаётган суюқликнинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); t_1, t_2 – суюқликнинг иситишдан олдинги ва кейинги ҳароратлари, К; J_6 – иситувчи буғнинг солиштирма иссиқлик энтальпияси (иссиқлик ушлаши), Ж/кг; c_k – конденсатнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); $Q_{\text{й}}$ – қурилманинг атроф муҳитга йўқотган иссиқлиги, Вт (сарф бўлган иссиқликнинг 3÷5% ни ташкил этади).

Бундан ўткир буғнинг сарфи:

$$D = \frac{Gc(t_2 - t_1) + Q_{\text{й}}}{J_6 - c_k t_2} \quad (6.47)$$

Кучсиз буғ билан иситиш. Бунда иссиқлик буғдан суюқлик бирор ажратувчи девор (масалан, қобикли ва змеевикли қурилмаларда) орқали ўтади. Иситувчи буғ тўла конденсацияланади ва у қурилманинг иситиш бўшлиғидан конденсат сифатида чиқарилади. Конденсат ҳароратини буғнинг тўйиниш ҳароратига тенг деб олиш мумкин.

Кучсиз буғнинг сарфи қуйидаги иссиқлик балансидан топилади:

$$G c t_1 + D I_6 = G c t_2 + D I_k + Q_{\text{й}} \quad (6.48)$$

ёки
$$D = \frac{Gc(t_2 - t_1) + Q_{\text{й}}}{J_6 - J_k}$$

буерда I_k – конденсат энтальпияси.

Иссиқ сув билан иситиш. Иссиқ сув ёрдамида одатда 100°C гача иситиш мумкин. 100°C дан юқори ҳароратда иситиш учун юқори босимли иссиқ сув ишлатилади. Баъзан иситиш учун сув буғининг конденсатидан фойдаланилади. Иссиқ сув тутун газлари билан иситиладиган сув иситувчи қозонларда ва буғ ёрдамида ишлайдиган иситкичлар (бойлейлар) да олинади.

Иссиқ сув билан иситиш бир қаторда камчиликларга эга. Иссиқ сув орқали иссиқлик бериш коэффиценти конденсацияланаётган буғ орқали иссиқлик бериш коэффиценти нисбатан анча кам. Иссиқлик алмашилиш юзаси бўйлаб иссиқ сувнинг ҳарорати ўзгариб боради, бу ҳол эса бир текисда иситишни ташкил қилиш ва иситиш жараёнини бошқаришни қийинлаштиради. Айрим шароитларда юқори ҳароратларгача иситиш учун ўта қиздирилган сув ишлатилади. Бундай сув иситувчи агент сифатида критик босимларда (22 МПа) ишлатилади. Бундай критик босимга 347°C ҳарорат тўғри келади. Шу сабабли ўта қиздирилган сув ёрдамида материалларни тахминан 350°C гача иситиш мумкин. Бунда иситиш юқори босимни ишлатиш билан боғлиқ бўлганлиги сабабли қурилмаси мураккаблашади ва у қиммат туради.

Ўта қиздирилган сув ёки бошқа суюқ ҳолатдаги иссиқлик ташувчи агентлар ёрдамида иситиш табиий ёки мажбурий циркуляция билан ишлайдиган қурилмаларда олиб борилади.

Тутун газлари билан иситиш

Тутун газлари билан иситиш турли саноат соҳаларида анча вақтдан бери қўлланилиб келинаётган усуллардан биридир. Тутун газлари суюқ, газсимон ва қаттиқ ёқилгиларни махсус ўтхоналарида ёндириш натижасида ҳосил бўлади. Ушбу газлар ёрдамида 1000...1100°C температурагача иситиш мумкин.

Тутун газлари ёрдамида иситишнинг камчиликлари: кичик иссиқлик бериш коэффиценти [35...60 Вт/(м² · К)]; температураларининг фарқи жуда катта ва иситиш жараёни бир текисда эмас; температуранинг ростлаш мураккаб; қурилма деворларининг оксидланиши ва тутун таркибида зарарли моддаларнинг борлиги, ушбу усулни озиқ-овқат маҳсулотларини қайта ишлашда қўллаш мумкин эмас.

Лекин, кимё саноатида тутун газларини қўллаш катта самара беради, чунки ушбу газларни ишлатишда қўшимча ёқилғи талаб этилмайди. Шунинг учун тутун газларини иситиш жараёнида қўллаш иқтисодий жиҳатдан жуда фойдалидир.

Юқори температурали органик суюқлик ва уларнинг буғлари билан иситиш

Ушбу гуруҳ иссиқлик элткичларига куйидаги органик моддалар киради: глицерин, этиленгликоль, нафталин, дифенил эфири, дифенилметан, дитолилметан, дифенил ва полифенолларни хлорлаш маҳсулотлари, минерал мойлар, тетрахлордифенил, кремний органик бирикмалар ва ҳоказолар.

Саноатда энг кенг тарқалган юқори температурали органик суюқликлардан бири дифенил аралашма (26,5 - дифенил ва 73,5% - дифенил эфири) сидир. Ушбу иссиқлик элткич циркуляцион усулда иситиш учун ишлатилади ва эркин циркуляция шароитида иссиқлик бериш коэффициенти 200...350 Вт/(м²·К).

Дифенил аралашмасининг асосий афзалликларидан бири шундаки, юқори босим ишлатмасдан туриб юқори температуралар олиш мумкинлигидир. Масалан, 300°С температурада сув буғининг босими 87,6 ат бўлса, дифенил аралашмасида эса - атиги 2,4 ат.

Ушбу гуруҳдаги органик суюқликлар ёрдамида 250...400°С температурагача иситиш мумкин.

Сув ёки бошқа иссиқлик элткичнинг иситиш учун кетган сарфи иссиқлик балансидан аниқланади:

$$G_c c_c t_{c\bar{o}} + G_m c_m t_{m\bar{o}} = G_c c_c t_{c\text{мох}} + Q_{\text{ўқ}} \quad (6.49)$$

бу ерда G_c ва G_m - сув ва маҳсулотнинг массавий сарфлари, кг/соат; c_c ва c_m - сув ва маҳсулотнинг иссиқлик сиғимлари, кЖ/(кг·К); $t_{c\bar{o}}$ ва $t_{m\bar{o}}$ - сув ва маҳсулотнинг бошланғич температуралари, °С; $t_{c\text{мох}}$ ва $t_{m\text{мох}}$ - сув ва маҳсулотнинг чиқишдаги температуралари, °С; $Q_{\text{ўқ}}$ - атроф муҳитга иссиқликнинг

йўқотилиши, кЖ/соат.

(13.4) дан сувнинг сарфини топиш мумкин:

$$G_c = \frac{G_m c_m (t_{mox} - t_{m\bar{o}}) + Q_{\dot{y}uk}}{c_c (t_{c\bar{o}} - t_{cox})} \quad (6.50)$$

Электр токи билан иситиш

Электр токи ёрдамида материалларни жуда катта температура оралиғида иситиш, зарур температурани ушлаб туриш ва осон ростлаш мумкин. Ундан ташқари, электр иситиш мосламалари содда, ихчам, ишлатиш ва таъмирлаш қулайдир. Лекин, электр токи билан иситиш анча қиммат.

Электр токини иссиқлик энергиясига айлантириш усулига караб ушбу усул бир неча турга бўлинади: электр қаршилиги ёрдамида иситиш, индукцион иситиш, юқори частотали иситиш, электр ёйи билан иситиш.

Электр қаршилиги ёрдамида 1000...1100⁰С гача иситиш мумкин. Атроф-муҳитга иссиқлик йўқотилишини бартараф қилиш учун ўтхона иссиқлик қопламаси билан ўралади. ўтхонанинг асосий иситиш элементлари сим ёки лентасимон қилиб нихром қотишмасидан ясалади.

Индукцион иситиш қурилма девори қалинлигида ўзгарувчан ток майдони таъсирида фойдали иш коэффиценти уюрмавий тоқлари ҳосил бўлади ва улар иссиқлик ажралиб чиқишга сабабчи бўлади.

Ушбу усулда бир текисда иситиш мумкин. Одатда индукцион иситишда 400⁰С температурага эришиш ва керакли температурани юқори аниқликда ушлаб туриш мумкин.

Бу усулнинг камчиликларидан бири – бу унинг қимматлиги. Иситишни арзонлаштириш учун комбинациялашган усулдан фойдаланилади. Бунинг учун маҳсулот тўйинган сув буғи ёрдамида 180⁰С гача қиздирилади ва ундан кейин индукцион усулда керакли температурагача иситилади.

Юқори частотали иситиш. Ушбу усулда электр токи ўтказмайдиган материллар иситилади, шунинг учун ҳам *диэлектрик усул* деб номланади.

Юқори частотали иситгичнинг ишлаш принципи қуйидагича: ўзгарувчан электр майдонига жойлаштирилган материал молекулалари майдон частотаси билан тебранма ҳаракат қила бошлайди ва қутбланади. Материал молекулаларининг тебранма ҳаракат энергияси диэлектрик молекулалари орасидаги ишқаланиш кучини енгишга сарфланади ва материал массасида иссиқликка айланади. Ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдори ток частотаси ва кучланиш квадратига пропорционалдир. Иситиш бу усулда бир текисда бўлади. Ундан ташқари, иситиш температураси осон ва аниқ ростланади. Лекин, бу турдаги иситгичлар мураккаб ва уларнинг фойдали иш коэффиценти жуда паст бўлади. Ушбу усулда ишлайдиган иситгичларда $1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^8$ Гц частотали тоқлар қўлланилади.

Электр тоқи ёрдамида иситиш жараёнида ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори иссиқлик балансида топилади:

$$Q_s + Gct_{\delta} = Gct_{ox} + Q_{iуқ} \quad (6.51)$$

бу ерда Q_s – электр тоқи ўтганда электр иситиш мосламасидан ажралиб чиққан иссиқлик миқдори, кЖ/соат; G – иситилаётган қурилмада қайта ишланаётган махсулот миқдори, кг/соат; c - материал солиштира иссиқлиги, Ж/(кг·К); t_{δ} , t_{ox} – материалнинг бошланғич ва охири температуралари, °С; $Q_{iуқ}$ – атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори, кЖ/соат.

(6.51) тенгламадан

$$Q_s = Gc \cdot (t_{ox} - t_{\delta}) + Q_{iуқ} \quad (6.52)$$

Иситувчи элементлар қуввати эса ушбу ифодадан аниқланади:

$$N = \frac{Q}{3600} \quad (6.53)$$

6.9. Оддий ҳароратларгача совитиш

Тахминан 10-30 °С ларгача совитиш учун энг арзон ва қулай совитувчи агентлар – сув ва ҳаво кенг ишлатилади. Ҳавога нисбатан сувнинг иссиқлик сифими ва иссиқлик бериш коэффициенти катта. Совитиш учун дарё, кўл ва кудуқдан олинган сувлар ишлатилади. Агар сув танқис бўлса, иссиқлик қурилмаларидан қайта чиққан суюқлик очик ҳавзаларда қисман буғлатиш ҳисобига ёки градирняларда ҳаво оқими ёрдамида совутилгандан сўнг қайтадан совитувчи агент сифатида фойдаланилади.

Совитиш даражаси сувнинг бошланғич ҳароратига боғлиқ. Дарё ва кўл сувнинг ҳарорати йил фаслларига кўра 12-25 °С, кудуқ сувлари 8-15 °С, ишлаб чиқаришда ишлатилиб бўлинган сув тахминан 30°С (ёз шароитларида) ҳароратга эга бўлади. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини лойиҳалашда сувнинг ёз пайтига тўғри келадиган ҳарорати олинади. 50°С дан юқори ҳароратда сувнинг таркибида эриган тузлар чўкмага тушиб, иссиқлик алмашиниш қурилмасининг юзасига ўтириб қолади, бу ҳол иссиқлик жараёнларининг самарадорлигини камайтиради. Шу сабабли иссиқлик қурилмаларидан чиқаётган сувнинг ҳарорати 40-50°С дан ошмаслиги зарур.

Совитиш жараёни учун керак бўлган сувнинг сарфи (W , кг/с) иссиқлик баланси тенгламасидан топилади:

$$G c_m (t_6 - t_0) = W c_c (t_2 - t_1) \quad (6.54)$$

Бундан

$$W = \frac{G c_m (t_6 - t_0)}{C_c (t_2 - t_1)} \quad (6.55)$$

бу ерда G – совитилаётган муҳитнинг сарфи, кг/с; C_m – совитилаётган муҳитнинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими Ж/(кг·К); C_c – сувнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); t_6, t_0 – совитилаётган муҳитнинг бошланғич ва охириги ҳарорати, К; t_1, t_2 – совитувчи сувнинг дастлабки ва охириги ҳарорати, К. (13.10) тенгламани тузишда иссиқликнинг атроф муҳитга йўқолиши (Q) ҳисобга олинмаган.

Сув одатда юзали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида (совиткичларда) совитувчи агент сифатида ишлатилади. Бундай совиткичларда сув пастдан юқорига қараб ҳаракат қилади, бундан ташқари, аралаштириш йўли билан ишлайдиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ҳам сув ишлатилади, масалан, совитиш ва намлаш учун газ оқимига сув сочиб берилади.

Агар совитилаётган муҳитнинг ҳарорати атмосфера босимида сувнинг қайнаш ҳароратидан юқори бўлса, бунда совитиш жараёни сувнинг қисман буғланиши билан боради. Бу ҳол совитиш учун сувнинг сарфини камайтиради. Буғланиш билан борадиган совитиш жараёни намлаб турилувчи совиткичда, градирняда ва бошқа иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ишлатилади.

Сувни тежаш ва атроф муҳитни муҳофаза қилиш учун сувдан қайтадан фойдаланиш тизимини жорий этиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бунда сув истеъмоли тежамли бўлади ва оқинди сувлар миқдори камаяди. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ишлатилиб бўлинган сувдан, градирняларда совитилганда сўнг, қайтадан совитувчи агент сифатида фойдаланилади.

Ҳозирги вақтда совитувчи агент сифатида оддий ҳаво ҳам кенг ишлатилмоқда. Иссиқлик алмашинишини яхшилаш учун ҳаво оқими вентилятор ёрдамида мажбурий циркуляция қилинади ва ҳаво оқими томонидан иссиқлик алмашиниш юзаси кўпайтирилади (масалан, қурилмаларнинг юзаси қовурғали қилиб тайёрланади). Тажриба шуни кўрсатдики, саноатда буғни конденсациялаш қурилмаларида мажбурий циркуляцияли ҳаво оқими ёрдамида совитиш сув билан совитишга нисбатан тежамлироқдир. Бундан ташқари, ҳаво билан совитишдан фойдаланиш сувнинг умумий сарфини камайтиради, бу ҳол эса сув ресурслари кам жойлар учун катта аҳамиятга эга.

Ҳаво билан совитишнинг асосий афзалликлари: 1) ҳамма жойда мавжуд бўлган совитувчи агент; 2) совитиш юзасининг ташқи томонини амалий жиҳатдан ифлос қилмайди.

Ҳавонинг совитувчи агент сифатида сувга нисбатан камчиликлари ҳам бор: ҳавонинг иссиқлик бериш коэффициентини кичик ($58 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ гача); ҳавонинг солиштирма иссиқлик сифими нисбатан кам ($1 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$). Шу

сабабдан ҳавонинг массавий сарфи сувнинг сарфига нисбатан 4 маротаба катта бўлади.

Ҳаво совитувчи агент сифатида аралаштириш усули билан ишлайдиган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида (градирняларда) кенг ишлатилмоқда. Градирнялар ичи бўш вертикал қурилма бўлиб, унинг юқориги қисмидан сув сочиб турилади, пастдан юқорига вентилятор ёрдамида ҳаво ҳайдалади. Сув ва ҳаво ўртасидаги контакт юзасини кўпайтириш учун қурилманинг ичига насадкалар жойлаштирилган.

Пастроқ ҳароратгача (масалан, 0°C гача) совитиш учун совитилиши лозим бўлган суюқликка муз ёки совитилган сув қўшилади. Бунда совитилиши лозим бўлган суюқлик суюқлашади. Совитиш учун керак бўлган музнинг миқдори (G_m , кг/с) иссиқлик баланси тенгласидан топилади:

$$G_m (335,2 + c_c t_o) = G c (t_o - t_6); \quad (6.56)$$

Бундан

$$G_m = \frac{G_c (t_o - t_6)}{335,2 + c_c t_o} \quad (6.57)$$

бу ерда G – совитилаётган суюқликнинг массаси, кг/с; c – совитилаётган суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг·К); c_c – сувнинг солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг·К); t_o , t_6 – совитилаётган суюқликнинг охириги ва бошлангич ҳароратлари, К; 335,2 кЖ/(кг·К) – музнинг эриш иссиқлиги.

Муз ёки қора кристалл шаклидаги ош тузи (NaCl) дан қўшилса, бундай аралашманинг эриш ҳарорати 0°C дан паст бўлади ва бу қиймат аралашмадаги тузнинг миқдорига боғлиқ бўлади. Таркибида 29% ош тузи бор муз аралашмаси энг паст ҳарорат (-21,2 °C) га эга бўлади.

Совитиш техникасида оралик совуқ ташувчи агент сифатида туз эритмалари (NaCl ва CaCl₂) ишлатилади.

Анча паст ҳароратгача ($<0^{\circ}\text{C}$) совитиш учун махсус совитувчи агентлар, масалан, паст ҳароратда қайнайдиган аммиак ва хладонлар ишлатилади.

6.10. Буғларни конденсациялаш

Кимё ва озиқ-овқат технологияда буғларни сув ёки совуқ ҳаво ёрдамида совитиш йўли билан конденсациялаш кенг ишлатилади. Буғни конденсациялашдан буғлатиш, вакуум куритиш ва бошқа жараёнларда сийракланиш (ёки вакуум) ҳосил қилиш учун фойдаланилади. Конденсацияланиши лозим бўлган буғ тегишли қурилмадан чиқарилиб, конденсаторга берилади. Конденсаторда буғ сув ёки ҳаво ёрдамида конденсацияланади. Буғнинг конденсацияланишидан ҳосил бўлган конденсатнинг ҳажми буғнинг ҳажмига нисбатан тахминан минг марта кичик, шу сабабли конденсаторда сийракланиш пайдо бўлади. Конденсацияланишнинг ҳарорати пасайиши билан сийракланиш даражаси ортади.

Конденсаторнинг иш ҳажмида, буғнинг конденсацияланиши билан бирга ҳаво ва конденсацияланмайдиган газлар йиғилиб қолади. Натижада конденсацияланмайдиган газнинг парциал босими орта боради, бу ўз навбатида қурилмадаги вакуумни камайтиради. Шу сабабли вакуумнинг қийматини маълум даражада тўтиб туриш учун конденсатордан конденсацияланмай қолган газларни узлуксиз равишда сўриб олиб туриш керак. Бу вазифа вакуум-насос ёрдамида амалга оширилади.

Совитиш усулига кўра аралаштирувчи ва юзали конденсаторлар бўлади. Аралаштирувчи конденсаторда буғ ва совитувчи сув ўзаро тўғридан-тўғри аралашади, Ҳосил бўлган конденсат эса сув билан қўшилиб кетади. Агар конденсацияланиши лозим бўлган буғ қимматбаҳо бўлмаса, бунда жараён аралаштирувчи конденсаторларда олиб борилади. Иссиқлик алмашилини яхшилаш учун совитувчи сув сочиб (пуркаб) берилади, натижада сув ва буғ ўртасидаги контакт юза ортади.

Қурилмадан сув, конденсат ва конденсацияланмай қолган газларни чиқариш усулига кўра хўл ва қуруқ аралаштирувчи конденсаторлар бўлади.

Ҳўл конденсаторлардан сув, конденсат ва газлар битта махсус вакуум-насос ёрдамида чиқариб ташланади. Қуруқ (ёки барометрик) конденсаторлардан сув ва конденсат биргаликда ўз оқими билан чиқиб кетади, газлар эса қуруқ вакуум-насос ёрдамида сўриб олинади.

Юзали конденсаторларда буғ ва совитувчи агент (сув ёки ҳаво) ўртасидаги иссиқлик алмашилиш жараёни девор орқали амалга оширилади. Бундай қурилмаларда буғларнинг конденсланиши совитилиб туриладиган трубаларнинг Ташқи ёки ички юзаларида юз беради. Ҳосил бўлган конденсат ва совитувчи агент қурилмадан алоҳида-алоҳида чиқарилади. Агар конденсат ишлаб чиқариш аҳамиятига эга бўлса, у қайтадан ишлатилиши мумкин.

НАЗОРАТ МУҲОКАМА САВОЛЛАРИ

1. Асосий жараёнлар қандай жараёнларга бўлинади?
2. Ўхшашлик теоремаларини тушунтириб беринг?
3. Эйлернинг дифференциал тенгламасини ёзинг
4. Навье-Стокс дифференциал тенгламасини ёзинг.
5. Бернулли тенгламасини ёзинг.
6. Суюқликларни неча турдаги ҳаракат режимлари бор?
7. Суюқликларни оқиб чиқиш тенгламасини ёзинг.
8. Маҳаллий қаршилик деб нимага айтилади?
9. Умумий гидравлик қаршилик тенгламасини ёзинг.
10. Аралаштириш неча хил усулда олиб борилади?
11. Аралаштиргични қандай турларини биласиз?
12. Турли жинсли системалар нега гуруҳларга бўлинади?
13. Чўктириш деб нимага айтилади?
14. Ажратишда қандай усуллардан фойдаланилади?
15. Чўкиш тезлиги формуласини ёзинг.
16. Суспезия деб нимага айтлади, суспезияларнинг заррачаларини ўлчами қандай бўлади?
17. Эмульсия деб нимага айтилади ва эмульсияларга мисоллар келтиринг?
18. Газсимон системалар неча гуруҳга бўлинади?
19. Туманлар қандай ҳосил бўлади ва конденсацияланиш жараёнини тушунтиринг?

20. Аэродисперс системалар қайсилар?
21. Фильтрлаш деб нимага айтилади?
22. Тарелкали сепараторни тушунтириб беринг.
23. Чўктирувчи ва фильтрловчи центрифуганинг ишлаш принципида қандай фарқ бор?
24. Ультрафильтрлаш жараёнининг моҳияти нимадан иборат?
25. Газларни чанглардан тозалашдан мақсад нима?
26. Газсимон аралашмалар қандай усуллар билан ажратилади?
27. Циклоннинг ишлаш принципини тушунтиринг?
28. Уюрмали чанг ушлагичларни иш принципини тушунтиринг?
29. Ротацион чанг ушлагичларни иш принципини тушунтиринг?
 30. Буғнинг конденсацияланиши деганда нимани тушунасиз?
 31. Совитиш учун қандай агентлар ишлатилади?
 32. Буғни конденсациялаш жараёнининг мазмуни ва унинг аҳамияти.
 33. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларида қандай жараёнлар олиб борилади?
 34. Оралиқ иссиқлик ташувчи агентлар қайсилар?
 35. Оддий ҳароратгача совитиш учун қандай агентлардан фойдаланилади?
 36. Иссиқлик ташувчи агентларни танлашда уларнинг қандай хоссаларига этибор бериш керак?
 37. Иссиқ сув билан иситиш қандай камчиликка эга?
 38. Саноатда қайси тўрдаги қурилмалар кенг тарқалган?
 39. Нима учун саноатда кўпроқ қобик-трубали иссиқлик алмашгичлар ишлатилади?
40. Трубали иссиқлик алмашгичнинг бошқа қандай турлари мавжуд?
41. Пластинали ва спиралсимон иссиқлик алмашгичларнинг афзалликлари нимада?
42. Қандай совитиш қурилмаларини биласиз?
43. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлашда қандай умумий қонуниятларга амал қилиш керак?
44. Ҳаво билан совитиладиган қурилмалар ишлаш принципи қандай?
45. Қиш пайитида конденсацияланган маҳсулотни ўта совиб кетишини олдини олиш учун нима қилиш керак?
46. Конденсацияланиш жараёни деб нимага айтилади?
47. Пластинали ва спиралсимон иссиқлик алмаштиргичларни афзаллиги ва камчилигини айтинг?
48. Лойихалаш учун қандай ҳисоблар бажарилади.
49. Ҳисоблаш учун қандай маълумотлар берилади.
50. Иссиқлик миқдори қандай тенгламадан топилади.
51. Конструктив ҳисоблашнинг мақсади нима?
52. Гидравлик ҳисоблашдан мақсад нима?
53. Иситилаётган муҳитнинг ўртача ҳароратини тенгламасини ёзинг?
54. Совитувчи содда миқдори қандай аниқланади?
55. Буғ сарфи қандай аниқланади?
56. Трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасини ички диаметри қандай топилади?

57. Трубканинг диаметри қандай топилади?
58. Буғлатиш деб нимага айтилади?
59. Бирламчи буғ деб нимага айтилади?
60. Буғлатиш жараёнлари қандай босимларда олиб борилади?
61. Экстра буғ деб нимага айтилади?
62. Бир корпусли буғлатиш қурилмасининг ишлаш принципини айтинг?
63. Кўп корпусли буғлатиш қурилмасининг ишлаш принципи айтинг?
64. Саноатда асосан неча хил буғлатиш қурилмалари кенг тарқалган?
65. Циркуляцион трубали буғлатиш қурилмаларини тушунтиринг.
66. Плёнкали буғлатиш қурилмаларини тушунтиринг.
67. Махсус турдаги буғлатиш қурилмаларини тушунтиринг.
68. Буғлатиш жараёнлари қандай босимларда олиб борилади?
69. Экстра буғ деб нимага айтилади?

ТАЯНЧ СЎЗЛАРГА ИЗОҲ

Абсорбер (*лат*) - абсорбция жараёнини амалга ошириладиган қурилма.

Абсорбция (*лат*) - газ ёки буғ аралашмасидаги моддаларнинг суюқликка ютилиши. Абсорбция жараёни юткич (абсорбент)нинг бутун хажми бўйича юз беради.

Автоклав (*франц*) - қиздириб ва атмосфера босимидан юқори босим остида турли жараёнлар ўтказиладиган қурилма.

Агрегат (*лат*) - машинанинг тўла ўзаро алмашинадиган ва технологик жараёнида маҳлум вазифани бажарадиган йириклашган, унификацияланган элементи ёки биргаликда ишлайдиган бир қанча машиналарнинг механик бирикмаси.

Адсорбентлар (*лат*) - юқори даражада ривожланган сиртида ютилиш жараёни ўтадиган синтетик ва табиий жисмлар (актив кўмир, силикагелр, алюмогелр, табиий актив лойлар).

Адсорбер (*лат*) - адсорбция жараёнини амалга ошириладиган қурилма.

Адсорбция (*лат*) — газ ёки суюқлик аралашмасидаги моддаларнинг қаттиқ жисм сиртига ютилиши.

Аппарат (*лат*) - асбоб, техник қурилма, мослама.

Барботаж (*франц.*) - аралаштириш, суюқлик қатламидан газ ёки буғни босим билан ўтказиш.

Барботёр (*франц.*) - идишнинг ичига сув буғи ёки газ беришга мўлжалланган турли шаклга эга бўлган тешикли труба.

Вакуум (*лат.*) - идишга қамалган, босиматмосфера босимидан анчагина паст бўлган газ ҳолати.

Вакуум-насос (*лат., рус.*) - сийрак газлар (вакуум) ҳосил қилиш мақсадида идишлардан газ ёки буғларни сўриб оладиган қурилма.

Вентил (*нем.*) - трубада ҳаракатланувчи суюқлик, газ ёки буғ бериш миқдорини золотник ёрдамида ростлайдиган беркитиш-очиш мосламаси.

Вентилятор (*лат.*) - хоналарни шомоллатиш, аэроаралашмаларни трубаларда узатишда ҳаво ёки бошқа газларни ҳайдаш учун кичик босим (0,01МПа гача) ҳосил қиладиган қурилма.

Газодувка (*рус.*) - ҳаво ёки бошқа газларни сиқиш ва ҳайдаш учун ўртача босим (0,01 да 0,3 МПа гача) ҳосил қиладиган қурилма.

Гидравлика (*юнон.*) - суюқликларнинг ҳаракати ва мувозанат қонунларини ҳамда бу қонунларни муҳандислик масалаларини ҳал қилишда татбиқ этиш усулларини ўрганувчи фан.

Гидродинамика (*юнон.*) - гидромеханиканинг сиқилмайдиган суюқликлар ҳаракатини ва уларнинг қаттиқ жисмлар билан ўзаро таъсирини ўрганадиган бўлими.

Гидромеханика (*юнон.*) - суюқликнинг мувозанати ва ҳаракатини, шунингдек, суюқликнинг унга ботирилган ёки унда ҳаракатланаётган жисм билан ўзаро таъсирини ўрганади.

Гидростатика (*юнон.*) - гидромеханиканинг қўйилган кучлар таъсирида суюқликларнинг мувозанат шароитларини, шунингдек сокин суюқликларнинг уларга ботирилган жисмларга ва идиш деворларига таъсирини ўрганадиган бўлими.

Градирня (*нем.*) - сувни атмосфера ҳавоси билан совитиш қурилмаси.

Гранулалаш (*лат.*) - моддага майда бўлақлар (гранулалар) шаклини бериш жараёни.

Десорбция (*лат.*) - ютилган моддаларнинг адсорбент, ионит сиртидан ёки абсорбент ҳажмидан чиқариб ташлаш, сорбцияга тескари жараён.

Дистилляция (*лат.*) - кўп компонентли суюқ аралашмаларни қисман буғлатиш ва ҳосил бўлган буғни конденсациялаш йўли билан уларни таркибан фарқ қилувчи фракцияларга ажратиш.

Диффузия (*лат.*) - муҳит зарраларининг ҳаракати; модданинг кўчишига ва муҳитда муайян хилдаги зарралар концентрацияларининг тенглашиши ёки улар концентрацияларининг тенг тақсимланишига сабаб бўлади. Муҳитда макроскопик ҳаракат (масалан, конвекция) бўлмаганда молекулалар (атомлар) диффузияси уларнинг иссиқлик ҳаракатига боғлиқ бўлади; бундай диффузия молекуляр диффузия деб юритилади. Муҳитда ҳарорат, электр майдонлари ва шу кабилар доимо ўзгариб турганда диффузия концентрацияларнинг тегишли градиент бўйича мувозанатли тақсимланишига олиб келади (термодиффузия, электродиффузия ва бошқалар).

Задвижка (*рус.*) - трубопроводдаги оқим миқдорини пона шаклига эга бўлган затвор ёрдамида ростлайдиган беркитиш-очиш мосламаси.

Заслонка (*рус.*) - канал (труба)нинг кесим юзини ўзгартирадиган ҳамда шу йўл билан ундан ўтадиган газ ёки суюқлик массаси ва ҳажмини ростлайдиган мослама.

Компрессор (*лат.*) - ҳаво ёки газни 0,3 МПа ва ундан юқори босим билан сиқадиغان машина.

Конденсат (*лат.*) - газ ёки буғни конденсациялашда ҳосил бўладиган суюқлик.

Конденсатор (*лат.*) - моддаларни совитиш йўли билан газ (буғ) ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтказадиган иссиқлик алмаштиргич.

Кондиционер (*лат.*) – ҳавони кондицирлаш системаларида ҳавога ишлов берадиган ва уни ҳайдайдиган агрегат.

Кран (*голл.*) - трубадаги беркитиш – очиш учун жўмрак. Унинг кўзгалувчан деталлари (тиқини) тешикли айланувчи жисм шаклида бўлиб, суюқлик (газ) оқими йўлини очиш ва беркитишда ўз ўқи атрофида оқим йўналишига перпендикуляр равишда бурилади.

Конвекция (*лат*) - муҳит (газ, суюқлик) макроскопик қисмининг силжиши; масса иссиқлик ва бошқа физик миқдорларининг кўчишига сабаб бўлади. Конвекция муҳитнинг ҳар хил жинслилиги (ҳарорат ва зичлик градиентлари) сабабли юзага келувчи табиий (эркин) ва муҳитга ташқи таъсир (насос, вентилятор ва бошқалар) бўлгандаги мажбурий турларга бўлинади.

Конденсация (*лаг*) - моддаларнинг газсимон ҳолатдан суюқ ёки қаттиқ ҳолатга ўтиши.

Конструкция (*лат*) - бирор қурилма, механизм ва бошқа қисмларнинг тузилиши, жойлашиш тартиби, таркиби.

Контакт (*лат*) - турли ҳолатдаги жисмларнинг бир-бирига туташуви сирти, жойи, зонаси.

Концентрация (*лат*) — эритма, аралашма, қотишма таркибидаги, унинг массаси (ёки ҳажми) бирлигидаги модда миқдори.

Коррозия (*лат*) - қаттиқ жисмларнинг ўз-ўзидан емирилиши; жисм сиртида унинг ташқи муҳит билан ўзаро таъсири туфайли авж олувчи кимёвий ва электрокимёвий жараёнлардан вужудга келади.

Корпус (*лат*) - машина, механизм, асбоб, қурилмаларнинг бошқа деталлар монтаж қилинадиган асосий қисми.

Кристаллизация (*юнон*) - буғлар, эритмалар, эриган металллар, бошқа кристалл ёки аморф ҳолатдаги моддалардан кристалл ҳосил бўлиш жараёни. Кристаллизация бирор чегаравий шароитда, масалан, суюқликнинг ўта совигани ёки буғнинг ўта тўйиниши ҳолатига етганда бошланади.

Машина (*франц.*) — энергия, материаллар ёки информацияни ўзлаштириш мақсадида механик ҳаракат бажарувчи қурилма. Кимёвий технологияда - одатда материал (ёки ишлов бериладиган нарса)нинг шакли, хоссаси, ҳолати, вазиятини ўзгартирадиган қурилма.

Манометр (*юнон.*) - суюқлик ва газ босимини ўлчайдиган асбоб. Бундай асбоблар бир неча турга бўлинади: нолдан (тўла вакуумдан) ҳисобланадиган босимни ўлчайдиган манометрлар; ортиқча босимни яъни абсолют босим атмосфера босимидан катта бўлганда. Атмосфера босимини ўлчаш учун барометрлар, нолга яқин босимларни ўлчаш учун вакуумметрлар ишлатилади.

Насос (*рус.*) - суюқликни босим остида ҳайдайдиган гидромашина.

Процесс (*лат*) - ҳодисаларнинг изчил алмашилиб туриши, бирор нарсанинг тараққиёт ҳолати, жараён.

Патрубок (*рус.*) – асосий труба, резервуар ёки қурилмалардан газ, буғ ёки суюқлик олинадиган қисқа труба.

Рафинация (*франц*) - озик-овқат маҳсулотлари (спирт, ўсимлик мойлари ва бошқалар)ни аралашмалардан тозалаш. Рафинациянинг гидратация, кислота билан ишлаш, ишқорлар билан нейтраллаш, дезодорация ва бошқа усуллари бор. Нодир металлларни тозалаш аффинаж деб аталади.

Реактор (*лат*) - кимёвий реакциялар ўтказиладиган қурилмалар. Саноатда колонна, камера, автоклав ва бошқа номлар билан аталади.

Салрник (*рус.*) – машиналарнинг қўзғалувчи ва қўзғалмас деталлари масалан (шток ва цилиндр) орасидаги тирқишни герметик беркитиб турадиган машина деталли.

Сорбентлар (*лат*) - газ, буғ ва эриган моддаларни ютадиган қаттиқ ёки суюқ моддалар. Газ ва буғни бутун хажмига ютувчи суюқ сорбентлар абсорбентлар дейилади. Ютилаётган газ, буғ ёки эриган моддаларни юзасига тўплайдиган қаттиқ сорбентлар адсорбентлар дейилади. Ион алмашинувчи смолалар (ионитлар) сорбентларнинг алоҳида гуруҳига мансуб.

Сорбция (*лат*) - газ, буғ ёки эриган моддаларни қаттиқ жисм ёки суюқликда ютилиши. Сорбциянинг абсорбция, адсорбция, хемосорбция, ион алмашинувчи сорбция, капилляр конденсация турлари мавжуд. Сорбцион жараёнлар саноатда кимёвий маҳсулотлар, газлар ва бошқаларни тозалашда кенг қўлланилади.

Скруббер (*инг.*) – чангли газларни ювиш йўли билан тозалайдиган қурилма.

Стандарт (*инг*) - норма, андоза, намуна, ўлчам. Кенг маънода бошқа объект (маҳсулот)ларни таққослаш учун дастлабки объект деб қабул қилинган ўзига ўхшаш намуна, эталон, моделр. Стандарт бажарилиши лозим бўлган бир қанча шартлардан иборат ҳужжат ҳолида, катталиклар бирликлари ёки физик константалар ҳолида таққослаш учун бирор предмет ҳолида бўлиши мумкин.

Суспензия (*лат.*) – суюқ дисперсион муҳитли ва заррали броун ҳаракатига тўсқинлик қила оладиган даражада йирик бўлган дисперс фазали турли жинсли системалар.

Технология (*юнон*) - ишлаб чиқариш жараёнида тайёр маҳсулот олиш учун ишлатиладиган хом-ашё, материал ёки ярим фабрикатларнинг ҳолати, хоссаси ва шакллари ўзгартириш, уларга ишлов бериш, тайёрлаш услублари мажмуи; хом-ашё, материал ва ярим фабрикатларга мос ишлаб чиқариш қуроллари таъсир этиш усуллари ҳақидаги фан.

Турбулент оқим (*лат.*) - зарчалари мураккаб траекториялар бўйича турғунлашмаган тартибсиз ҳаракатланадиган суюқлик (ёки газ) оқими. Бундай ҳолатда суюқлик тезлиги ва унинг босими оқимининг ҳар бир нуктасида тартибсиз ўзгаради.

Филтёр (*франц*) - қаттиқ ва суюқ фазали ҳар хил жинсли системани ғовак тўсиқлар билан ўтказиб таркибий қисмларга ажратадиган, қуюлтирадиган ёки тиндирадиган қурилма.

Фланец (*нем.*) - труба, арматура, резервуар, валлар ва бошқаларнинг бирлаштирувчи қисми; одатда, болтлар ёки шпилкалар ўтказиш учун бир текисда жойлашган тешиклари бўлган ясси халқа ёки дискдан иборат.

Форсунка (*инг.*) - суюқликни зарраларга айлантирадиган бир неча тешикли қурилма.

Фаза (*юнон*) - ажратиш сиртлари билан чегараланган ва ташқи куч майдони бўлмаганда ўзининг барча нукталарида бир хил физик хоссалари билан характерланадиган гетероген термодинамик системанинг барча қисмлари мажмуи. Масалан, газларнинг аралашмаси ёки эритма битта фазадан, муз - сув - сув буғи системаси учта фазадан иборат.

Штуцер (*нем.*) - учи резбали бириктириш патрубкеси. Резервуарлар ёки қурилмаларнинг трубаларига ёхут чиқиш патрубокларига пайвандланади, кавшарланади ёки бураб қўйилади. Трубапроводлардаги кичикроқ диаметрли (10 – 20 мм) труба бўлаги штуцер деб аталади; ундан сув ёки ҳавони чиқариб юбориш

учун, шунингдек трубопроводдаги суюқлик босимини ўлчаш мақсадида фойдаланилади.

Эквивалент (*лат.*) – бирор нарсанинг ўрнини боса оладиган ёки унинг ифодаси бўлиб хизмат қиладиган тенг баҳоли, тенг қимматли нарса ёки миқдор.

Эмульсия (*лат.*) – бир суюқликнинг майда томчилари (дисперс фаза) бошқа суюқлик (дисперсион муҳит) да тарқалиши натижасида ҳосил бўлган турли жинсли системалар.

Экстракция (*лат*) — қаттиқ ёки суюқ аралашмани ажратиш усули; бунда уларга коппонентлари бир хилда эримайдиган хар хил эритувчилар билан ишлов берилади. Экстракцияга тескари жараён - реэкстракцияла

Асосий адабиётлар

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г., Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2003. – 644 б.
2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г., Исматуллаев П.Р., Маннонов У.В. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 231 б.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. - Т.: Nisim, 1999. – 351 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1991. - т. 1-2. – 810 с.
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г., Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2003. – 644 б.
7. Салимов З.С., Туйчиев И.С. Химиявий технология жараёнлари ва аппаратлари. – Т.: Ўқитувчи, 1987 – 407 б.
8. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Тошкент. «Ўзбекистон», 1-2 – том, 1994-1995.

9. Нурмухамедов Х.С., Гулямова Н.У., Ниғмаджонов С.К., Туйчиев И.С. Кимёвий технологиянинг гидромеханик, иссиқлик, масса алмашиниш жараёнлари бўйича лаборатория ишлари. -Тошкент, ТашПИ, 1989.– 84 б.
10. Нурмухамедов Х.С., Гуломов Н.У., Исматуллаев П.Р. Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари фанидан тестлар. – Тошкент, 1998. – 3,25 б.т.
11. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г., Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2014. 705 б

МУНДАРИЖА

Кириш	4
I БОБ. АСОСИЙ КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ	
1.2 Асосий жараёнларнинг турлари.....	6
1.2. Жараённинг асосий қонунлари.....	7
1.3. Кимёвий қурилмалар яратиш ва тайёрлаш.....	9
1.4. Ўшашлик теоремалари ва мезонлари.....	11
1.5. Моделлаштиришнинг асосий принциплари.....	16
II БОБ. ГИДРАВЛИКА ВА ГИДРОДИНАМИКА АСОСЛАРИ	
2.1 . Суюқликларнинг асосий физик.....	17
2.2. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.....	23
2.3. Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси.....	24
2.4. Ҳаракатнинг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси.....	26
2.5. Бернулли тенгламаси.....	27
2.6. Гидравлик қаршилиқлар	29
2.7. Суюқликларнинг донасимон қатламдан ўтиши.....	31
2.8. Гидравлик қаршилиқлар.....	33
2.9. Суюқликларнинг донасимон қатламдан ўтиши.....	35
2.10. Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси.....	38
2.11. Донасимон толали материалларнинг мавҳум қайнаши.....	42
2.12. Суюқлик муҳитларида аралаштириш.....	43
2.13. Пневматик аралаштириш.....	46
III БОБ. ТУРЛИ ЖИНСЛИ СИСТЕМАЛАРНИ АЖРАТИШ	
3.1. Турли жинсли системаларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг классификацияси.....	49
3.2 Чўктириш. Чўктириш қурилмалари.....	51
3.3. Филтрлаш ва центрифугалаш.....	54
3.4. Филтрлаш қурилмалари.....	58

3.5. Центрифугалаш қурилмалари.....	60
-------------------------------------	----

IV БОБ. ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ

4.1. Газларни тозалаш.....	64
4.2. Чанг чўктириш камералари	65
4.3. Марказдан қочма куч таъсирида ажратиш.....	67
4.4. Уюрмали варотацион чанг ушлагичлар.....	70
4.5. Газ ювувчи қурилмалар.....	72
4.6. Фильтрлар. Электрофильтрлар.....	78
4.7. Газ тозалаш қурилмаларни танлаш.....	79

V-БОБ. Суюқликларни узатиш

5.1. Суюқликларни узатиш.....	81
5.2. Насосларнинг умумий напори ва сўриш баландлиги.....	83
5.3. Марказдан қочма типдаги насослар.....	85
5.4. Насосларнинг иш ва умумий тавсифи.....	87
5.5. Поршенли насосларнинг тузилиши ва иш принципи.....	89
5.6. Махсус насосларнинг турлари ва иш принципи.....	90
5.7. Газларни сиқиш ва узатиш.....	94
5.8. Поршенли ва роторли компрессорлар.....	97
5.9. Вакуум насослар.....	102
5.10. Насос ва компрессорларни танлаш.....	103

VI БОБ. ИССИҚЛИК УЗАТИШ АСОСЛАРИ

6.1. Иссиқлик алмашилиш жараёни.....	104
6.2. Иссиқликнинг нурланиши.....	107
6.3. Конвектив иссиқлик алмашилиш.....	109
6.4. Иссиқлик беришV жараёни.....	113
6.5. Иссиқликнинг ўтиши.....	116
6.6. Иссиқлик жараёнларининг ҳаракатлантирувчи кучи.....	117
6.7. Иссиқлик ўтказиш жараёнларининг интенсивлаш.....	118
6.8. Исситиш, совитиш ва конденсациялаш.....	119
6.9. Оддий ҳароратларгача совитиш	124
6.10. Буғларни конденсациялаш.....	126
АДАБИЁТ.....	128
МУНДАРИЖА.....	129

Оглавление

Затесь	4
---------------------	----------

Глава I . Методика главных химических процессов

1.2. Виды главных процессов	6
1.2. Законы главных процессов	7

1.3. Создание и подготовка химических оборудований	9
1.4. Теоремы и счисление сходство	11
1.5. Планые принципы моделирование	16
Глава II . Основа гидравлики и гидродинамики	
2.1. Главние физические и свойства жидкости	17
2.2. Главная уровнение гидростатики	
2.3. Дифференциальная уровнение движение жидкости Эйлера	24
2.4. Дифференциальная уровнение движение жидкости Навье-Стокся	26
2.5. Уравнение Бернулли	27
2.6. Гидравление сопративления	29
2.7. Движение жидкостей ерез гранулированного слоя	31
2.8. Гидродинамика слоев абстрактного	33
2.9. Абстрактное	35
2.10. Гидродинамика абстрактного кипящего слоя	38
2.11. Абстрактное кипение гранулированных бибраус материалов	42
2.12. Смешивание в жидких средах	43
2.13. Пневматическое перемешивание	46
Глава III . Разделение из различных гендерных систем	
3.1. Формирование и классификация различных систем горных пород	49
3.2. Сбросы. Самосвальные устройства	51
3.3. Фильтрование и центрифугирование	54
3.4. Фильтрующие устройства	58
3.5. Центробежные устройства	60
Глава IV . Очистка газов	
4.1. Очистка газов	64
4.2. Камеры пылокамеры	65
4.3. Центробежное разделение по эффекту	67
4.4. Поворотный зонд рационально пылящий хандес	70
4.5. Газовые шайбы	72
4.6. Фильтры. Электрические фильтры	78
4.7. Подбор газоочистных устройств	79
Глава V . Перенос жидкостей	
5.1. Перенос жидкостей	81
5.2. Общий на поле и высота прокачки	83
5.3. Центробежный тип насосов	85
5.4. Эксплуатация и общее описание насосов	87
5.5. Устройство и принцип действия поршневых насосов	89
5.6. Типы и принципы работы специальных насосов	90
5.7. Компрессия и перенос газов	94
5.8. Поршневые и роторные компрессоры	97
5.9. Вакуумные насосы	102
5.10. Подбор насосов и компрессоров	103

Глава VI . Основы теплопередачи

6.1. Процесс теплопередачи	104
6.2. Излучение тепла	107
6.3. Конвективный теплообмен	109
6.4. Процесс теплопередачи	113
6.5. Обжигающая жара	116
6.6. Движущая сила тепловых процессов	117
6.7. Интенсификация процессов теплообмена	118
6.8. Нагрев, охлаждение и конденсация	119
6.9. Охлаждения до обычной температуры	124
6.10. Конденсация пара	126
Литература	128
Содержание	129

Contents

Access	4
Chapter I.Properties of basic chemical processes	
1.2. Types of basic pocesses	6
1.2. The basic lowes of the process	7
1.3. Development and manufacture of chemical divices	9
1.4. Theorems and criteria of similarity.....	11
1.5. The basic principles of modeling.....	16
Chapter II. Hydraulics and hydrodynamic bases	
2.1. The basic physics of liquids.....	17
2.2. The basic equation of hydrostatics.....	23
2.3. Euler differential equation of fluid motion	24
2.4. Navye-Stoks differential equation of motion.....	26
2.5. Equation of Bernulli	27
2.6. Hydranlic resistance.....	29
2.7. Fluid transfer from the granular layer.....	31
2.8. Hydranlic resistance.....	33
2.9. Fluid transfer from the granular layer	35
2.10. Hydronamics of the abstract boiling layer	38
2.11. Abstract boiling of granular bibraus materials	42
2.12. Mixing in liquid environments	43
2.13. Pnevmatic stirring	46
Chapter III. Separation of different gender systems	
3.1. Formation and classification of different rocks systems.....	49
3.2. Dumping. Dumping devices	51
3.3. Filtering and centrifugation	54
3.4 Filtering devices.....	58

3.5. Centrifugal devices	60
Chapter IV. Cleaning of gases	
4.1. Cleaning of gases	64
4.2. Dust chambers cameras	65
4.3. Centrifugal separation by effect.....	67
4.4. Rotary cend rationally dusting handees	70
4.5. Gas washers	72
4.6. Filters. Elektrofilters	78
4.7. Selection of gas cleaning devices	79
Chapter V. Transfer of fluids	
5.1. Transfer of fluids	81
5.2. Common on the field and pumping height	83
5.3. Centrifugal type of pumps	85
5.4. Operation and general description of pumps	87
5.5. Structure and operation principle of piston pumps.....	89
5.6. Types and operation principles of special pumps	90
5.7. Compression and transfer of gases.....	94
5.8. Piston and rotor compressors.....	97
5.9. Vacuum pumps	102
5.10. Selection of pumps and compressors.....	103
Chapter VI. Basics of heat transfer	
6.1. Heat transfer process.....	104
6.2. Radiation of heat.....	107
6.3. Convective heat exchange	109
6.4. Heat transfer process.....	113
6.5. The firing heat.....	116
6.6. The driving firce of thermal processes	117
6.7. Intensification of heat transfer processes.....	118
6.8. Heating, cooling and condensation.....	119
6.9. Cooling to do usual teperatures	124
6.10. Condensation of steam.....	126
Literature.....	128
Contents	129

НИШОНОВА М.М.

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯНИНГ
ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

УЎҚ: 245.11.329
КБК: 24.5(5)У-6/02
Н-12

Тақриғи:

- Фирғона политехника институтининг "ЭЭУ" кафедрасининг доцентини, техника фанлари номзодини Қ.Ахунбаева

Тузуғи: М.М. Имомнова Қиёмёвий технологиясининг жарайбларини ва куралмаларини: Ҳуқуқ хўлашма. –Тошкент-2019, –184 б.

Ушбу Ҳуқуқ хўлашма-5311000. "Технология жарайблар ва ишлаб чиқаришнинг автоматлаштирилиши ва бошқарилиши" йўналишини таъбааларини устуун мўжабатланган бўлиб Ҳуқуқ ресмида кўда тутқилган мавзуларини ўч ачига олаган. Асосий қиёмёвий жарайбларининг хоссаларини, гидравлика ва гидродинамикана асосларини, турли жинсли системаларини ажратини, газларини тозалаш, газларини тозалаш хоссада тушунарини тархда маълумотлар келтирилган. Ушбу Ҳуқуқ хўлашма б бошлан иборат бўлган бўлиб , қиёмёвий технологиясининг жарайбларини тўғрисида тулқ маълумот берилган . Қиёмёвий технологиясини сохасда фаннинг кўрсатилган барча мутахассислар учун фойдалини бўлашни мумкин.

Институт услубий кенгаши тўмонидан тасдиқланган Байр № « »
Йил.

ISBN: 9789943568440

Архитектурные и практические схемы, механические, гидро-механические тепловые и метаболитические процессы, современной методики ускоренной и альтернативный контроль механические процессы показаны.

Theoretical and practical networks, of mechanical, hydro-mechanical, heat and metabolic processes, modern methods of accelerating and alternative control of technological processes are shown.

Механика, гидромеханика, механика ва молада алмашнинг жарайбларининг назарий ва амалий томонларини, технология жарайбларини замонавий усуллар билан таъминати ва муқобил бошқаришнинг йўлларини ҳам кўрсатилган.

Ишпонова М.М.

Кимёвий технологиянинг жараёнлари ва қурилмалари

фанидан ўқув қўлланма

Тех.муҳаррир:
Дизайнер:

Р.Аҳмедов
Н.Шаҳобиддинова

Босишга рухсат этилди: 2019 й.Нашириёт босма таъботи – 11,5.
Шартли босма таъботи –5,75. Бичими 84x108 1/16.

Аҳдаи 100. Бунёдига № 191.
Баласон келишилган нарҳда.

«Poligraf Super Services» МЧЖ

150114, Фарғона вилояти, Фарғона шаҳар, Амирсаноўлар кўчаси 2-уй

ISSN 07899413568440



9 789941 568440

TOHIKEHT 2019

