

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК - ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

“Технологик машина ва
жиҳозлар” кафедраси

АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР
ВА АППАРАТЛАР
фанидан

МАЪРУЗАЛАР МАТНИ
(I қисм)

Наманган – 2006

Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар. Маъруза материаллари.

Маъруза материаллари 5140900 - Касб таълими (Озиқ-овқат технологияси) йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун йўналишнинг Ўзбекистон Республикаси Олий таълим Стандарти талаблари ва ўқув режасига мувофиқ ҳолда ёзилди.

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

Муаллифлар:

т.ф.н., доц. Худайбердиев А.А;
катта ўқитувчи Н.М.Қурбонов;
ассистент З. Дехқонов.

Такризчилар:

т.ф.д., проф. Ғафуров Қ. (НамМПИ)
т.ф.н., доц. Юнусов И.И. (ТошКТИ)
к.ф.н., доц. Абдуллаев О.Г.(НамДУ)

Маъруза материаллари НамМПИ “Технологик машиналар ва жиҳозлар” кафедрасининг 2006 йил “____” _____даги ____ -сонли йиғилишида муҳокама қилинган ва институт Илмий-услубий кенгашига кўриб чиқиш учун тавсия этилган.

Мазкур маъруза материаллари Наманган муҳандислик-педагогика институтининг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилган (2006 йил “____” _____, баён № ____ , регистрация рақами _____) ва ўқув жараёнида фойдаланиш учун тавсия этилган.

Кириш

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

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

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

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

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

Маъруза материаллари 5140900 - Касб таълими (Озиқ-овқат технологияси) йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун йўналишнинг Ўзбекистон Республикаси Олий таълим Стандарти талабларига ва ўқув режасида белгиланган «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани дастурига мувофиқ ҳолда ёзилди.

1-мавзу: Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар фанининг мазмуни ва вазифалари

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

Кейинги йилларда озиқ-овқат саноати интенсив ривожланмоқда. Озиқ-овқат маҳсулотларини қайта ишлаш ва сақлаш технологияси жараёнларининг мазмуни (моҳияти) ҳақидаги тасаввурлар кенгайди. Саноат амалиётида фундаментал билимлар аҳамияти кўпроқ тан олинмоқда. Биокимё, биофизика, физика, иссиқлик ва масса ўтказиш, физик-кимёвий механика ва амалий математика соҳаларида эришилган

фундаментал ютуқлар озиқ-овқат технологияси жараёнларининг кечиш механизмларини кимёвий ва биокимёвий реакциялар билан боғлиқ ҳолда ўрганиш ва миқдорий жиҳатдан кенгроқ тушунтириш имконини беради. Шу сабабдан, озиқ-овқат технологияси жараёнларини ишлаб чиқиш янги фундаментал босқичга кўтарилмоқда.

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

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

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

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

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

Шундай қилиб, озиқ-овқат технологиясининг турли соҳалари учун умумий бўлган жараёнлар ва қурилмалар **асосий жараёнлар ва аппаратлар** деб юритилади.

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

Озиқ-овқат технологиясининг назарий ва амалий масалалари ечимини топиш жараёнида замонавий ҳисоблаш техникасидан фойдаланиш зарурияти жараёнларни **математик моделлаштириш** ва **системали таҳлил қилиш усуллари**ни қўллашни тақазо этади. Бу эса ўз навбатида, жараёнлар ва қурилмалар фани ютуқлари асосида, **кимёвий кибернетика** йўналишининг пайдо бўлишига олиб келди.

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

Технологик жараёнларнинг асосий турлари

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

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

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

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

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

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

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

Комбинацияланган (ёки аралаш структурали) жараёнларни кўплаб босқичлари узлуксиз, уларнинг айримлари эса даврий равишда амалга оширилади. Мисол учун, турли хил консерва маҳсулотлари тайёрлаш жараёнларини кўрайлик. Хом-ашёни ювиш, унга дастлабки иссиқлик ишлови бериш, идишларга жойлаш, намакоб қуйиш, қопқоқлаш каби қатор жараёнлар узлуксиз равишда (конвейерда) бажарилади. Қопқоқланган маҳсулотни ёпиқ автоклавда, юқори ҳарорат остида, стериллаш жараёни эса даврий усулда амалга оширилади.

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

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

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

бу ерда x, y ва z - система координатлари.

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

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

бу ерда τ - жараён даври.

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

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

Ушбу боғлиқлик барча жараёнлар учун умумий бўлган тенглама шаклида қуйидагича ёзилади

$$J = \Delta x / R = k \Delta X, \quad (1-3)$$

бу ерда J - жараён тезлиги (интенсивлиги); Δx - жараённи ҳаракатга келтирувчи куч; R - жараённи амалга оширишга кўрсатиладиган қаршилик; k - ўтказувчанлик коэффиценти, қаршиликка тесқари бўлган катталиқ.

Шундай қилиб, озик-овқат технологиясининг барча жараёнлари, уларни ҳаракатлантирувчи куч табиатига кўра, қуйидаги асосий гуруҳларга мужассамланади:

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

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

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

Иссиқлик алмашилиш жараёнлари асосида ҳароратлар фарқи мавжуд бўлганда иссиқ жисмдан (муҳитдан) совуқ жисмга иссиқлик ўтказиш қонунлари ётади. Ушбу жараёнлар гуруҳига иситиш, совутиш, буғлатиш, буғларни конденсациялаш ва сунъий совуқ ҳосил қилиш каби жараёнларни киритиш мумкин. Иссиқлик алмашилиш жараёнлари тезлиги ишчи муҳитларнинг гидродинамик режимларига боғлиқ бўлади. Ишчи муҳитларнинг ҳароратлари ўртасидаги фарқ жараённи ҳаракатга келтирувчи куч ҳисобланади.

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

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

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

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

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

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

2-мавзу: Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари

Ҳар бир фан аниқ назарий асосларга суянади, услубиёт бирлигига ва илмий материалларни тушунтиришнинг мантикий кетма-кетлигига эга бўлади. «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанининг назарий асослари бўлиб, табиатни қуйидаги учта асосий қонунлари саналади.

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

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

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

Модданинг сақланиш қонуни

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

бу ерда: $Q = f v$ ёки $G = f v \rho$; ρ_1 ва ρ_2 – оқимдаги моддаларнинг зичликлари, $\text{кг}/\text{м}^3$.

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

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

Маҳсулот ишлаб чиқариш турининг иерархиявий структураси бўйича моддий баланс тенгламалари қурилманинг бир қисмида кечаётган жараён учун, қурилманинг

барча қисмларида кечаётган жараёнлар учун, технологик ускуна (технологик босқич) ва технологик тизим бўйича қабул қилинаётган хом-ашёдан тортиб, то ишлаб чиқарилган тайёр маҳсулотгача тузилиши мумкин.

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

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

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

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

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

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

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

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

Жараённинг моддий баланси қуйидагича ифодаланади

$$G_0 a_0 = G_1 a_1 .$$

Ушбу тенглама асосида қуюлтирилган эритма миқдорини ҳисоблаймиз

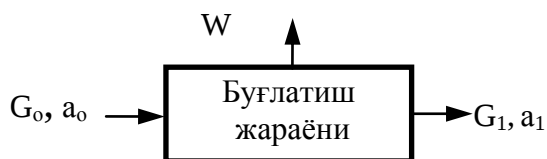
$$G_1 = G_0(a_0/a_1) = 10000 (10/95) = 1052.631 \text{ кг/соат}.$$

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

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

Текшириб кўрсак:

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



2.1- расм. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси схемаси.

Энергиянинг сақланиш қонуни

Энергияни сақланиш қонунига асосан технологик жараёнларнинг иссиқлик баланси тузилади. Жараённинг иссиқлик балансини умумий ҳолда қуйидагича тавсифлаш мумкин: «жараёнга киритилаётган иссиқлик миқдори $\Sigma Q_{\text{кел}}$ уни амалга ошириш пайтида ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдорига $\Sigma Q_{\text{сарф}}$ тенгдир»:

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

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

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

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

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

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

Сув буғи ва газ ҳолатидаги компонентларнинг иссиқлик энергияси (кВт)

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

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

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

$$Q = W r_{\text{кн}}, \quad (2-11)$$

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

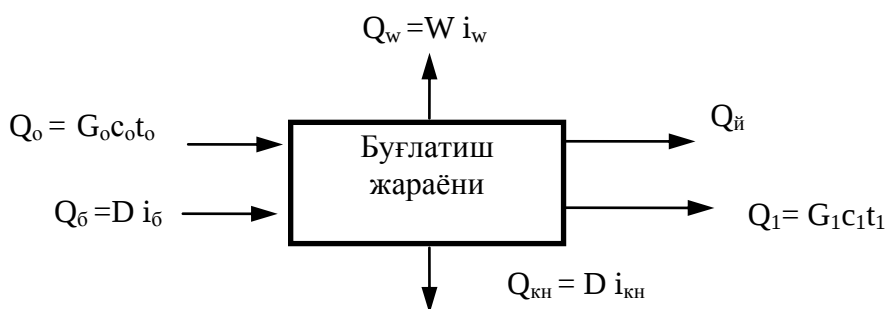
Иссиқлик алмашиниш аппаратларининг ишчи ҳарорати атроф-муҳит ҳароратидан бир неча маротаба юқори бўлади. Шу сабабдан, жараёни амалга ошириш мобайнида иссиқлик энергиясининг бир қисми конвекция ва нур чиқариш йўли билан атроф-муҳитга бефойда тарқалади. Ушбу йўқотилаётган иссиқлик энергияси миқдори қуйидаги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

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

бу ерда α_k - конвектив иссиқлик узатиш коэффиценти, Вт/(м² °С); F_a - қурилманинг ташқи юзаси (сирти), м²; t_a - қурилма сиртига қопланган иссиқликни ҳимояловчи қобикнинг ташқи ҳарорати, одатда 40÷50°С; t_x - атроф-муҳит ҳарорати, 20÷30°С.

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

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



2.2- расм. Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси схемаси.

Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси, умумий ҳолда, қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_0 + Q_6 = Q_1 + Q_w + Q_{\text{кн}} + Q_{\text{й}},$$

бу ерда $Q_0 = G_0 c_0 t_0$ - дастлабки эритманинг иссиқлиги; $Q_6 = D i_6$ - сув буғининг иссиқлиги; $Q_1 = G_1 c_1 t_1$ - қуюлтирилган эритманинг иссиқлиги; $Q_w = W i_w = G_0 (1 - a_0/a_1) i_w$ - жараён пайтида ҳосил бўлган иккиламчи буғнинг иссиқлиги; $Q_{\text{кн}} = D i_{\text{кн}}$ - сув буғи конденсатини иссиқлиги; t_0 ва t_1 - эритманинг дастлабки t_0 ва охири (қайнаш) t_1 ҳароратлари, °С; c_0 ва c_1 - эритманинг t_0 ва t_1 ҳароратлардаги солиштирма иссиқлик сиғимлари, кЖ/(кг·°С); i_6 , $i_{\text{кн}}$ ва i_w - сув буғи, конденсат ва иккиламчи буғнинг энтальпияси, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

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

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

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

Мувозанат қонунлари

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Фазалар қондаси. “Фаза” тушунчаси кимёвий таркиби ва физикавий хоссалари бўйича бир жинсли бўлган модданинг термодинамик системадаги миқдорини билдиради. Фазалар газ, суюқлик ва қаттиқ жисм ҳолатида бўлади. Одатда фаза бир ёки бир неча компонентдан иборат бўлади. Система таркибида бирон-бир фазани ҳосил бўлиши ёки системадаги мавжуд фазаларнинг ўзаро мувозанати аниқ шароитлардагина мумкин

бўлади. Бу шароитларни ўзгариши туфайли системанинг мувозанат ҳолати бузилади. Натижада фазаларни силжиши ёки моддани бир фазадан иккинчисига ўтиши кузатилади.

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

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

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

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

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

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

ёки системанинг эркинлик даражаси

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

шаклида ифодаланади.

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

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

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

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

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

Модда ва энергиянинг ўтказиш қонунлари

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш жараёнлари кўп ҳолларда газ, буғ ва суюқлик фазаларида, моддий оқимларни ҳаракатланиши ёки ўзаро аралашуви натижасида амалга оширилади. Бу пайтда модда ва энергия ўтказиш жараёнларининг тезлиги кўп жиҳатдан улар амалга ошириладиган технологик қурилмалардаги гидродинамик шароитларга боғлиқ бўлади. Гидродинамик шароитларни олдиндан билиш асосида қурилмада оптимал иш режимини ташкил этиш ва уни бошқариш мумкин.

Технологик жараён тезлигини ортиши қурилманинг иш унумдорлигини кўпайтиради. Жараён тезлиги ҳақидаги фан жараён параметрларининг (концентрация,

ҳарорат ва x .) вақт бўйича ўзгариш қонуниятларини ўрганади. Жараёнлар кинетикасини ўрганиш асосида қуйидаги қонуниятни шакллантириш мумкин: «жараённинг кечиш тезлиги уни ҳаракатлантирувчи кучга тўғри ва қаршиликка тесқари мутаносибликда бўлади» ёки бу қонуниятни бошқача шаклдаги талқини: жараённинг кечиш тезлиги унинг потенциалини кинетик коэффициентига кўпайтмасига тенг. Ушбу таърифнинг математик кўриниши қуйидагича ёзилиши мумкин.

$$j = k x, \quad (2-17)$$

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

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

$$\frac{dV}{F d\tau} = \frac{1}{R_\phi} \Delta P = K_1 \Delta P, \quad (2-18)$$

бу ерда V - филтрат миқдори; F - филтрловчи юза майдони; τ - вақт; R_ϕ - филтрловчи материал қаршилиги; ΔP - босимлар фарқи (жараёни ҳаракатлантирувчи куч); $K_1=1/R_\phi$ - филтрловчи материалнинг ўтказувчанлиги.

Термодинамика қонунларига асосан иссиқлик алмашилиш жараёнлари қуйидаги кинетик тенглама билан ифодаланади

$$\frac{dQ}{F d\tau} = \frac{1}{R_2} \Delta t = K_2 \Delta t, \quad (2-19)$$

бу ерда Q - узатилган иссиқлик миқдори; F - иссиқлик узатиш юзаси; R_2 - термик қаршилиқ; $K_2=1/R_2$ - иссиқлик узатиш коэффициенти; Δt - жараёнда қатнашувчи муҳитларнинг ҳароратлари ўртасидаги фарқ (жараёни ҳаракатлантирувчи куч).

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

$$\frac{dM}{F d\tau} = \frac{1}{R_3} \Delta C = K_3 \Delta C, \quad (2-20)$$

бу ерда M - ўтказилган модда миқдори; F - фазаларнинг контакт юзаси; R_3 - модда алмашилишга бўлган қаршилиқ; $K_3=1/R_3$ - модда ўтказиш коэффициенти; ΔC - модданинг фазалардаги концентрациялари ўртасидаги фарқ (жараёни ҳаракатлантирувчи куч).

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

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

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

Назорат саволлари. 1. Жараён кинетикасини ўрганишдан мақсад нима? 2. Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятларини айтиб беринг. 3. Моддани сақланиш қонунининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз? 4. Жараённинг моддий баланси қандай тузилади? 5. Бирон-бир ихтиёрий жараённинг моддий балансини тузишга оид мисол келтиринг. 6. Моддий баланс тенгламаларининг қандай турлари мавжуд? 7. Оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси ва моддани сақланиш қонуни ўртасидаги умумийликни изохлаб беринг. 8. Даврий ёки узлуксиз жараёнларнинг моддий баланси тенгламаларини тузишга оид мисоллар келтиринг. 9. Жараённинг иссиқлик баланси моҳиятини тушунтириб беринг. 10. Жараёнларнинг иссиқлик баланси қандай мақсадларда тузилади? 11. Бирон-бир ихтиёрий суюқликни қиздириш ёки совутиш жараёни учун

иссиқлик баланси туза оласизми? 12. Системанинг мувозанат ҳолатига таъриф беринг. 13. Фазалар қонунларини қандай мақсадлар учун қўллаш мумкин? 14. Асосий жараёнларнинг кинетик тенгламаларидан бирини шарҳлаб беринг.

3-мавзу: Технологик жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари

Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари

Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясида янги жараёнларни яратиш ёки мавжуд жараёнларни мукамаллаштириш пайтида ушбу жараёнларнинг кинетикаси ўрганилади.

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

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

Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ишлари қуйидаги кетма-кетликда бажарилади.

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

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

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

4. Жараён кинетикаси асосида унинг тезлиги ва даври аниқланади.

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

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

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

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

Озиқ-овқат маҳсулотлари ва хом-ашёларининг асосий хоссалари

Озиқ-овқат маҳсулотларининг қўплаб турларини шартли равишда бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган аралашмалар деб тавсифлаш мумкин.

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

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

Барча моддаларнинг хоссаларини иккита асосий гуруҳга ажратиш мумкин:

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

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

Куйида моддаларнинг айрим хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Зичлик. Бир жинсли моддани ҳажм бирлигидаги массаси унинг зичлигини белгилайди

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

бу ерда ρ - зичлик, кг/м^3 ; m - масса, кг ; V - ҳажм, м^3 .

Зичликка тескари бўлган катталиқ ($\text{м}^3/\text{кг}$)

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

солиштирма ҳажм дейилади. Ушбу катталиқ газларни тавсифлаш учун қўлланилади.

Бир модда зичлигини иккинчи модда зичлигига нисбати **нисбий зичлик** дейилади. Одатда моддаларнинг нисбий зичлиги ρ_n 4°C ҳароратдаги дистилланган сувнинг зичлиги $\rho_{\text{сுவ}}$ бўйича аниқланади

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

бу ерда ρ - модданинг зичлиги.

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

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

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

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

$$\rho_{\text{сп}} = \rho_k \phi + \rho_c (1 - \phi), \quad (3-4)$$

бу ерда ρ_k - қаттиқ жисм заррачаларининг зичлиги; ϕ - қаттиқ жисм заррачаларининг суспензиядаги массавий улуши; ρ_c - суюқликнинг зичлиги.

Дон, шакар, ун, крахмал, мевалар, сабзавотлар ва бошқа дондор сочиловчан маҳсулотлар уйма зичлиги (қатлам зичлиги) ρ_y билан тавсифланади

$$\rho_y = (1 - \varepsilon)\rho_x = (1 - V_6/V_3)\rho_x, \quad (3-5)$$

бу ерда ε - сочиловчан маҳсулотнинг ғовақлиги, $\varepsilon = V_6/V_3$; V_6 - эркин ҳолатда тўкилган материал қатламидаги бўшлиқлар ҳажми, м^3 ; V_3 - эркин тўкилган материал ҳажми, м^3 ; ρ_x - материал заррачаларининг ҳақиқий зичлиги.

Газларнинг зичлиги ρ_r (кг/м^3) Клапейрон тенграмаси бўйича аниқланади

$$\rho_r = \rho_0(T_0 P / T P_0) = (M/22,4)[(273,15 P / (T P_0))], \quad (3-6)$$

бу ерда $\rho_0 = M/22,4$ - газнинг нормал шароитлардаги ($P_0 = 1013$ Па, $T_0 = 273,15\text{K}$) зичлиги, кг/м^3 ; M - газнинг молекуляр массаси, кг/моль ; P - газ босими, Па; t - газнинг ҳарорати, $^\circ\text{C}$; T - абсолют ҳарорат, К; $T = 273,15 + t$.

Газ аралашмаларининг зичлиги

$$\rho_{\text{ар}} = n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_j p_j, \quad (3-7)$$

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

Ҳажм бирлигидаги модданинг оғирлиги **солиштирма оғирлик** дейилади

$$\gamma = G/V = mg/V = \rho g, \quad (3-8)$$

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

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

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

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

$$T = \mu F(d\omega/dL), \quad (3-9)$$

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

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

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

ички ишқаланиш кучи τ ёки сурилиш кучланиши дейилади.

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

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

Юқоридаги тенгламаларнинг ифодаларига кўра қовушқоқликни динамик коэффициенти

$$\begin{aligned} \mu &= (T/F)(d\omega/dL)^{-1} = (T/F)(dL/d\omega) = (H/m^2)[m/(m/c)] = \\ &= [Hc/m^2] = \text{Па}\cdot\text{с}, \end{aligned} \quad (3-11)$$

Қовушқоқликнинг динамик μ ва кинематик ν (m^2/c) коэффициентлари орасидаги боғлиқлик

$$\nu = \mu/\rho. \quad (3-12)$$

Одатда газлар учун μ ва ν коэффициентларининг қийматлари ҳароратдан боғлиқ бўлади:

$$\mu_t = \mu_0 [(273.15 + C)/(T + C)](T/273.15)^{1.5}, \quad (3-13)$$

бу ерда μ_0 - қовушқоқликнинг 273.15K ҳароратдаги қиймати; C - Сатерлянд коэффициенти, масалан, ҳаво учун $C=124$; азот учун $C=114$; кислород учун $C=131$; T - газ ҳарорати, К.

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

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

$$\mu_{сп} = \mu_c(1+2.5\phi); \quad (3-14)$$

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

$$\mu_{сп} = \mu_c(1+4.5\phi); \quad (3-15)$$

бу ерда μ_c - тоза суюқлик қовушқоқлигининг динамик коэффициенти.

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

$$\mu_t = 12.9 \mu_{20}/t^{0.85}, \quad (3-16)$$

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

Ўсимлик ёғларининг қовушқоқлиги (Па·с)

$$\mu_t = 0.175/[10e^{(0.31+0.026t)}], \quad (3-17)$$

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

$$\mu_t = 0.0199 x^{2.94} t^{-1.17}, \quad (3-18)$$

Газ аралашмаларининг қовушқоқлигини қуйидаги тенглама бўйича аниқлаш мумкин

$$M_{ap}/\mu_{ap} = n_1 M_1/\mu_1 + n_2 M_2/\mu_2 + \dots + n_j M_j/\mu_j, \quad (3-19)$$

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

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

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

СИ системасида сирт таранглигининг ўлчов бирлиги

$$\sigma = [J/m^2] = [N \cdot m/m^2] = [N/m].$$

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

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

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

Иссиқлик сиғими - бу катталиқ моддага берилган иссиқлик миқдорини унинг ҳароратини ўзгаришига нисбатидир. Масса бирлигидаги модданинг иссиқлик сиғими **солиштирма иссиқлик сиғими** C [Ж/(кг·K)] дейилади

$$C = Q/(\Delta t m) = Q/[(t_1 - t_0)m], \quad (3-20)$$

бу ерда Q - моддани иситиш учун сарфланган иссиқлик миқдори, Ж; m - модда массаси, кг; t_0 ва t_1 - моддани дастлабки ва иситилгандан сўнгги ҳароратлари, K; Δt - ҳароратлар айирмаси.

Солиштирма иссиқлик сиғими модданинг иссиқлик энергиясини ўзида тутиш қобилиятини кўрсатади. Ҳисоблашларда массавий, ҳажмий ва моляр солиштирма иссиқлик сиғимларидан фойдаланилади. Массавий солиштирма иссиқлик сиғими бирлигининг қиймати массаси 1кг бўлган модда ҳароратини 1°C орттириш учун унга қанча миқдорда иссиқлик бериш кераклигини кўрсатади.

Суюқлик ва газларнинг иссиқлик сиғими ҳароратни кўтарилиши билан ортади. Суюқликларнинг солиштирма иссиқлик сиғими [кЖ/(кг·K)] 0.8÷4.9, газларники 0.5÷2.2 ва каттиқ моддаларники эса 0.13÷1.8 чегараларда ўзгаради.

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

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

- томат маҳсулотлари учун

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

бу ерда x - куруқ моддалар миқдори;
- ҳамир учун

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

бу ерда W - намлик, % ;

- ўсимлик ёғининг экстракцион бензиндаги эритмаси (мисцелла) учун:

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

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

Иссиқлик ўтказувчанлик. Иссиқ ва совуқ жисмлар ҳароратларининг фарқи Δt таъсирида, уларнинг контакт юзасидаги микроразрарчаларнинг тартибсиз ҳаракати туфайли, иссиқликни тарқалиши иссиқлик ўтказувчанлик дейилади.

Қаттиқ материаллар, суюқликлар ва газларда иссиқлик ўтказувчанлик жараёнининг интенсивлиги иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини λ билан тавсифланади.

Қалинлиги δ (м) бўлган бир жинсли текис девор юзаси F (м²) орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилаётган иссиқлик миқдори Q (Вт) қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

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

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

Ушбу тенгламадан λ коэффицентининг ифодаси

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

λ коэффицентини қиймати [Вт/(м·К)] ҳароратга ва модданинг структуравий таркибига боғлиқ бўлиб, ҳароратлар айирмаси 1°C бўлганда 1м² юза орқали 1 соат мобайнида ўтаётган иссиқлик миқдорини кўрсатади. Масалан, металллар ва уларнинг қотишмалари учун $\lambda=15\div 280$, қаттиқ нометалл материаллар учун $\lambda=0,02\div 3,0$, газлар учун $\lambda=0,006\div 0,06$ ва х.

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

$$\begin{aligned} \lambda_{20} &= 0,593 - 0,025x^{0,53}; \\ \lambda_t &= \lambda_{20} + 0,00068(t-20), \end{aligned} \quad (3-27)$$

бу ерда λ_{20} - моддани 20°C ҳароратдаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини; x - куруқ моддалар концентрацияси.

Томат маҳсулотлари учун эса

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

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

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

Технологик жиҳозларга кўрсатиладиган талаблар

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

Технологик талаблар асосини жиҳозда қайта ишланаётган маҳсулот сифати белгилайди. Маҳсулотни жиҳозда бўлиш вақти қисқа бўлиши лозим. Айрим ҳолатларда, масалан, маҳсулотни узок вақт юқори ишчи ҳароратлар таъсири остида бўлиши унинг

таркибидаги табиий фойдали компонентларни йўқотилишига ёки уларни ўзгартирилган ҳолатга ўтишига сабаб бўлади. Бу эса тайёр маҳсулотнинг озукавий қийматини пасайтиради.

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

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

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

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

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

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

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

Машинага кўрсатилган **физиологик, психофизиологик ва психологик талаблар** машина ва оператор ўртасидаги маълумот алмашилиш тезлиги инсонни кўриш ва эшитиш қобилятига мос бўлишини, бошқариш усуллариининг соддалашувини ва бошқарув мосламаларини жисмоний кам куч билан сурилишини конструктив жиҳатдан таъминлайди.

Иқтисодий талаблар технологик жиҳозни тайёрлаш, монтаж қилиш, ишлатиш ва таъмирлаш жараёнларидаги сарф-ҳаражатларнинг минимал бўлишини ҳамда уларни тезда

қопланишини таъминлайди. Қурилмани конструктив жиҳатдан мукамаллиги унинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари - иш унумдорлиги, эксплуатациявий сарф-ҳаражатлар ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг таннархи билан тавсифланади.

Жиҳознинг иш унумдорлиги деганда унинг ёрдамида вақт бирлиги ичида қайта ишланган ёки тайёрланган маҳсулот миқдори (тн/соат, дона/соат, м³/соат ва х.) тушунилади. Жиҳознинг иш унумдорлигини унинг бирон-бир конструктив катталигига (масалан, ишчи ҳажмига, қиздириш юзасига ва х.) нисбати қурилманинг самарадорлигини кўрсатади. Мисол учун, қиздириш жиҳозларининг самарадорлиги 1м² иситиш юзаси орқали 1 соатда қиздирилган суюқлик миқдори билан ифодаланади.

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

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

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

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

Қурилмалар яратиш жараёнининг асосий босқичлари

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

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

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

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

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

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

Лойиҳа ишлари истеъмолчининг янги жиҳоз яратиш ёки мавжуд қурилмаларни мукаммаллаштириш бўйича техник топшириғи асосида амалга оширилади. Техник топшириқда мукаммаллаштирилаётган ёки лойиҳаланаётган жиҳознинг типи, тури, иш шароити, иш унумдорлиги, ишчи ҳажми, қиздириш юзаси, қуввати, ишчи органни

айланиш тезлиги каби бир қатор муҳим техник параметрларнинг қийматлари ҳақида маълумотлар келтирилади.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. Жиҳоз қисмлари эргономик ва эстетик талаблар асосида компоновкаланади.

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

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

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

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

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

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

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

Техник лойиҳани ишлаб чиқиш жараёнида қуйидаги асосий ишлар бажарилади:

- конструктив ечимлар қайта ишланади ва жиҳознинг умумий кўриниши, йиғма бирликлар ва мураккаб деталларни (масалан, корпус, асос, ишчи органлар ва б.) чизмалари чизилади;
- дастлабки бажарилган кинематик, мустаҳкамлик ва энергетик ҳисоблар аниқлаштирилади;
- жиҳознинг принципитал схемалари (кинематик, гидравлик, электрик, автоматлаштириш схемалари ва б.) тузилади;
- жиҳоз конструкциясини тайёрлаш технологияси нуқтаи назаридан қулайлиги, эргономик, хавфсизлик ва эстетик талабларга монандлиги қайта кўриб чиқилади;
- конструкцион материаллар, ҳомаки ва бутловчи қисмлар танлови қайта кўриб чиқилади;
- патент формуляри тузилади, зарурий ҳолларда патент учун сўровномалар расмийлаштирилади;
- зарурий ҳолларда, янги жараёнлар ва жиҳозларни яратиш пайтида, жиҳознинг макети ва тажрибавий намунаси тайёрланади; жараённинг оптимал ишчи параметрлари ва режимларини аниқлаш мақсадида уларда синовлар ўтказилади. Синов натижалари саноат қурилмасининг тажрибавий намунасини яратиш жараёнида қўлланилади;
- жиҳоз конструкциясининг техник даражаси ва сифати картаси тузилади.

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

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

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

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

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

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

Назорат саволлари: 1. Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш кетма-кетлигини тушунтириб беринг. 2. “Физик катталик” тушунчасига таъриф беринг. 3. СИ системаси

ҳақида нималарни биласиз? Ушбу системанинг афзалликлари нималардан иборат? 4. Зичлик ва солиштирама оғирлик, динамик ва кинематик қовушқоқлик ҳамда иссиқлик ўтказувчанлик ва ҳарорат ўтказувчанлик ўртасида қандай умумий фарқ бор? 5. Озиқ-овқат маҳсулотлари ва хом-ашёларнинг асосий хоссалари ҳақида нималарни биласиз? 6. Технологик қурилмалар тайёрлаш учун қўлланиладиган материалларга қандай талаблар кўрсатилади? Материалларни танлаш пайтида уларнинг қандай хусусиятларига эътибор берилади? 7. Озиқ-овқат машинасозлигида қўлланиладиган металллар ва қотишмалар ҳақида нималарни биласиз? 8. Нометалл материаллар ва уларни қўлланилиш соҳалари тўғрисида қандай маълумотларга эгасиз? 9. Металллар коррозияси ҳақида нималарни биласиз? Ушбу жараён жиҳозларни лойиҳалаш пайтида қай тарзда ҳисобга олинади? 10. Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқарувчи жиҳозларга кўрсатиладиган умумий талабларни санаб ўтинг. Уларни бажарилишидан қандай мақсадлар кўзланганлигини тушунтириб беринг. 11. Технологик қурилмаларни яратиш босқичлари ҳақида нималарни биласиз? 12. Технологик жиҳознинг техник лойиҳасини ишлаб чиқиш даврида бажариладиган асосий ишларни шарҳлаб беринг.

4-мавзу: Қаттиқ материалларни майдалаш

Умумий маълумотлар

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

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

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

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

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

Майдаланган материал бўлақларининг ўлчамларига кўра майдалаш жараёнларини синфларга бўлиниши қуйидаги 4.1-жадвалда келтирилган.

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

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

$$i = d_1/d_2. \quad (4-1)$$

Бу кўрсаткич қиймати жараённинг самарадорлигини кўрсатади.

Материал бўлақларининг ўртача ўлчами d_y қуйидаги ифодага кўра аниқланади

$$d_y = \sqrt[3]{bLh}, \quad m \quad (4-2)$$

бу ерда b - бўлақнинг кенглиги, L - узунлиги, h - баландлиги.

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

Майдалаш жараёнларини синфларга бўлиниши

Майдалаш тури	Бўлакларнинг ўртача ўлчами, мм		Майдаланиш даражаси
	майдалангунча	майдалангандан сўнг	
Йирик янчиш	1500÷300	300÷100	2÷6
Ўртача янчиш	300÷100	50÷10	5÷10
Майда янчиш	50÷10	10÷2	10÷50
Юпка майдалаш	10÷2	2÷0,75	100
Ўта юпка майдалаш	2÷0,75	$7,5 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^{-4}$	

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

$$d_{yp} = (d_{max} + d_{min}) / 2. \quad (4-3)$$

Аралашма таркибидаги бўлакларнинг ўртача ўлчами қуйидагича ҳисобланади

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

бу ерда $d_{yp1}, d_{yp2}, \dots, d_{ypn}$ - ҳар бир фракциядаги бўлакларнинг ўртача ўлчами; $a_1, a_2, \dots, a_n$ - ҳар бир фракциянинг массавий таркиби, %.

Майдалаш усуллари

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

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

Қўзғалувчи ва қўзғалмас плиталар орасида ташқи куч F таъсирида **эзиш** (4.1-расм, а-схема) пайтида материал ўз ҳажми бўйича тўла деформацияланади, ундаги ички кучланиш аста-секин ортиб боради. Ички кучланиш $\sigma_{и}$ қиймати материални эзиш пайтидаги мустаҳкамлиги чегарасидан $[\sigma]_с$ ортиб кетса ($\sigma_{и} > [\sigma]_с$), материал турлича ўлчам ва шаклларга эга бўлган бўлакларга бўлиниб кетади.

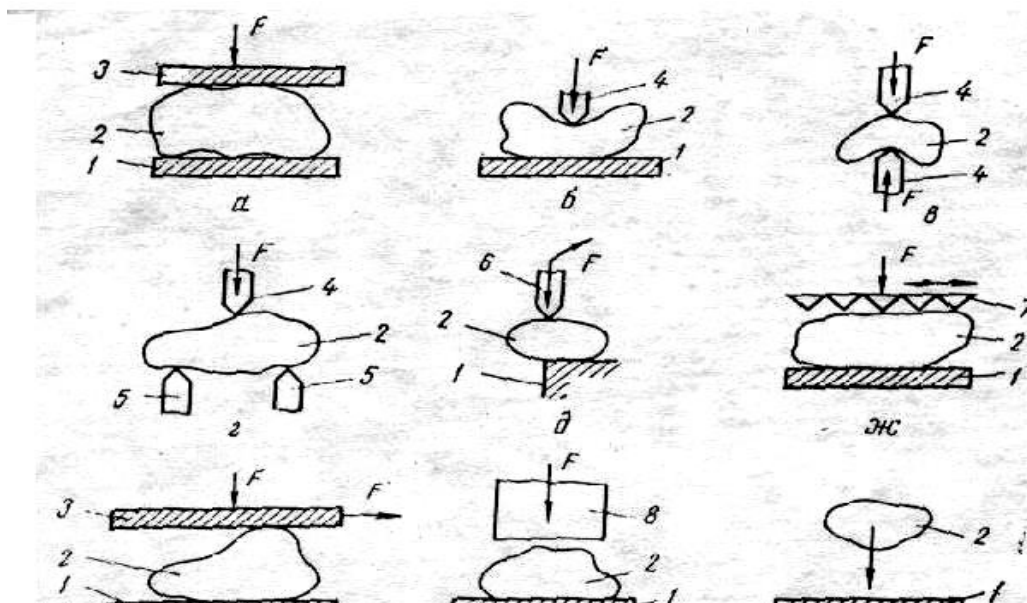
Материални понасимон асбоблар билан **ёриш** жараёнида (4.1-расм, б- ва в-схемалар) материал ва таянч плитанинг (понанинг) контакт юзасида, ташқи куч таъсирида, катта ички кучланишлар юзага келади. Натижада материал бир неча бўлакларга бўлинади.

Синдириб майдалаш усулида (4.1-расм, г-схема) жараён материални эгувчи куч (момент) таъсирида амалга оширилади.

Юмшоқ тўқимали, пластик ёки аморф материаллар пичоқлар воситасида **кесиш** туфайли майдаланади (4.1-расм, д-схема). Кесилган материал бўлакларининг шакли ва ўлчами олдиндан белгиланиши ёки ихтиёрий бўлиши мумкин.

Материалларни **арралаш** йўли билан ҳам майдалаш мумкин (4.1- расм, ж-схема). Бунинг учун диск ёки лентасимон арралардан фойдаланилади. Бу пайтда арра ва пичоқларнинг ҳаракат йўналиши майдалаш юзасига параллел бўлади.

Қўзғалувчи ва таянч плиталар орасида материални сиқилиши ва плиталарни ўзаро қарама-қарши йўналишлардаги ҳаракати туфайли материаллар **емирилади**. Натижада юпка ва ўта юпка янчилган маҳсулотлар ҳосил бўлади (4.1-расм, з-схема).



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

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

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

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

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

Жараёнинг асосий қонуниятлари

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

Янчиш пайтида материални ҳажмий деформациялаш учун сарфланган иш A_d емирилаётган бўлак ҳажмининг ўзгаришига ΔV мутаносиб бўлади

$$A_d = k \Delta V, \quad (4-5)$$

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

Янчиш пайтида янги юзалар ΔF ҳосил қилиш учун сарфланган иш $A_{ю}$ қуйидагича ҳисобланади

$$A_{ю} = \sigma \Delta F, \quad (4-6)$$

бу ерда σ - мутаносиблик коэффиценти, каттиқ жисмда янги юза бирлигини ҳосил қилиш учун сарфланган иш миқдори.

Янчиш учун сарфланадиган ташқи кучнинг тўла иши Ребиндер тенгламаси билан топилади

$$A = A_d + A_{ю} = k \Delta V + \sigma \Delta F. \quad (4-7)$$

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

$$A = k \Delta V = k_1 d^3, \quad (4-8)$$

бу ерда k_1 - мутаносиблик коэффиценти, d - бўлакнинг аниқловчи ўлчами.

Ушбу (4-8) тенглама Кук-Кирпичевнинг янчиш гипотезасини ифодалайди: “материални янчиш учун сарфланадиган иш янчилаётган бўлак ҳажмига (ёки массасига) мутаносибдир”.

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

$$A = \sigma \Delta F = k_2 d^2, \quad (4-9)$$

бу ерда k_2 - мутаносиблик коэффиценти.

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

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

$$A = k_3 \sqrt{d^3 d^2} = k_3 d^{2.5}. \quad (4-10)$$

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

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

Майдалаш машиналари ва уларни ҳисоблаш услублари

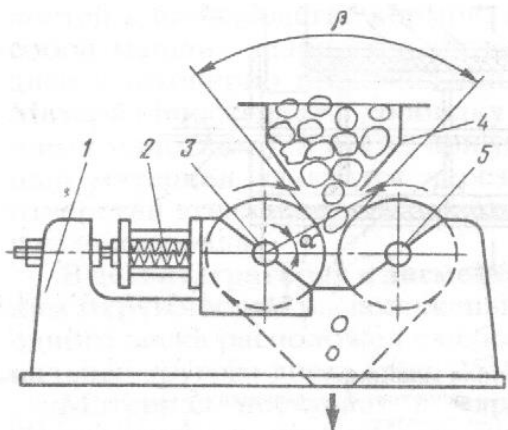
Майдалаш жиҳозлари шартли равишда икки гуруҳга бўлинади:

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

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

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

Валикли янчиш машиналарида (4.2-расм) материал бир-бирига қарама-қарши йўналишда айланувчи валиклар орасида ўртача, майда ва юпка янчиш турларини тавсифловчи ўлчамларгача янчилади (эзилади).



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

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

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

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

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

$$\operatorname{tg} \alpha/2 = f, \quad (4-11)$$

бу ерда f - ташқи ишқаланиш коэффиценти, дон маҳсулотлари учун $f=0.28\div 0.37$.

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

$$n = 616\sqrt{f/(\rho d_1 D)} \quad (4-12)$$

ёки

$$\omega = \pi D n / 60 \text{ м/сек}, \quad (4-13)$$

бу ерда d_1 - майдаланаётган материалнинг дастлабки ўлчами, м.

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

$$Q = 60\pi\delta n D L \rho \mu, \quad (4-14)$$

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

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

$$Q = 3600\delta L v_m \rho \mu, \quad (4-15)$$

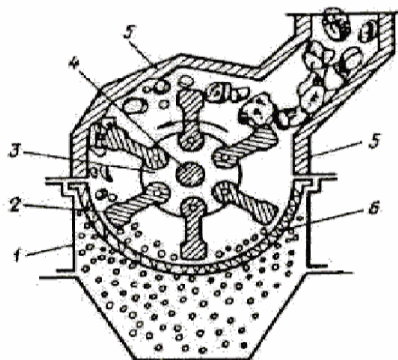
бу ерда v_m - маҳсулотнинг валиклар орасидан ўтиш тезлиги, $v_m = (v_1+v_2)/2$; v_1 - тез айланувчи (этакловчи) валикнинг тезлиги; v_2 - секин айланувчи (эргашувчи) валик тезлиги.

Майдалаш машинасининг валидаги қувват (кВт) қиймати қуйидаги тенглама бўйича аниқланиши мумкин

$$N = (D L n / 35300)(d_1/2 + D^2/24000). \quad (4-16)$$

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

Болғали янчиш машиналарининг (4.3-расм) асосий ишчи органи пластинка шаклидаги пўлат болғачалардан 2 иборат бўлади. Болғачалар дискларга 3 ўтказилган ўқларга эркин ҳолатда осилади. Бундай машиналарда материалга бериладиган оний зарба марказдан қочма кучлар таъсирида амалга оширилади.



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

Машинанинг ишчи органлари ўта тез ҳаракатланиши ($v=30\div55$ м/сек) сабабли материалга болғачалар воситасида зарба бериш вақти ўта қисқа бўлади. Маҳсулотни майдаланиш даражаси $i=10\div15$. Болғачалар зарбаси остида материал машина корпусига қопланган зихрли платага 5 урилиб, элакка 6 ишқаланиши туфайли майдаланади. Турли диаметрли элакларни алмашлаб жойлаштириш йўли билан машинадан чиқаётган янчилма ўлчамлари (ёки i қиймати) танланади.

Болғали янчиш машинасининг иш унумдорлиги (тн/соат) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

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

бу ерда D ва L - роторнинг диаметри ва узунлиги, м; n - роторнинг айланишлари сони, мин⁻¹, $k=4\div6.2$ - эмпирик коэффициент.

Жиҳоз электродвигателининг қуввати (кВт) қуйидаги эмпирик тенгламадан топилади

$$N = 0,15Qi. \quad (4-17)$$

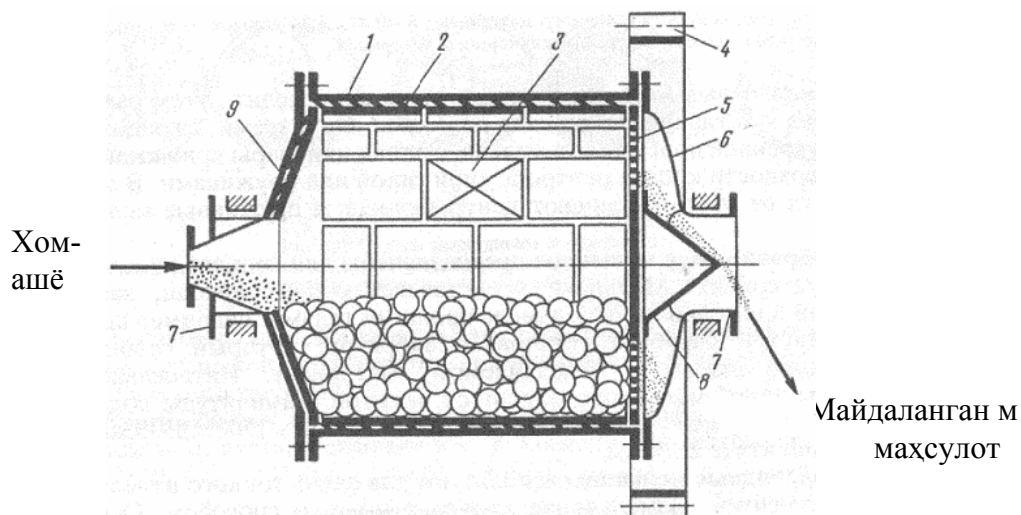
Болғали янчиш машиналари суякларни майдалаш, омухта ем ва дон ёрмаси тайёрлаш каби жараёнларда кенг қўлланилади.

Шарли тегирмонлар (4.4-расм) ўз ўқи атрофида айланувчи горизонтал барабан шаклида тайёрланади. Бундай машиналар маҳсулотни кукунсимон шаклда майдалаш учун фойдаланилади.

Барабан ҳажми диаметри $35\div175$ мм бўлган металл ёки фарфор шарлар билан $30\div35\%$ гача тўлдирилади. Барабан ичига хом-ашё ва шарлар бир пайтнинг ўзида юкланади.

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

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



4.4-расм. Шарли тегирмон схемаси. 1- барабансимон корпус; 2- зихрланган қоплама; 3- туйник; 4-етақланувчи тишли ғилдирак; 5- панжара; 6,9- қопқоқлар; 7- трубасимон цапфа; 8- йўналтирувчи конус; 10- металл шарлар.

Барабаннинг критик $n_{кр}$ ва ишчи $n_{иш}$ айланишлари сони (мин⁻¹) қуйидаги эмпирик тенгламалар ёрдамида аниқланади:

$$n_{кр} = 42.4 \sqrt{D}; \quad n_{иш} = 0,75 n_{кр} = 32 / \sqrt{D}. \quad (4-18)$$

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

$$N = 6,1 M_{ш} \sqrt{D}, \quad (4-19)$$

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

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

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

Дисклар 200÷1200 мин⁻¹ тезликда айланади, улар орасидаги тирқиш пружинали механизм ёрдамида ростланади.

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

Назорат саволлари: 1. Озиқ-овқат технологиясининг қайси бир йўналишларида майдалаш жараёни кенг қўлланилади? Уларни амалга оширишдан кўзланган мақсад нима? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг. 2. Майдаланиш даражасига таъриф беринг. 3. Майдаланган материал бўлакларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади? 4. Майдалаш жараёни қандай синфларга бўлинади? 5. Қаттиқ материалларни майдалашнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг қайси бирини тавсифлай оласиз? 6. Материалларни янчиш жараёни механизми ҳақида нималарни биласиз? Жараён мобайнида бажарилган ишни аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд? Нима учун ушбу тенгламалар муҳандислик амалиётида кенг қўлланилмайди? 7. Майдалаш жиҳозлари қандай принципларга асосан гуруҳларга ажратилади? 8. Озиқ-овқат корхоналарида қандай типдаги майдалагичлар қўлланилади? Ушбу жиҳозларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 9. Валикли майдалагичнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Бундай майдалагичдан озиқ-овқат корхоналарида қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг. 10. Донни майдалаш учун қайси типдаги машиналарни қўллаш мумкин? Жавобингизни изохлаб беринг.

5-мавзу: Сочилувчан материаллар ва донали маҳсулотларни саралаш

Умумий маълумотлар

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

Ушбу жараён қуйидаги технологик мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади:

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

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

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

Материалларни элаш назарияси асослари

Элаш жараёни тўқилган ёки штамповкаланган элак (ёки ғалвир) тешикларидан материалларни ўтишига асосланган. Аралашманинг бир қисми элак юзасида қолади, бошқа қисми эса унинг тешикларидан ўтиб кетади. Элаш жараёнидан кўзланган

технологик мақсадларга кўра, материални элак юзасида қолган қисми чиқит, ундан ўтгани эса маҳсулот ҳисобланади (ёки аксинча).

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

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

Элакнинг ўтказиш юзаси ϕ қиймати элакдаги барча тешиклар юзасини Σf_0 элакнинг умумий юзасига F_0 нисбати орқали аниқланади

$$\phi = (\Sigma f_0 / F_0) 100 \% = [(\pi n d_0^2 / 4) / (\pi D^2 / 4)] 100 \% , \quad (5-1)$$

бу ерда n - элак тешикларининг сони.

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

Элаклар жараёнининг самарадорлиги (%) қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$X = \frac{C}{Q\alpha / 100} 100 = \frac{C}{Q\alpha} 10^4 , \quad (5-2)$$

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

Эланган маҳсулотга нисбатан жараённинг моддий баланси тенграмаси қуйидаги кўринишга эга

$$\frac{Q^* \alpha}{100} = C + \frac{T^* \beta}{100} , \quad (5-3)$$

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

Жараён самарадорлигини

$$X = \alpha - \beta . \quad (5-4)$$

кўринишда ҳам ифодалаш мумкин.

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

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

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

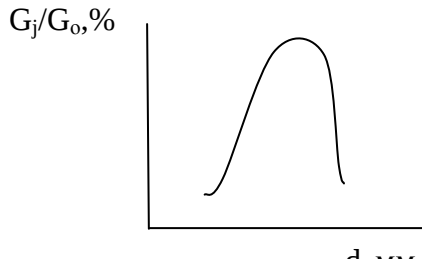
- материал зарраларининг ўлчамлари бўйича (элаклар ёрдамида таҳлил қилиш);
- зарралар солиштирма юзасининг ўртача қиймати бўйича.

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

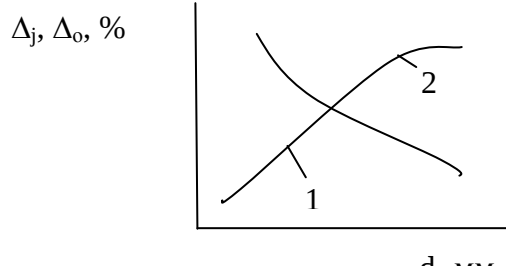
Тўпландаги дастлабки элак тешиги ўлчамини d_{j-1} ундан кейинги элак тешиги ўлчамига d_j нисбати элаклар тўпламининг модули (доимий катталиқ, $m=d_{j-1}/d_j$) дейилади.

Маҳсулот дисперслигини таҳлил этиш учун элак тешикларидан катта ёки кичик бўлган барча фракцияларнинг умумий фоизларини ифодаловчи тақсимотнинг эгри чизиқлари (5.1- ва 5.2-расмлар) курилади.

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



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



5.2-расм. Тақсимотнинг интеграл эгри чизиғи $\Delta_j = f(d_y)$, бу ерда: 1- элактдан ўтган маҳсулот; 2- элак юзасида қолган маҳсулот.

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

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

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

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

Фракциялар бўйича маҳсулот заррачаларининг ўртача ўлчамлари қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади

$$d_y = m_1d_1 + m_2d_2 + m_3d_3 + \dots + m_jd_j = \sum m_j d_j, \quad (5-6)$$

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

Синов натижалари асосида маҳсулот тақсимотининг интеграл эгри чизиғини (5.2-расм, 1-ва 2-чизиқлар) ифодаловчи “фоизлардаги фракция миқдори Δ_j - ушбу фракция заррачаларининг ўртача ўлчами d_y ” графиги қурилади.

Четлашиш коэффициенти қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади

$$K_{\text{ч}} = [(d_{84} - d_{16})/(2 d_{50})]100\%, \quad (5-7)$$

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

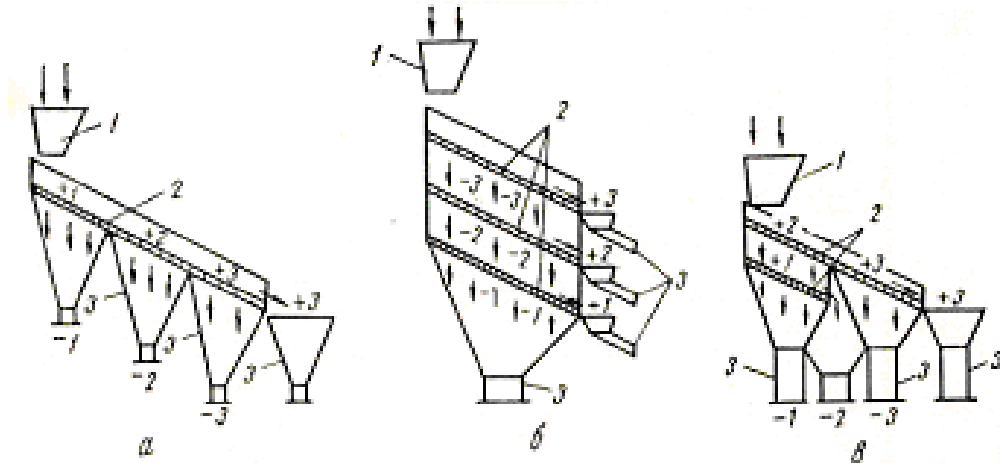
Саралаш машиналари

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

Кўп маротаба элаклаш услубларининг принципиал схемалари 5.3-расмда келтирилган.

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

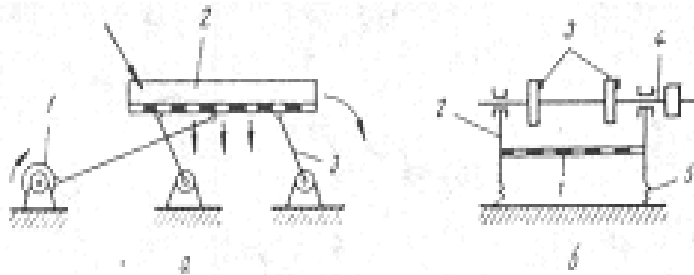
Материални «йирикдан майдага» услубида элайдиган машиналарда амалга ошириладиган жараён самарадорлиги анчагина юқори, лекин бундай жиҳозларга хизмат кўрсатиш мураккаб.



5.3- расм. Кўп маротаба элаш усуллари: а- “майдадан йирикка” усули; б- “йирикдан майдага” усули; в- аралаш усул; 1- юклаш бункери; 2- элаклар; 3- фракцияларни йиғувчи бункерлар.

Технологик жараёнларни аралаш услубларда ташкил этиш туфайлиги юқорида келтирилган ҳар иккала элаш услубларига хос бўлган кўплаб камчиликларни бартараф этиш мумкин.

Саралаш машиналари туркумига элаш машиналари (грохотлар), калибровкаш мосламалари, дон тозаловчи триерлар, маҳсулотнинг зичлиги, магнит ва электр хусусиятлари бўйича ажратувчи турли хилдаги сепараторлар киритилади.



5.4-расм.Элаклаш машиналарининг принципал схемалари: а- силкинувчи ясси элакли машина: 1- эксцентрик; 2- корпус; 3- таянч тутқичлар; в- тебранувчи ясси элакли машина: 1- элак; 2- корпус; 3- дебаланс; 4- вал; 5- пружина.

Элаш машиналарининг асосий ишчи органи - элаклар ясси текис юзали, цилиндрик ёки конуссимон шаклда бўлиши мумкин.

Эловчи жиҳозларда ясси текис элаклар силкитма ҳаракатли ёки тебранма ҳаракатли бўлиши мумкин, цилиндрик элаклар эса айланма ҳаракат қилади.

Силкинувчи элакли грохотлар бир ёки бир неча ярусли типда ишлаб чиқарилади. Грохотлардаги ясси элаклар дебалансли вибратор ёки кривошип-шатунли механизмлар ёрдамида тебранади. Элакларни тебраниши грохотларнинг иш унумдорлигини аниқловчи асосий катталиқ ҳисобланади. Шунинг учун бу катталиқни минимал $n_{\min}$ ва максимал $n_{\max}$ қийматлари элаклар ишининг таҳлили асосида аниқланади.

Кўзгалмас ясси элаклар горизонтга нисбатан муайян бир қиялик бурчаги α остида ўрнатилгандагина унинг юзаси бўйлаб сочилувчан материал ҳаракатини кузатиш мумкин. Бу пайтда материал оқимининг ҳаракат тезлиги v (м/сек) қуйидагича аниқланади

$$v = g\tau(\sin\alpha - f \cos\alpha), \quad (5-8)$$

бу ерда τ - ҳаракатланиш вақти, сек.; $g=9.81$ м/сек²- эркин тушиш тезланиши; f - ҳаракатдаги материални элак юзасига ишқаланиши пайтидаги қаршилиқ коэффиценти.

Ушбу тенгламадан кўринадик, материални қия юза бўйлаб силжиш вақтини чўзилиши билан унинг тезлиги ҳам мутаносиб равишда ортиб боради.

Материал оқими тезлигининг маълум қийматлари оралиғида ҳаракатдаги қатламни юқори қисмида бўлган заррачалар элак юзасига тегмаслиги мумкин. Шунинг учун, жараён сифатини ошириш мақсадида, маҳсулот қия элак юзаси бўйлаб юпка қатламда ҳаракатланиши лозим. Аммо бу пайтда элакнинг иш унумдорлиги камаяди.

Ясси элакларнинг иш унумдорлигини ошириш учун уларни кичик қиялик бурчаги $\alpha=6\div 14^\circ$ остида ўрнатилади. Материални элак юзаси бўйлаб ҳаракати элакни тебрантириш йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун элак бикир пўлат пластиналар воситасида машина асосига ўрнатилади ва кривошип-шатунли механизм ёрдамида тебранма ҳаракатга келтирилади.

Горизонтал йўналишда тебранаётган элак юзасидаги материал оғирлик, инерция ва ишқаланиш кучлари таъсири остида бўлади.

Тебранишлар частотасининг маълум бир қийматларида, ишқаланиш кучлари таъсири ортиб, эланаётган маҳсулот ҳаракати тўхтаб қолиши мумкин. Ушбу ҳолатдан келиб чиқиб, элакнинг тебраниш частотасини минимал қийматлари аниқланади

$$n_{\min} = 30[(\operatorname{tg} \varphi - \alpha)r]^{1/2}, \quad (5-9)$$

бу ерда φ - ишқаланиш бурчаги, $\operatorname{tg} \varphi = f$; r - кривошип радиуси, м.

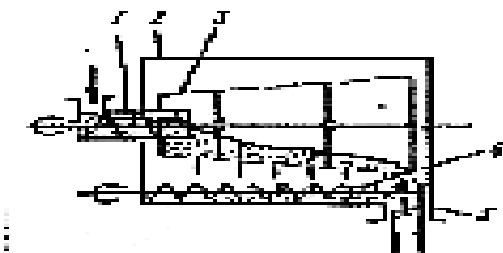
Тебранишлар частотасининг юқори қийматларида инерция кучлари оғирлик кучларидан катта бўлади. Бу ҳолатда қия элакдаги маҳсулот оқими юқorigа кўтарилиб, қарама-қарши оқимлар юзага келиши мумкин. Мазкур ҳолатнинг олдини олиш учун элаклар тебраниши, ҳаракатлантирувчи куч ва инерция кучлари тенглигидан келиб чиқиб, маълум бир максимал қийматдан ортмаслиги керак. Шундай қилиб, элакнинг тебранишлар частотасини максимал қиймати куйидаги тенгламадан аниқланади

$$n_{\max} = [(\operatorname{tg} \varphi + \alpha)r]^{1/2}. \quad (5-10)$$

Вибрацион грохот элагининг тешиклари кам тикилиши сабабли унда турли хил материалларни, шу жумладан, ўта нам маҳсулотларни ҳам элаш мумкин. Грохотлар нисбатан кам энергия сарфлайди, уларни тузилиши содда ва ишлатишга қулай.

Цилиндрик ёки конуссимон шаклдаги айланувчан эакли машиналар буратлар деб аталади (5.5-расм).

Бундай машиналар таркиби маҳсулотни машинага узатувчи шнек 1, айланувчи рамага тортилган элак 3, эланган материал ёки чиқитларни машинадан чиқарувчи шнекли транспортёрлардан 4



- расм. Конуссимон бурат схемаси: 1-узатувчи шнек; 2- кожух; 3-конуссимон элак; 4- шнекли транспортер; 5- чиқитни чиқарувчи патрубк.

иборат бўлади. Цилиндрик буратнинг элаги 10° қиялик бурчаги остида ўрнатилади. Конуссимон элак тешикларининг ўлчамлари материални ҳаракат йўналиши бўйича катталашиб боради.

Буратларнинг иш унумдорлиги барабанны айланиш частотасидан n_6 боғлиқ. Аммо n_6 қийматини маълум бир чегараларгача орттириш мумкин. Айланишлар частотасининг ўта юқори қийматларида материал эланмайди ва барабан билан бирга айлана бошлайди.

Барабанли элакни айланиш частотаси, унинг оптимал иш унумдорлиги қийматларидан келиб чиқиб, куйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$n_6 = 0,5[(g/\pi^2 R_y)]^{1/2}, \quad (5-11)$$

бу ерда R_y - конуссимон элакнинг ўртача радиуси, м; g - эркин тушиш тезланиши.

Буратлар дон, ун, шакар ёки кукунсимон материалларни элаш учун мўлжалланган.

Саралаш машиналарининг ҳисоблари. Грохотларнинг иш унумдорлиги, 1 м^2 элак юзасидан 1 соат вақт ичида 8 тн тозаланмаган маҳсулот ўтиши ҳисобидан келиб чиқиб, қабул қилинади.

Грохотнинг электр юритмаси валини айлантириш учун зарур бўлган қувват (кВт) куйидаги эмпирик тенглама бўйича ҳисобланади

$$N = k n^3 r^2 (G_3 + G_m) 10^{-3} / 53430. \quad (5-12)$$

бу ерда $k=2 \div 2.5$ - тажрибавий коэффициент; n - кривошипни айланиш частотаси, мин^{-1} ; G_3 - элакнинг чайқалувчи қисмларини оғирлиги (одатда шатун оғирлигининг $2/3$ қисми ҳам қўшилади), Н; G_m - элакдаги маҳсулот оғирлиги, Н.

Элакдаги маҳсулотнинг оғирлиги куйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$G_m = F h \rho g, \quad (5-13)$$

бу ерда F - элак юзаси, м^2 ; h - маҳсулот қатламининг баландлиги, м; ρ - маҳсулотнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; g - эркин тушиш тезланиши.

Айланувчан цилиндрик элакни бурат электродвигателининг қуввати (кВт) куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$N = (N_1 + N_2) / \eta, \quad (5-14)$$

бу ерда N_1 - вал подшипникларидаги ишқаланиш кучларини енгиш учун сарфланадиган қувват, кВт; N_2 - барабаннинг бурилиш бурчагига тўғри келувчи баландликка маҳсулотни кўтариш учун сарфланадиган қувват, кВт; $\eta=0.5 \div 0.7$ - механик узатмаларнинг умумий ф.и.к.

N_1 қувват қиймати куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$N_1 = (G_3 + G_m) f_1 \pi d n 10^{-3} / 60, \quad (5-15)$$

бу ерда G_3 ва G_m - барабан ва ундаги маҳсулотни оғирликлари, Н; $f_1=0.15 \div 0.2$ - подшипниклардаги сирпаниш қаршиликлари коэффициентлари; d - валнинг подшипник остида жойлашган бўғини диаметри, м; n - вални айланиш частотаси, мин^{-1} .

Цилиндрик барабандаги маҳсулотнинг оғирлик марказини кўтарилиш баландлиги $H=0.3R$ деб қабул қилинади. Бу ерда R - барабан радиуси. Маҳсулотни H баландликка кўтариш пайтида бажарилган иш миқдори (Ж)

$$A = G_m H = G_m 0.3R. \quad (5-16)$$

Цилиндрик элакни $\alpha=45^\circ$ га бурилиши пайтида бу иш барабани тўлиқ айланишининг $1/8$ қисмида ёки $\tau = 60/(8n)$ вақт давомида бажарилади. У ҳолда 1 секунд ичида бажарилган иш (Вт)

$$W = A/\tau = G_m 0.3R 8n/60 = G_m R n / 25 \quad (5-17)$$

ёки N_2 қувват қиймати (кВт)

$$N_2 = W/1000 = G_m R n / 25000. \quad (5-18)$$

Пневматик ва гидравлик услубда саралаш

Қайта ишлаш корхоналарига келтириладиган қишлоқ хўжалиги экинларининг уруғлари (дон, чигит ва б.) таркибида зичлиги, ўлчами ва шаклига кўра улардан деярли фарқ қилмайдиган (барг ва поя парчалари, ёт ўсимлик уруғлари, қаттиқ минерал чиқитлар ва х.) бўлади. Бундай чиқитларни асосий хом-ашё таркибидан элаклаб ажратиш ҳар доим ҳам етарли даражада самара бермайди. Шунинг учун саноат корхоналарида бундай дондор материаллар пневматик услубда сараланади. Ўсимлик уруғлари ва чиқиндиларни аэродинамик хусусиятлари ўртасидаги фарқлар ушбу ажратиш услубининг принципиал асосини ташкил этади.

Ҳаво оқимидаги ҳар қандай моддий заррача оғирлик кучи G ва ҳаво муҳитининг қаршилик кучи P таъсири остида бўлади. Агар заррача оғир бўлса ($G > P$), у ҳаво оқими бўйлаб пастга қулайди ва аксинча, енгил заррача ($G < P$) ҳаво оқими бўйлаб юқорига кўтарилади.

Заррачанинг ҳаво муҳитидаги ҳаракати унинг оғирлиги, ўлчамлари, аэродинамик хусусиятлари (шакли, оқимга нисбатан тутган ҳолати, сирт юзасининг ҳолати) ва ҳаво оқимининг тезлигига боғлиқ бўлади.

Ҳаво оқимининг заррача ҳаракатига кўрсатадиган қаршилик кучи (Н) куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$P = kFv^2\rho_x, \quad (5-19)$$

бу ерда k - заррачанинг аэродинамик хусусиятидан боғлиқ бўлган қаршилик коэффиценти; F - заррачанинг ҳаво оқимига перпендикуляр бўлган текисликдаги кўндаланг кесим юзаси, m^2 ; v - заррачанинг ҳаво оқимидаги нисбий тезлиги, $m/сек$; ρ_x - ҳавонинг зичлиги, kg/m^3 .

Ҳаво оқими тезлигини v_x маълум қийматларида заррачага таъсир этувчи кучлар мувозанат ҳолатга ($G=P$) келади. Бу пайтда заррачани абсолют тезлиги нулга, унинг ҳаво оқимига тескари бўлган йўналишдаги нисбий тезлиги эса муҳитнинг ҳақиқий тезлигига тенг бўлади. Бундай ҳолатда заррача ҳаво муҳитида муаллақ туради. Ушбу ҳолатга тўғри келувчи ҳаво оқимининг тезлиги критик тезлик $v_{кр}$ ёки заррачанинг муаллақ эркин учиб юриш тезлиги дейилади.

Ушбу критик тезлик қиймати $G = P$ тенглик асосидаги

$$P = kFv^2\rho_x = G$$

тенгламадан куйидагича аниқланади

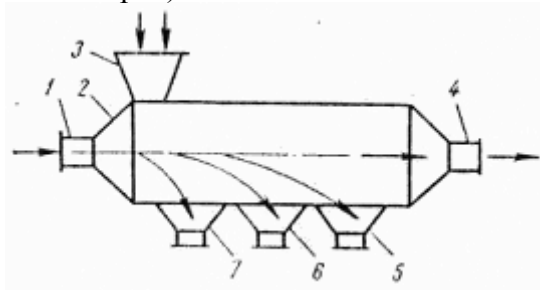
$$v_{кр} = [G/(kF\rho)]^{1/2}. \quad (5-20)$$

Амалиётдан маълумки, дон маҳсулотлари (буғдой, арпа, сули) учун $v_{кр} = 8.5 \div 11.5$ $m/сек$, $k = 0.2 \div 0.22$.

Енгил чиқиндиларнинг муаллақ учиб юриш тезлиги доннинг шопирилиш тезлигидан анча кичик бўлади. Шунинг учун доннинг муаллақ учиб юриш тезлигидан кичик бўлган тезликларда дон оқимига ҳаво бериш туфайли уни енгил чиқитлардан тозалаш мумкин.

Дон, дуккакли экинлар, чигит ва бошқа дондор материалларни тозаловчи жиҳозлар (пневматик сепараторлар) таркиби вентилятор, тебранувчи ясси элаклар, аспирация каналлари, енгил чиқиндиларни чўктириш камералари ва циклонлардан иборат бўлади.

Элаклар асосий материал массасидан ўлчамлари билан фарқланувчи, зичлиги катта бўлган чиқитларни ажратади; вентилятор жиҳоздаги материал қатламига ҳаво ҳайдаб, унинг таркибидаги енгил чиқитларни ажратади. Келгусида енгил чиқитлар чўктириш камераларида тутиб қолинади. Жараён мобайнида ҳосил бўлган чанг ва майда чиқитлар аспирация тармоғи орқали циклонларга узатилади. Циклонлар воситасида тозаланган ҳаво жиҳозларга қайтарилади (ёпиқ системада) ёки атмосферага чиқариб юборилади (очиқ системаларда).

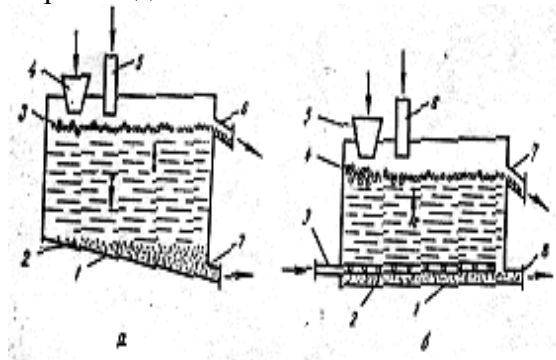


5.6- расм. Вейка схемаси: 1- ҳаво патрубкиси; 2- корпус; 3- юклаш патрубкиси; 4- енгил фракцияни чиқариш патрубкиси; 5, 6 ва 7- ажратилган фракцияларни йиғувчи бункерлар.

5.6-расмда энг оддий шопириш мосламаси бўлган вейканинг принципиал схемаси тасвирланган. Ҳаво оқимида ҳаракатланаётган материалнинг оғир заррачалари вейканинг дастлабки бункерларида чўкади. Сўнгра, унинг қайси бир фракцияси нисбатан енгил (зичлиги кам) бўлса, шу фракция вейка узунлиги бўйича нисбатан узокроқда жойлашган бункерлардан бирига тушади. Энг енгил фракция (чиқит ёки чанг) ҳаво оқими билан аппаратдан чиқиб кетади.

Гидравлик услубда (сув муҳитида) **саралаш** жараёнлари нўхот, мош, маккажўхори доналари ва бошқа майда ўлчамли хом-ашёларни фракцияларга ажратиш учун қўлланилади. Ушбу мақсадлар учун қўлланиладиган аппаратлар гидравлик сепараторлар ёки классификаторлар (5.7-расм) дейилади. Улар одатда оқин сувли металл желоб ёки чанлар сифатида тайёрланади.

Аппаратга махсус туйнук орқали ажратилиши лозим бўлган хом-ашё киритилади. Доначаларнинг зичлигига кўра, унинг оғир фракцияси (масалан, нўхот) аппарат тубига чўкади, енгил чиқит ва пучаклар эса сув юзасига қалқиб чиқади ва аппаратдан оқава сув билан бирга чиқарилиб юборилади. Гидротранспортёрда ювилаётган мева ва сабзавотлар таркибидан оғир чиқиндилар (кум, тош, тупроқ ва б.) ҳам худди шу принципда ажратилади.



5.7-расм. Гидравлик классификатор схемаси: 1- резервуар; 2- оғир фракция; 3- енгил фракция; 4 - юклаш бункери; 5- сув бериш патрубкиси; 6- енгил фракция учун лоток; 7- оғир фракцияни чиқарувчи лоток.

Назорат саволлари: 1. Дисперслик тушунчасига таъриф беринг. 2. Элаклар тўпламининг модули қандай катталиқ? 3. Элак тешикларининг ўтказиш юзаси қандай ҳисобланади? 4. Маҳсулот заррачаларининг ўлчамлари бўйича тақсимотнинг дифференциал ва интеграл эгри чизиқларини қуриш тартибини тушунтириб беринг. 5. Фракцияланган маҳсулот заррачаларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади? 6. Маҳсулотларни саралашдан (элашдан) кўзланган технологик мақсад нималардан иборат бўлиши мумкин? 7. Элакларнинг турлари ҳақида нималарни биласиз? 8. Маҳсулотларни элаш услублари, уларнинг афзалликлари ва камчиликлари ҳақида нималарни биласиз? 9. Сочилувчан маҳсулот таркибини дисперсиявий таҳлил қилишдан кўзланган мақсад нима? 10. Сочилувчан материалларни ажратиш жараёнига таъриф беринг. Ушбу жараён турлари ва уларни амалга ошириш услублари ҳақида нималарни биласиз? 11. Элаклаш жараёнининг моддий баланси тенгламасини туза оласизми? 12. Элаклаш машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлаш принципларини тушунтириб беринг. 13. Барабанли бурат ва грохотларнинг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш учун қандай тенгламалар тавсия этилган? 14. Пневматик ва гидравлик саралаш услублари ўртасидаги умумийлик ва фарқларни изохлаб беринг. 15. Енгил заррачаларни муаллақ учиб юриш тезлигининг критик қиймати қандай аниқланади? 16. Мева ва сабзавотларни хиллашдан мақсад нима? Хиллаш машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг иш принципларини тушунтириб бера оласизми? 17. Барабанли хиллаш машиналарининг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш тенгламаларини ёза оласизми? Ушбу тенгламалар таркибига кирувчи катталикларни машинанинг иш унумдорлигига таъсирини изохлаб беринг.

6-мавзу: Гидромеханик жараёнлар ва аппаратлар. Гидростатика асослари

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш тизимларида гидромеханик жараёнлар алоҳида ўрин тутати. Ушбу жараёнлар қаторига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- суюқликлар, газлар ва уларнинг аралашмаларини технологик қувурлар орқали узатиш;
- технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида ҳосил бўладиган турли жинсли бирикмаларни ажратиш;

- суюқлик муҳитларини механик аралаштиргичлар ёрдамида, пневматик услубда ёки циркуляция қилиш туфайли аралаштириш;
- майдаланган қаттиқ материал заррачалари ёки сочиловчан хом-ашёларни сиқилган ҳаво ёрдамида узатиш (пневмотранспорт, аэрозольтранспорт);
- хом-ашё, материаллар ва маҳсулотларга мавҳум қайнаш қатламида ишлов бериш ва бошқалар.

Технологик жараёнларнинг интенсивлиги гидромеханика қонунлари асосида аниқланади.

Озик-овқат технологияси жараёнлари ва аппаратларини ҳисоблаш пайтида қурилмалардаги гидродинамик шароитлар (оқимлар тезлиги ва гидродинамик структураси) ҳисобга олинади. Бундан ташқари, суюқликлар сарфини аниқлаш, технологик сиғимларни тўлдириш (бўшатиш) вақтини аниқлаш, насосларни танлаш каби бир қатор муҳандислик масалаларининг ечимини топиш учун гидромеханика қонунларини билиш зарур бўлади.

Гидромеханика суюқликнинг мувозанати ва ҳаракатини ҳамда суюқлик ва унинг таркибидаги қаттиқ жисм заррачалари ўртасидаги ўзаро таъсир жараёнларини ўрганади. Гидромеханика қонунлари ва уларни амалиётда қўллаш усуллари гидравлика фани материалларида ёритилади.

Гидравлика гидростатика ва гидродинамика қисмларидан иборат. Гидростатикада суюқликларнинг мувозанат қонунлари ва тинч ҳолатдаги суюқликка тўла ёки қисман чўктирилган жисмларга кўрсатиладиган таъсир (акс таъсир) қонуниятлари ўрганилади. Суюқликлар ҳаракати ва жисмни суюқлик оқими ювиб ўтиши пайтидаги ўзаро таъсир қонуниятлари гидродинамика бўлимида келтирилади.

Умумий маълумотлар

Гидравлика фанининг асосий атамаларидан бири **суюқлик** тушунчасидир. Суюқликлар оқувчан хусусиятга ва ҳажмга эга, аммо муайян шаклга эга эмас. Ташқи кучлар таъсири бўлмаган шароитларда, молекуляр кучлар таъсири остида, суюқлик шар шаклини олади.

Газлар суюқликлар каби шаклсиз, аммо муайян ҳажмга эга бўлмайди. Улар ҳар қандай идиш ҳажмини тўла эгаллайди. Суюқликларга нисбатан газларнинг қовушқоқлиги ва зичлиги анча кичик. Газлар катта босимлар остида суюлтирилади.

Технологик системалардаги суюқлик, буғ ва газларнинг ҳаракат тезликлари товуш тезлигидан анча паст бўлади. Шунинг учун ҳам уларнинг ҳаракатланиш қонунлари амалий жиҳатдан суюқликларнинг ҳаракат қонунлари билан деярли бир хил бўлади. Шу сабабдан, узлуксиз ҳаракатдаги барча оқувчан моддий муҳитлар (моддалар) гидравликада суюқлик сифатида кўрилади.

Гидромеханиканинг асосий қонунларини келтириб чиқариш ва ҳақиқий (реал) суюқликларнинг ҳаракат қонуниятларини ўрганишни осонлаштириш мақсадида идеал суюқлик тушунчаси киритилган. Босим ва ҳарорат таъсири остида ўз ҳажмини ўзгартирмайдиган, сиқилмайдиган, ўзгармас зичликка ва абсолют оқувчанликка эга (қовушқоқлиги йўқ) бўлган суюқликлар **идеал суюқликлар** деб таърифланади.

Суюқликларнинг физик хусусиятлари ҳақидаги дастлабки маълумотлар ушбу қўлланмани 3.3 бандида келтирилган.

Ташқи кучлар таъсири остида суюқликларнинг ўз ҳажмини ўзгартириш хусусияти сиқилувчанлик дейилади ва ҳажмий сиқилиш коэффиенти β билан тавсифланади

$$\beta = -(dV/dP)(1/V), \quad (6-1)$$

бу ерда, dV - ҳажмнинг нисбий ўзгариши, m^3 ; V - дастлабки ҳажм, m^3 ; dP - босимнинг ортиши, Па.

Сув учун $\beta = 0,5 \cdot 10^{-9} m^3/H$. Демак, сув деярли сиқилмайдиган суюқлик бўлиб, босим 40 МПа гача оширилса β қиймати атиги 2% га ортади.

Ҳажмий сиқилиш коэффициентига тескари бўлган катталик ҳажмий биқирлик модули E дейилади:

$$E = 1/\beta. \quad (6-2)$$

Ушбу катталик пластик ва қовушқоқ маҳсулотларни (ҳамир, қийма, пюре, сироп ва б.) тавсифлаш учун кенг қўлланилади.

Хом-ашёни қайта ишлаш ва маҳсулот тайёрлаш жараёнларида суяқликларни юқори ҳарорат таъсирида кенгайиши кузатилади. Ушбу жараён ҳарорат таъсирида ҳажмий кенгайиш коэффициенти β_t билан тавсифланади:

$$\beta_t = (dV/dt)(1/V), \quad (6-3)$$

бу ерда dt - ҳароратнинг ортиши, $^{\circ}\text{C}$.

Ушбу коэффициентнинг $0 \div 100^{\circ}\text{C}$ ҳарорат чегараларидаги сув учун аниқланган қиймати $\beta_t = 208 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Суяқликларнинг айрим хоссалари - қовушқоқлиги, сирт таранглиги ва капиллярлиги ички (молекуляр) кучлар таъсирида намоён бўлади.

Реал суяқликлар нисбий ва абсолют тинч ҳолатларда бўлиши мумкин. Суяқликнинг нисбий тинч ҳолати ҳаракатдаги идиш (жиҳоз) деворларига нисбатан кузатилади. Қўзғалмас идишдаги суяқликни тинч ҳолати ерга нисбатан абсолют тинч ҳолат деб ҳисобланади.

Реал суяқликларга таъсир этувчи кучлар

Ҳаракатсиз суяқлик сирт ва ҳажмий кучлар таъсири остида бўлади.

Сирт кучлари суяқликни атроф-муҳитдан ажратиб турувчи юзага таъсир кўрсатади. Таъсир кучи юза майдонига пропорционал бўлади. Бундай кучлар қаторига босим кучлари ва ишқаланиш (қовушқоқлик) кучлари киради.

Ҳажмий (массавий) кучлар суяқлик ҳажми бўйича бир хилда тарқалган бўлади. Бу кучларнинг таъсири суяқлик массасига нисбатан пропорционал бўлади.

Оғирлик кучи, инерция кучлари ва марказдан қочма кучлар массавий кучлар гуруҳига киради.

Оғирлик кучининг G интенсивлиги суяқликни солиштирма оғирлиги ($\text{H}/\text{м}^3$) билан тавсифланади:

$$\gamma = \lim_{V \rightarrow 0} (G/V) = \lim_{V \rightarrow 0} (mg/V) = \rho g.$$

Суяқликнинг босим кучларини идиш тубига, деворларига, унга қисман ёки тўла чўктирилган жисм сиртига кўрсатадиган таъсири гидростатик босим қиймати билан белгиланади

$$P_F = \Delta P / \Delta F \text{ ёки } P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} (\Delta P / \Delta F), \quad (6-4)$$

бу ерда ΔF - таъсир юзаси, м^2 ; ΔP - суяқлик сатхининг босим кучи, Па.

Тинч ҳолатдаги суяқликнинг ҳар қандай нуктасидаги босим қиймати, барча йўналишлар бўйича бир хил ва ҳамма вақт нормал бўйича йўналган бўлади.

Босимни СИ системасидаги ўлчов бирлиги Па (ёки $\text{H}/\text{м}^2$). Амалиётда гидростатик босим кПа, МПа, техник атмосфера (ат), физик атмосфера (атм), мм симоб устуни, метр сув устуни ва бошқа ўлчов бирликларида ифодаланиши мумкин. Масалан, $1 \text{ атм} = 103300 \text{ Па} = 760 \text{ мм симоб устуни} = 10 \text{ м сув устуни}$; $1 \text{ МПа} = 10^3 \text{ кПа} = 10^6 \text{ Па}$.

Агар суяқлик сиртига таъсир қилаётган атмосфера босими $P_{\text{атм}}$ ҳисобга олинса, у ҳолда абсолют (ёки тўла) $P_{\text{абс}}$ босим

$$P_{\text{абс}} = \rho g H + P_{\text{атм}}, \quad (6-5)$$

бу ерда $\rho g H$ - суяқликнинг босими; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - эркин тушиш тезланиши; H - суяқлик сатхининг баландлиги, м.

Атмосфера босимидан ортиқча (ёки манометрик) босим қиймати $P_{\text{ман}}$ суяқликдаги абсолют босим $P_{\text{абс}}$ ва $P_{\text{атм}}$ ўртасидаги айирмага тенг

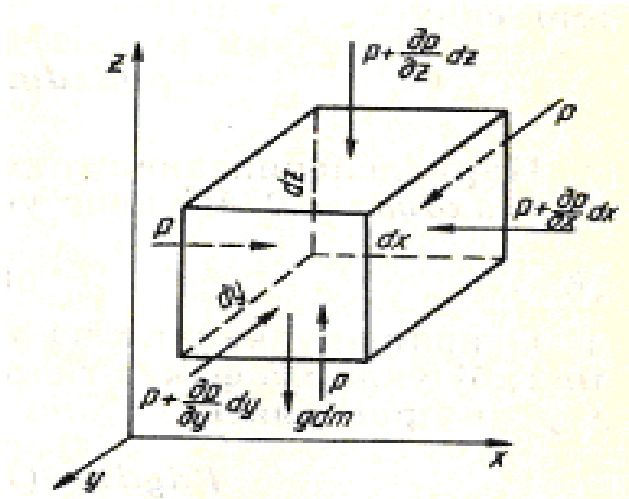
$$P_{\text{ман}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}. \quad (6-6)$$

Сийракланиш (вакуум) шароитида амалга ошириладиган жараёнлар учун вакуум киймати

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}} = -P_{\text{ман}}; \quad P_{\text{вак}} < P_{\text{атм}}. \quad (6-7)$$

Мувозанатдаги суюқлик учун Эйлернинг дифференциал тенгламаси

Бирон-бир идишда тинч ҳолатда турган суюқликка оғирлик ва босим кучлари таъсир этишини юқорида айтиб ўтдик. Бу кучларнинг ўзаро таъсирини суюқлик ичида тақсимланиши Эйлернинг дифференциал тенгламаси билан ифодаланади. Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун идишдаги суюқлик ҳажмидан, ихтиёрий равишда, қирралари dx , dy ва dz бўлган параллелепипед шаклидаги элементар бўлакча ажратиб олинади (6.1-расм). Сўнгра фазовий



6.1- расм. Суюқликнинг мувозанат ҳолати учун Эйлернинг дифференциал тенгламасини келтириб чиқариш схемаси.

координаталар системасида суюқликнинг ушбу бўлаги мувозанатини сақловчи оғирлик ва гидростатик кучлар таъсири кўриб чиқилади.

Параллелепипед ҳажми $dV = dx \, dy \, dz$, унга таъсир этувчи оғирлик кучи эса

$$dG = g \, dm, \quad (6-8)$$

бу ерда dm - элементар бўлакчанинг массаси, кг.

Параллелепипедни ҳар бир томонига таъсир этувчи гидростатик босим кучлари киймати гидростатик босимни p элементар бўлакча юзасига кўпайтмасига тенг бўлади. Гидростатик босим юзаларга ўтказилган нормаллар бўйича таъсир этиши сабабли ушбу босим барча координаталар ўқларининг функциясидир

$$p = f(x, y, z).$$

Параллелепипеднинг қарама-қарши томонларида гидростатик босимни ўзгаришлари қуйидагича бўлади:

$$(\partial p / \partial z) dz; \quad (\partial p / \partial y) dy; \quad (\partial p / \partial x) dx.$$

Статиканинг асосий принципига биноан, мувозанатдаги суюқлик бўлакчасига таъсир этаётган кучларнинг координаталар ўқларига туширилган проекциялари йиғиндиси нулга тенг, яъни:

$$\Sigma X_i = 0; \quad \Sigma Y_i = 0; \quad \Sigma Z_i = 0. \quad (6-9)$$

Кучларнинг Z ўқиға нисбатан олинган проекциялари:

- оғирлик кучи Z ўқи йўналишига қарама-қарши йўналган бўлади

$$dG = -g \, dm = -g \rho dV = -\rho g dx dy dz;$$

- параллелепипеднинг юқори қиррасига таъсир қилувчи гидростатик босим кучи

$$-[p + (\partial p / \partial z) dz] dx dy,$$

- параллелепипеднинг қуйи қисмига таъсир қилувчи босим кучи эса

$$p dx dy.$$

Шундай қилиб, Z ўқиға туширилган кучлар проекцияларининг йиғиндиси

$$\Sigma Z_i = 0; - \rho g dx dy dz - (p + \frac{\partial p}{\partial z} dz) dx dy + p dx dy = 0. \quad (6-10)$$

Қавс очилгач, ушбу ифодани соддалаштирилгандан сўнгги кўриниши

$$- \rho g dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial z} dx dy dz = 0. \quad (6-11)$$

$dx dy dz = dV \neq 0$ бўлганлиги сабабли

$$- \rho g - \frac{\partial p}{\partial z} = 0. \quad (6-12)$$

X ўқиға туширилган кучлар проекцияларининг йиғиндиси

$$\Sigma X_i = 0; p dy dz - [p + (\partial p / \partial x) dx] dy dz = 0 \quad (6-13)$$

ёки

$$p dy dz - p dy dz - (\partial p / \partial x) dx dy dz = 0. \quad (6-14)$$

(6-14) тенгламани тегишли тартибда соддалаштирилган сўнгги кўриниши куйидагича бўлади

$$- \partial p / \partial x = 0. \quad (6-15)$$

Y ўқиға туширилган кучларнинг проекциялари йиғиндиси

$$\Sigma Y_i = 0; -[p + (\partial p / \partial y) dy] dx dz + p dx dz = 0. \quad (6-16)$$

Ушбу (6-16) тенгламани юқорида келтирилган тартибда соддалаштирсак, унинг сўнгги кўриниши

$$- \partial p / \partial y = 0. \quad (6-17)$$

Шундай қилиб, элементар ҳажмли параллелепипеднинг мувозанат шарти (6-12), (6-15) ва (6-17) тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$\begin{cases} - \rho g - \partial p / \partial z = 0; \\ - \partial p / \partial x = 0; \\ - \partial p / \partial y = 0. \end{cases} \quad (6-18)$$

Ушбу (6-18) тенгламалар системаси суюқликнинг мувозанат ҳолати учун Эйлернинг дифференциал тенгламаси деб юритилади. Ушбу тенглама тинч ҳолатдаги суюқликнинг гидростатик босими фақатгина унинг сатхи бўйича (вертикал йўналишда) ўзгаришини кўрсатади ($\partial p / \partial x = 0$, $\partial p / \partial y = 0$). Горизонтал текисликдаги ҳар бир нуқта учун босим қиймати бир хил бўлади.

Гидростатиканинг асосий тенгламаси

Эйлернинг дифференциал тенгламасини (6-18) интеграллаш туфайли тинч ҳолатдаги суюқликнинг исталган ихтиёрий нуқтасида гидростатик босим ва оғирлик кучларининг қийматларини аниқлаш мумкин.

(6-18) тенгламалар системасида $\partial p / \partial x = 0$ ва $\partial p / \partial y = 0$ эканлиги сабабли, $\partial p / \partial z$ хусусий ҳосилани dp/dz билан алмаштириш мумкин. У ҳолда

$$- \rho g - dp/dz = 0. \quad (6-19)$$

Ўз навбатида (6-19) тенгламани

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

кўринишда ифодалаш мумкин.

Шундан сўнг, ушбу тенгламанинг ҳар иккала ҳадини ρg кўпайтмасига бўлиб, уларнинг ишораларини алмаштирамиз:

$$dz + dp \left(\frac{1}{\rho g} \right) = 0.$$

Сиқилмайдиган бир жинсли суюқликлар учун $\rho = \text{const}$ эканлиги сабабли

$$dz + d \left(\frac{p}{\rho g} \right) = 0 \quad \text{ёки} \quad d \left(z + \frac{p}{\rho g} \right) = 0.$$

Ушбу тенгламани интеграллаш натижасида қуйидаги ифодага эга бўламиз:

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}, \quad (6-20)$$

бу ерда z - нуктанинг суяқликдаги ихтиёрий горизонтал текисликка нисбатан олинган баландлиги ёки геометрик напор (босим), м; $p/(\rho g)$ - статик (пьезометрик) босим ёки босим кучи, м.

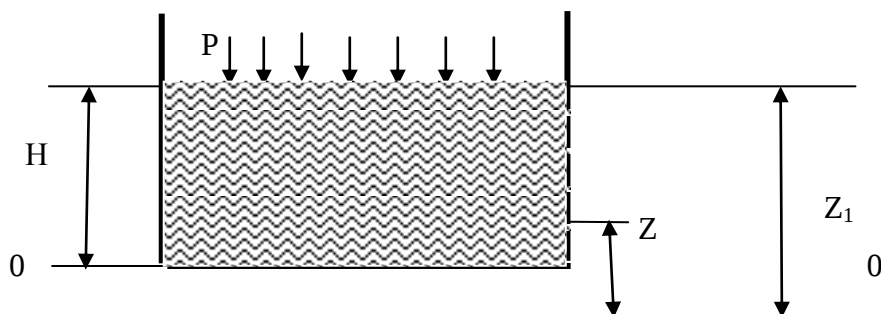
(6-20) тенглама гидростатиканинг асосий тенгламаси дейилади. Ушбу тенгламага асосан, тинч ҳолатдаги суяқликнинг ҳар қандай нуктасида геометрик ва статик босим кучларининг йиғиндиси ўзгармас миқдорга тенг.

Умумий ҳолда гидростатиканинг асосий тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин

$$P = P_0 + \rho g H, \quad (6-21)$$

бу ерда P_0 - суяқлик юзасига таъсир қилаётган босим (атмосфера босими, вакуум ёки атмосфера босимидан ортиқ бўлган босим); H - суяқлик устуни баландлиги.

(6-21) тенглама гидростатик босим қиймати суяқлик устуни баландлигидан боғлиқ эканлигини кўрсатади.

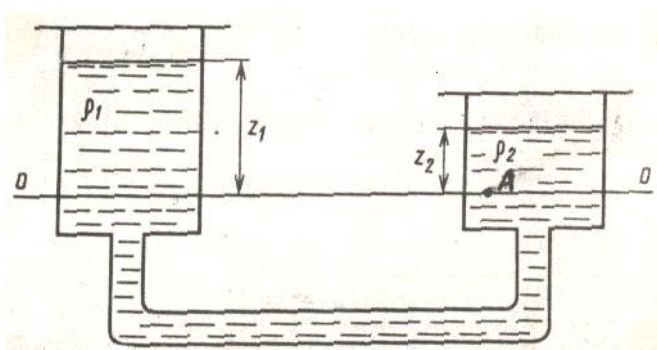


6.2- расм. Гидростатиканинг асосий тенгламасини тушунтириш учун схема.

Гидростатиканинг асосий тенгламасидан амалиётда фойдаланишга доир мисоллар

Гидростатиканинг асосий тенгламаси бир қатор муҳим амалий иловаларга эга. Уларнинг айримларини кўриб чиқамиз.

Туташ идишлар принципи ва ундан фойдаланиш. Иккита очик туташ идишлар бир хил зичликдаги ($\rho_1 = \rho_2 = \rho$) суяқлик билан тўлдирилган бўлсин.



6.3- расм. Туташ идишларда мувозанат шартлари.

Ихтиёрий A нуктадан ўтказилган $O-O$ текисликка нисбатан гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$P_{\text{атм}} + \rho g z_1 = P_{\text{атм}} + \rho g z_2.$$

Ушбу тенгламадан $z_1 = z_2$ эканлиги аниқ кўринади. Шундай қилиб, бир хил босим остида бўлган ва бир хил зичликдаги суяқлик билан тўлдирилган очик ёки ёпиқ туташ идишлардаги суяқликлар сатхи, идишларнинг қўндаланг кесим юзаси ва шаклидан қатъий назар, ўзаро тенг бўлади ва бир хил баландликда жойлашади.

Агар туташ идишлар турлича зичликдаги ($\rho_1 \neq \rho_2$) суюқликлар билан тўлдирилган бўлса, у ҳолда суюқликларнинг геометрик босимлари (нивелир баландликлари) нисбати ушбу суюқликларнинг зичликлари нисбатига тескари пропорционал бўлади

$$Z_1/Z_2 = \rho_2/\rho_1. \quad (6-23)$$

Сигимли идишларга ўрнатиладиган суюқлик сатҳини ўлчовчи трубкалар ва гидравлик затворлардан фойдаланиш принциплари туташ идишлар қонунларига асосланган.

Бир хилдаги суюқлик билан тўлдирилган туташ идишларда суюқликлар юзасига таъсир этувчи босимлар қиймати турлича ($P_1 \neq P_2$) бўлиши мумкин. У ҳолда гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

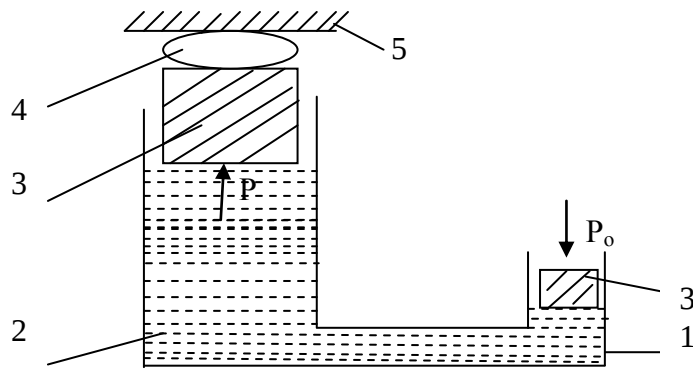
$$P_1 + \rho g Z_1 = P_2 + \rho g Z_2. \quad (6-24)$$

Ушбу тенгламадан идишлардаги суюқлик сатҳлари айирмаси аниқланади;

$$Z_1 - Z_2 = (P_1 - P_2)/\rho g. \quad (6-25)$$

Мазкур тенглама U- шаклдаги дифференциал манометрлар ёрдамида босимни ёки турли нукталардаги босимлар фарқини ўлчаш учун қўлланилади.

Гидравлик пресслар. Гидравлик прессларнинг ишлаш принципи (6.4-расм) ҳам гидростатиканинг асосий тенгламасидан фойдаланишга асосланган. Бундай пресслар узум, мева ва сабзавотлардан шарбат ажратиш, сочиловчан маҳсулотларни брикетлаш ва бошқа мақсадларда қўлланилади.



6.4- расм. Гидравлик пресс схемаси: 1,2- цилиндрлар; 3- поршень; 4- маҳсулот; 5- қўзғалмас плита.

Гидравлик пресснинг асосий ишчи қисмлари d_1 диаметрли кичик ва d_2 диаметрли катта ишчи цилиндрлардан иборат бўлади. Кичик цилиндрдаги поршенга 3 нисбатан катта бўлмаган куч билан босилса, туташ системада P босим ҳосил бўлади. Бу пайтда поршенларга кўрсатилаётган босим кучларининг қийматлари

$$P_1 = \pi d_1^2/4; \quad P_2 = \pi d_2^2/4. \quad (6-26)$$

Ушбу кучларнинг нисбати

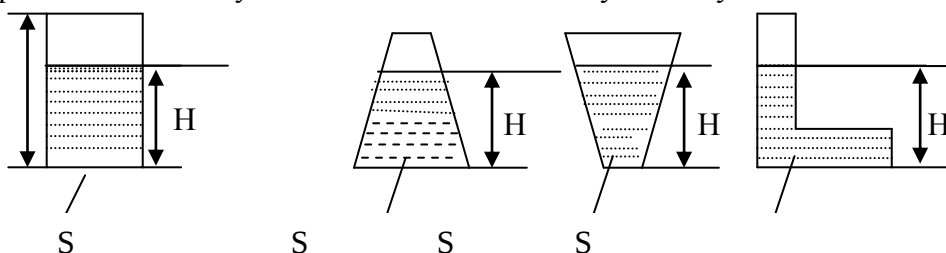
$$P_1/P_2 = d_2^2/d_1^2. \quad (6-27)$$

Шундай қилиб, катта диаметрлик поршенга кўрсатилаётган босим кучи

$$P_2 = P_1(d_2^2/d_1^2). \quad (6-28)$$

Демак, гидравлик прессларда куч нуктаи назардан эришиладиган ютуқ поршенлар диаметрлари квадратларининг нисбатига тўғри пропорционалдир.

Суюқликларни идиш деворига ва тубига кўрсатадиган босими. Ҳар қандай шаклдаги идишга (6.5-расм) қуйилган суюқликни унинг горизонтал тубига кўрсатадиган гидростатик босим кучи идишнинг шаклига ва ундаги суюқлик ҳажмига боғлиқ эмас.



6.5- расм. Гидростатик парадоксга доир схемалар.

Босим кучининг тўла қиймати суюқлик устунининг баландлиги H ва идиш тубининг юзаси S билан аниқланади:

$$F = PS = (P_0 + \rho g H)S. \quad (6-29)$$

Демак, ушбу ҳолатдан қуйидагича хулоса қилиш мумкин: ўзаро тенг юзали туб қопқоқли, аммо турлича шаклдаги идишларга бир хил сатҳда суюқлик қуйилса, бу идишлар тубига таъсир этувчи босим кучлари, идишлар шаклидан қатъий назар, бир хил қийматга эга бўлади. Бу ҳодиса Галилей томонидан аниқланган ва гидравлик парадокс деб номланади.

Суюқликнинг идиш деворига кўрсатадиган гидростатик босими қиймати унинг баландлиги бўйича ўзгаради:

$$P = (P_0 + \rho g H)F, \quad (6-30)$$

бу ерда F - девор юзаси; H - идишдаги суюқлик сатҳи.

Агар идиш девори унинг вертикал ўқиға нисбатан α бурчак остида бажарилган бўлса, у ҳолда

$$P = (P_0 + \rho g L \sin \alpha)F, \quad (6-31)$$

бу ерда L - деворнинг ҳўлланган қисми узунлиги.

Назорат саволлари: 1. Озиқ-овқат саноати корхоналарида қўлланиладиган гидромеханик жараёнларга мисоллар келтиринг. 2. Гидростатика ва гидродинамикада суюқликларнинг қандай қонунлари ўрганилади? 3. «Суюқлик», «газ» ва «идеал суюқлик» атамаларига таъриф беринг. 4. Реал ва идеал суюқликлар ўртасидаги фарқни тушунтириб беринг. 5. Суюқликларнинг физик хоссаларини санаб ўтинг, ушбу катталикларни тавсифлаб бера оласизми? 6. Абсолют ва нисбий тинч ҳолатлардаги суюқликларга қандай кучлар таъсир кўрсатади? 7. Гидростатик босимнинг хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? Босим қиймати қандай ўлчов бирликларида ўлчанади? 8. Идишдаги абсолют босимни қандай аниқлаш мумкин? 9. Эйлернинг дифференциал тенгламаси моҳиятини тушунтириб беринг? 10. Гидростатиканинг асосий тенгламаси қандай кўринишга эга? 11. Туташ идишлар принциpidан фойдаланишга оид мисоллар келтиринг. 12. Гидравлик прессларда кучдан қай тартибда ютиш мумкин? 13. Идиш деворига ва тубига кўрсатиладиган босим кучлари қандай ҳисобланади? 14. Гидравлик парадоксга оид мисоллар келтира оласизми?

7-мавзу: Гидродинамика асослари

Умумий маълумотлар

Гидродинамика суюқлик оқими ҳаракатининг асосий қонунларини ўрганади. Суюқликни технологик қувур ёки канал бўйлаб ҳаракати асосан насослар воситасида амалга оширилади. Суюқлик сатҳлари ёки зичликлари орасида фарқ бўлган ҳолатда ҳам оқим юзага келади.

Суюқликни ҳаракатланиш жараёни қуйидаги кинетик тенглама билан тавсифлади:

$$dV/(Fd\tau) = (1/R)\Delta P, \quad (7-1)$$

бу ерда V - суюқлик ҳажми, m^3 ; F - қувурнинг кўндаланг кесим юзаси, m^2 ; τ - жараён даври, s ; R - оқимга кўрсатиладиган қаршилик; ΔP - босимлар фарқи, Pa .

Гидродинамика қонунларига асосан берилган миқдордаги суюқликни ҳайдаш учун зарур бўлган босим қиймати ва энергия сарфи аниқланади, ёки аксинча, босимлар фарқи қийматига кўра суюқликнинг сарфи ва тезлиги ҳисобланади.

Гидродинамикани ўрганиш жараёнида ички, ташқи ва аралаш масалалар ажратилади. Ички масалада суюқликни қувурлар ва каналлар бўйлаб ҳаракати ўрганилади. Гидродинамиканинг ташқи масаласи (суюқликни механик услубда аралаштириш, қаттиқ жисм заррачаларини чўктириш каби жараёнлар) турли жисмларнинг суюқлик муҳитидаги ҳаракатига бағишланади. Суюқлик ва газларни қаттиқ жисм қатлами

орқали ҳаракатини ўрганиш (мавҳум қайнаш қатлами, фильтрация, адсорбция ва х.) гидродинамиканинг аралаш масаласига тегишли бўлади.

Сууюқлик оқимининг асосий тавсифлари

Сууюқлик оқимини тавсифлаш учун тезлик, сарф, оқим тури ва ҳаракат режими каби тушунчалардан фойдаланилади.

Оқимнинг тезлиги ва сарфи. Вақт бирлиги ичида қувурлар ёки каналлар орқали оқиб ўтган сууюқлик миқдори сууюқлик сарфи деб юритилади. Сууюқлик сарфи ҳажмий Q ($\text{м}^3/\text{сек}$) ёки массавий ($\text{кг}/\text{сек}$) бирликларда ўлчанади.

Сууюқликнинг ҳажмий сарфи қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади

$$Q = v_y F, \quad (7-2)$$

бу ерда v_y - сууюқлик оқимининг ўртача тезлиги, $\text{м}/\text{с}$; F - оқимнинг кўндаланг кесим юзаси, м^2 .

Сууюқликнинг массавий сарфи

$$M = \rho v_y F = Q\rho, \quad (7-3)$$

бу ерда ρ - сууюқликнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Сууюқлик ҳаракати (оқими) унинг ҳар бир заррачаси тезлиги билан тавсифланади. Оқимнинг кўндаланг кесим юзасидаги ҳар бир заррача вақт моменти бўйича турлича тезликка ва йўналишга эга бўлади.

Технологик қувурда ҳаракатланаётган сууюқлик оқимининг тезлиги қувур марказида максимал қийматга эга бўлади. Қувур девори юзасининг нотекислиги сабабли, девор ва унга тегиб ҳаракатланаётган сууюқлик қатлами ўртасида ишқаланиш кучи юзага келади. Натижада қувур девори яқинида оқим тезлиги кескин камаяди. Оқимнинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб тезликлар тақсимооти номаълумлиги сабабли, муҳандислик ҳисобларида сууюқликнинг ўртача тезлиги v_y тушунчаси қўлланилади. Бу пайтда оқимдаги барча заррачалар бир хил тезликда ҳаракатланади деб ҳисобланади. Бундай шартли тезлик сууюқликнинг ҳажмий сарфини оқимнинг кўндаланг кесимига бўлган нисбати билан аниқланади:

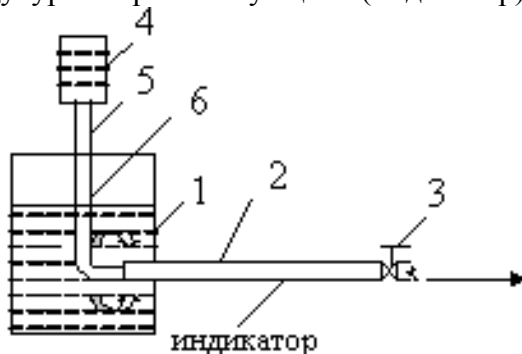
$$v_y = Q/F. \quad (7-4)$$

Айрим ҳолларда сууюқликнинг массавий тезлиги $v_m [\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})]$ тушунчаси қўлланилади

$$v_m = \rho v_y. \quad (7-5)$$

Реал сууюқликларнинг ҳаракат режимлари. Сууюқликни қувурдаги ҳаракати инглиз олими Осборн Рейнольдс томонидан ўта содда қурилма (7.1-расм) ёрдамида тўлиқ ўрганилган.

Қурилма таркиби ишчи сууюқлик идиши 1, унга бириктирилган шаффоф горизонтал қувур 2 ва рангли сууюқлик (индикатор) учун идишчадан 4 иборат бўлган.



7.1-расм. Тажриба қурилмасининг тузилиши: 1- ишчи сууюқлик идиши; 2- шаффоф қувур; 3,5- жўмраклар; 4- рангли сууюқлик учун идишча; 6- капилляр найча.

Тажрибалар мобайнида 1 идишдаги ишчи сууюқлик сатҳини ўзгармас ҳолатда бўлиши таъминланган. Дастлаб шаффоф қувурга ўрнатилган жўмрак 3 бироз очилиб, ундан сууюқлик оқиб чиқади. Шундан сўнг, 4 идишдаги рангли сууюқлик жўмрагини 5 очиш туфайли капилляр трубка 6 орқали шаффоф трубкага 2 индикатор юборилади. Индикатор зичлиги ва тезлиги ишчи сууюқлик параметрларига монанд бўлади.

Тажрибалар пайтида, шаффоф қувурдаги ишчи суюқлик сарфи кичик бўлганда, рангли суюқликнинг ингичка оқими ип шаклида (аниқ горизонтал ҳолатда) бўлади. Бу пайтда индикатор ва ишчи суюқликларнинг ўзаро аралашуви кузатилмаган. Демак, ишчи суюқлик ва буёқ заррачаларининг йўллари тўғри чизикли бўлиб, улар ўзаро параллел траекториялар бўйича ҳаракатланади. Суюқликнинг бундай турғун оқими параллел оқимчали ёки ламинар (лот. *lamina*- қатлам) оқим деб номланган.

Келгусида, ишчи суюқлик сарфи оширилганда, шаффоф қувурдаги рангли суюқлик толаси дастлаб тўлқинлана бошлайди ва ниҳоят ишчи суюқлик массаси билан аралашиб, тўла ювилиб кетади.

Оқимнинг кўндаланг кесимида интенсив аралашувга сабаб бўладиган бундай тартибсиз ҳаракат турбулент (лот. *turbulentus*- тартибсиз, тез оқар) оқим деб белгиланган.

Рейнольдс ўз тажрибалари ёрдамида ҳаракатни ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши нафақат оқим тезлигидан, балки суюқликнинг физик хоссалари (зичлиги, қовушқоқлиги) ва аниқловчи геометрик ўлчамдан (қувурнинг ички диаметридан) ҳам боғлиқ эканлигини аниқлади. Бу ўзгарувчан катталиклар асосида Рейнольдс қуйидаги ўлчамсиз комплексни келтириб чиқарди:

$$Re = \rho d v / \mu = \rho d / \nu, \quad (7-10)$$

бу ерда ν - оқимни ўртача тезлиги, м/с; d - қувурнинг ички диаметри, м; ρ - суюқликнинг зичлиги, кг/м³; μ - қовушқоқликнинг динамик коэффициенти, Па·с; ν - қовушқоқликнинг кинематик коэффициенти, м²/сек.

Ушбу ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерийси дейилади. Re критерийсининг сон қиймати ҳаракат режимини аниқлаш билан бирга оқим ҳаракатидаги қовушқоқлик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини ҳам аниқлайди.

Суюқликни ҳаракат режими Рейнольдс критерийсининг критик қиймати $Re_{кр}$ билан аниқланади. Тўғри ва текис юзали қувурлар учун $Re_{кр}=2300$. Агар $Re < 2300$ бўлса суюқлик оқими ламинар режимда, агар $Re > 2300$ бўлса - турбулент режимда бўлади. $Re > 10^4$ бўлганда суюқликнинг турғун турбулент режими юзага келади. $2300 < Re < 10^4$ чегаралар ўтиш соҳаси бўлиб, бу пайтда қувур девори ёнида суюқлик ҳаракати ламинар, унинг ўқи атрофида эса турбулент режимда бўлади.

Суюқликлар кесим юзаси думалоқ бўлмаган турлича шаклдаги каналларда ҳам оқиши мумкин. Бундай ҳолларда (7-10) тенгламадаги аниқловчи геометрик ўлчам - қувур диаметри ўрнига каналнинг эквивалент диаметри $d_э$ (7-6) ишлатилади.

Турбулент оқимнинг тузилиши. Саноат корхоналарида бир қатор технологик жараёнлар моддий оқимлар ҳаракатининг турбулент режимларида амалга оширилади. Бундай шароитларда жараёнларнинг кечиш интенсивлиги кескин ортади. Турбулент оқим структураси суюқликнинг ҳаракат режими, физик хоссалари ва оқимни чегараловчи каналнинг шакли ва ўлчамлари билан аниқланади.

Хаотик (нестационар) тарзда ҳаракатланувчи уюмалар оқимнинг алоҳида элементлари бўлиб ҳисобланади. Уюмалар битта умумий оний ўқ атрофида бир хил бурчак тезлик билан айланувчи заррачалар гуруҳи деб талкин этилади. Турбулент оқим пайтида уюмалар узлуксиз равишда юзага келади ва сўнади. Оқимнинг турбулентлик чегараси ташқи чегараловчи омиллардан, масалан, қувур диаметридан, боғлиқ бўлади. Уюмаларнинг тартибсиз кўчиб юриши оқим кесими юзаси бўйлаб суюқликнинг интенсив аралашувига сабаб бўлади. Пульсация – уюмалар турбулентлигини тўларок белгилувчи омил бўлиб ҳисобланади.

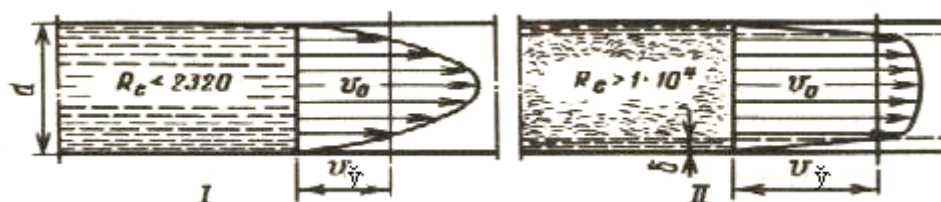
Ламинар режимда тўғри ва думалоқ қувур ўқи бўйлаб кузатиладиган энг юқори тезлик v_{max} ўртача тезликка нисбатан икки марта катта бўлади:

$$v_{\bar{y}} = 0,5 v_{max}. \quad (7-11)$$

Турбулент режимда қувур кесими бўйича тезлик нисбатан текис тарқалади

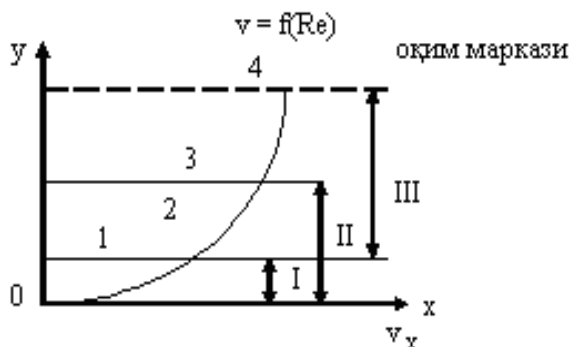
$$v_{\bar{y}} = (0,8 \div 0,9) v_{max}. \quad (7-12)$$

Оқим режимларида тезликлар тақсимотининг эгри чизиклари 7.2-расмда тасвирланган.



7.2-рasm. Оқимнинг кесим юзаси бўйича тезликлар тарқалишининг эгри чизиклари: а- ламинар режим учун; б- турбулент режим учун.

Турбулент оқим шартли равишда оқим ядроси ва чегара қатлами соҳаларига ажратилади. Чегаравий қатламда турбулент оқимни ламинар оқимга айланиши кузатилади. Бу пайтда оқим тезлиги максимумдан (кувур ўқида) нулга (девор юзасида) қадар камаяди.



7.3-рasm. Тезлик тақсимоти бўйича турбулент оқимнинг кўндаланг кесимини тузилиш модели: 1- қовушқоқ қатлам; 2- оралик (буфер) қатлам; 3- тўлиқ турбулент қатлам; 4- оқим ядроси; I- қовушқоқ оқим соҳаси; II- девор олди соҳаси; III- тўла турбулент оқим.

Турбулент оқимнинг кўндаланг кесими бўйича тезлик тақсимотининг назарий модели 7.3-рasmда тасвирланган. Мазкур графикнинг таҳлили асосида думалоқ кувурлар ва каналлардаги оқимни бир неча соҳаларга ажратиш мумкин.

1 соҳа - қовушқоқ қатламда оқимнинг ўртача тезлиги молекуляр қовушқоқлик қийматидан боғлиқ бўлади, тезликни ўзгариши амалий жиҳатдан тўғри чизикли (ламинар оқимдагидек). Ушбу қатлам қалинлиги оқим радиусининг деярли 1%-ини ташкил этади.

2 соҳа - оралик (буфер) қатлам қалинлиги ҳам оқим радиусининг деярли 1% ини ташкил этади. Бу зонада қовушқоқлик ва турбулентлик кучлари таъсирида юзага келувчи кучланишлар ўзаро тенглиги сабабли оқимнинг турбулентлиги кескин сўнади.

3 соҳа - тўлиқ турбулент қатламда девор юзасининг оқимга таъсири сезиларли ва турбулентлик даражаси юқорилиги сабабли қовушқоқлик кучланишларини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Оқимнинг ўртача тезлиги логарифмик қонуният асосида ўзгаради.

4 соҳа - турбулент оқим ядроси. Бу соҳада оқим тўла турбулент режимда бўлади, турбулентлик масштаби кувур ёки каналнинг аниқловчи геометрик ўлчами билан белгиланади.

1 ва 2 соҳа қатламлари умумлаштирилиб, қовушқоқ қатлам ёки қовушқоқ оқим соҳаси (I) деб юритилади. Бу соҳада ишқаланиш кучларини юзага келиши ва ҳаракат энергиясини узатилишида қовушқоқлик асосий роль ўйнайди. Қовушқоқ қатлам қалинлиги девор ғадир-будурликлари баландлигидан катта бўлган ҳоллардагина қовушқоқ оқим юзага келиши мумкин.

3 ва 4 соҳалар тўла турбулент оқим зонасини (III) ташкил этади. Бу зонада турбулентлик масштаби қовушқоқликдан боғлиқ бўлмайди.

1, 2 ва 3 соҳалар чегаравий (девор олди) зонани (II) ташкил этади. Бу зонада турбулент ҳаракат ламинар ҳаракатга айланади.

Юқорида кўриб чиқилган турбулент оқимнинг тўрт қатламли назарий модели реал оқимдан анча фарқ қилади. Ҳақиқатда эса қатламларнинг оралари аниқ чегараланмаган. Шунинг учун $v=f(Re)$ чизигида (7.3-рasm) ажратилган 1,2,3 ва 4 нукталар шартлидир.

Назорат саволлари: 1. Сууюқликларнинг қувурлар ва каналлар бўйлаб оқишига сабаб бўлувчи кучлар табиати ҳақида нималарни биласиз? 2. Сууюқлик оқимининг тезлиги ва сарфи қандай аниқланади? 3. Сууюқликнинг ўртача тезлиги тушунчасини қўллашдан мақсад нима? 4. Сууюқликнинг турғун ва нотурғун ҳаракатлари ўртасида қандай фарқ мавжуд? 5. Қандай ҳолатларда асосий аниқловчи ўлчам сифатида эквивалент диаметр қўлланилади? 6. Оқимнинг узлуксизлиги тенгламасининг моҳияти нимадан иборат? 7. Сууюқлик оқими ҳаракатини ўрганиш учун Рейнольдс яратган тажриба қурилмасининг ишлаш принципини тушунтириб беринг. 8. Ламинар ва турбулент оқим ўртасидаги фарқни изохлаб беринг. 9. Турбулент оқим структураси ҳақида нималарни биласиз? 10. Сууюқлик ҳаракатини ифодаловчи қандай дифференциал тенгламалар мавжуд? Ушбу тенгламалар қандай кучлар ўртасидаги боғлиқликларни ифодалайди? 11. Бернулли тенгламасини қўллаш асосида қайси бир турдаги муҳандислик масалаларини ҳал этиш мумкин? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг. 12. Технологик қувурлар системасининг гидравлик қаршилигини ҳисоблашдан кўзланган асосий мақсад нима? 13. Ички ишқаланиш кучлари ва маҳаллий қаршилиқларни енгил учун зарур бўладиган босим йўқотилишлари қандай ҳисобланади? 14. Технологик қувурнинг оптимал диаметрини аниқлаш услубини тушунтириб беринг. 15. Сууюқликнинг резервуардан оқиб чиқиш тезлиги, сарфи ва вақти қандай аниқланади? Ушбу катталиқларни ҳисоблашдан мақсад нима? 16. Ньютон ва ноньютон сууюқликлар ўртасида қандай фарқлар бор? 17. Аномал сууюқликларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг реологик хусусиятларини таърифлай оласизми? 18. Аномал сууюқликнинг ҳаракат тезлиги ва сарфини аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд?

8-мавзу: Сууюқликларни насослар ёрдамида узатиш

Умумий маълумотлар

Саноат корхоналарида турли хил сууюқликлар технологик қувурлар ёрдамида горизонтал ёки вертикал йўналишларда узатилади. Сууюқликларни узатиш учун насослардан фойдаланилади.

Насос - бу гидравлик машина бўлиб, унда электродвигателнинг механик энергияси узатилаётган сууюқлик оқими энергиясига (босимига) айлантирилади. Насос сууюқликни қуйи сатҳдан юқори сатҳга узатиш учун қўлланилади. Ушбу сатҳлардаги сууюқлик босимлари ўртасидаги фарқ (потенциал энергия, жараённи ҳаракатлантирувчи кучи) уни технологик қувурлар ёки қурилмалар бўйлаб ҳаракатлантиради.

Ишлаш принципага кўра ҳажмий, парракли (марказдан қочма типдаги), уюрмавий ва ўқли (пропеллерли) насослар мавжуд.

Ҳажмий насосларни ишлаш принципи маълум бир ҳажмдаги сууюқликни ёпиқ камерадан, айланма ёки илгариланма-қайтма ҳаракат қилувчи ишчи орган ёрдамида, суриб чиқаришга асосланган. Ҳажмий насослар туркумига поршенли, диафрагмали, тишли ғилдиракли, винтли ва пластинали насослар киради.

Парракли насослар марказдан қочма типдаги ва пропеллерли (ўқли) насосларга ажратилади. Марказдан қочма типдаги насосларда сууюқлик парракли ишчи ғилдирак марказидан насос корпуси деворига томон ҳаракатланади. Бу пайтда юзага келувчи марказдан қочма куч сууюқлик босимини ҳосил қилади. Пропеллерли насос ёрдамида узатилаётган сууюқлик ишчи ғилдиракнинг ўқи йўналишида сурилади.

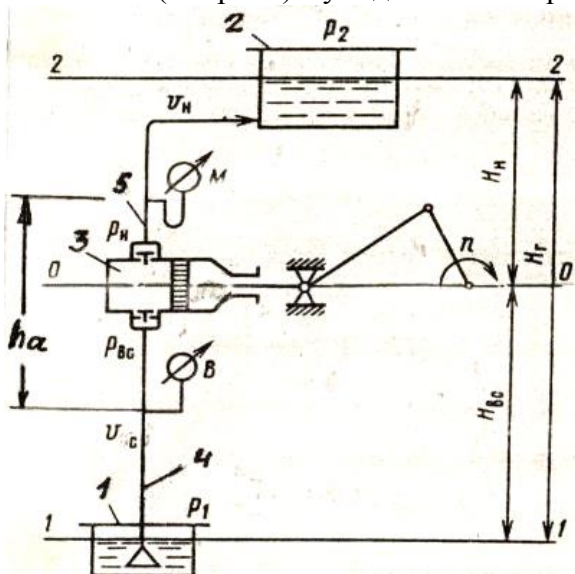
Уюрмавий ва ўқли насосларда сууюқлик ишчи ғилдиракларнинг айланиши пайтида уюрмаларни интенсив ҳосил бўлиши ва парчаланиши натижасида юзага келувчи ишқаланиш энергияси ҳисобига узатилади.

Насосларнинг асосий ишчи параметрлари

Насос ишини тафсифловчи асосий катталиқлар қаторига иш унумдорлиги Q ($\text{м}^3/\text{соат}$, $\text{л}/\text{сек}$), босими H (м) ва истёмоқ қуввати N (кВт) киритилган.

Насос босими (напори) H ҳайдалаётган суюқликнинг бирлик массасига берилган солиштирма энергия миқдори билан тавсифланади ва одатда метрларда ўлчанади.

Суюқликни бир идишдан (қурилмадан) иккинчи идишга (қурилмага) ҳайдаш ҳар қандай насоснинг асосий вазифаси эканлигидан келиб чиқиб, унинг принципиал схемасини (8.1-расм) буйидагича тасвирлаш мумкин.



8.1 - расм. Насос қурилмасининг схемаси: 1- қуйи сатҳдаги идиш; 2- юқори сатҳдаги идиш; 3-насос; 4- сўриш линияси; 5- ҳайдаш линияси; В- вакуумметр; М- манометр; h_a - вакуумметр ва манометр ўрнатилган нуқталар орасидаги вертикал масофа.

Насос қурилмасининг схемасига асосан унинг сўриш баландлиги H_c , ҳайдаш баландлиги H_x ва суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги H_r аниқланади. H_r катталиқ насоснинг тўла босими (напори) деб юритилади.

Қуйи сатҳда жойлашган идишдаги суюқлик юзасидан то насос ўқигача бўлган баландлик насоснинг сўриш баландлиги H_c дейилади.

Насос ўқидан то юқори идишдаги суюқлик сатҳигача бўлган масофа, вертикал ўқ бўйича, насоснинг ҳайдаш баландлиги H_x дейилади.

Суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги сўрилиш ва ҳайдаш баландликлари йиғиндисига ($H_r = H_c + H_x$) ёки ҳар иккала идишдаги суюқлик сатҳлари орасидаги масофага тенг бўлади.

Насос ҳосил қиладиган тўла босимни аниқлаш мақсадида ҳайдаш ва сўриш линиялари учун Бернулли тенгламасидан фойдаланамиз. Бунинг учун насос ускунасининг схемаси шартли равишда 3 та сатҳга ажратилади: 0-0 - насос ўқи орқали ўтадиган таққослаш сатҳи, 1-1 - пастки идишдаги суюқлик сатҳи ва 2-2- юқорида жойлашган идишдаги суюқлик сатҳи.

Насоснинг сўриш линияси (0-0 ва 1-1 сатҳлар) учун Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = H_c + \frac{v_c^2}{2g} + \frac{P_c}{\rho g} + h_c. \quad (8-1)$$

Насоснинг ҳайдаш линияси (0-0 ва 2-2 сатҳлар) учун Бернулли тенгламаси

$$P_x/(\rho g) + v_x^2/2g = H_x + v_2^2/2g + P_2/(\rho g) + h_x. \quad (8-2)$$

бу ерда P_1 - пастки идишдаги босим; P_2 - юқори идишдаги босим; v_1 ва v_2 - пастки ва юқори идишлардаги суюқликнинг тезлиги; v_c ва v_x - сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги суюқликнинг ҳаракатланиш тезлиги; ρ - суюқликнинг зичлиги; g - эркин тушиш тезланиши; h_c ва h_x - сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланадиган босим; P_c ва P_x - суюқликнинг сўриш ва ҳайдаш босими.

Идишлардаги суюқлик тезликлари, уни сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги ҳаракатланиш тезликларига нисбатан ўта кичиклиги ($v_1 \ll v_c$, $v_2 \ll v_x$) сабабли, $v_1=0$ ва $v_2=0$

деб қабул қилинади. У ҳолда (8-1) ва (8-2) тенгламалар кўриниши бирмунча соддалашади:

$$P_1/(\rho g) = H_c + v_c^2/2g + P_c/(\rho g) + h_c; \quad (8-3)$$

$$P_x/(\rho g) + v_x^2/2g = H_x + P_2/(\rho g) + h_x. \quad (8-4)$$

Насос ҳосил қиладиган суюқлик босими H оқимнинг насосга киришдаги $P_c/(\rho g)$ ва ундан чиқишдаги $P_x/(\rho g)$ солиштира энергиялари айирмасига тенг

$$H = (P_c - P_x)/(\rho g) \quad (8-5)$$

эканлигини ҳисобга олиб, (14-3) ва (14-4) тенгламалар айирмасидан

$$H = (P_c - P_x)/(\rho g) = (P_2 - P_1)/(\rho g) + (v_c^2 - v_x^2)/2g + H_c + H_x + h_c + h_x. \quad (8-6)$$

Насоснинг ҳайдаш ва сўриш қувурлари диаметри одатда бир хил бўлади. Демак бу қувурлардаги суюқлик тезликларининг қиймати ҳам бир хил, $v_x = v_c$ бўлади.

Бундан ташқари, 8.1-расмга биноан, $H_r = H_c + H_x$. Қувур тизимининг умумий гидравлик қаршилиги $h_{ум} = h_c + h_x$. Ушбу ҳолат учун насос ҳосил қиладиган умумий босим қуйидаги ифодага асосан аниқланади:

$$H = H_r + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{ум}. \quad (8-7)$$

Демак, насоснинг умумий босими суюқликни аниқ бир геометрик баландликка H_r кўтариш, қуйи ва юқори сатхларда жойлашган идишлардаги босимлар фарқини ($P_2 - P_1$) ҳамда қувур тармоғидаги гидравлик қаршиликларни $h_{ум}$ енгиш учун етарли бўлиши керак.

Ушбу (14-7) тенглама иккита хусусий кўринишга эга бўлади:

- агар идишлардаги босимлар ўзаро тенг бўлса ($P_2 = P_1$), насос босими суюқликни маълум баландликка кўтариш ва қувурнинг гидравлик қаршилигини енгиш учун сарфланади:

$$H = H_x + h_{ум} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{ум}; \quad (8-8)$$

- агар суюқлик горизонтал қувурлар бўйлаб ҳайдалса ($H_r = 0$), насос босими қувурнинг гидравлик қаршилигини енгиш учунгина сарфланади

$$H = h_{ум}.$$

Ишлаб турган насос напорининг сон қийматини сўриш ва ҳайдаш қувурларига ўрнатилган вакуумметр ва манометр кўрсаткичлари бўйича аниқлаш ҳам мумкин

$$H = H_m + H_b + h, \quad (8-9)$$

бу ерда h - ўлчов асбоблари ўрнатилган нукталар орасидаги масофа, м.

Насоснинг сўриш баландлиги (14-1) тенглама асосида аниқланади:

$$H_c = (P_{атм} - P_c)/(\rho g) + v_c^2/2g + h_c, \quad (8-10)$$

бу ерда $P_{атм}$ - пастки сатҳда жойлашган идишдаги суюқликнинг эркин юзасига таъсир этувчи атмосфера босими, $P_a = P_1$.

Насоснинг сўриш баландлиги унинг техник имкониятидангина боғлиқ бўлмайди. Бунда атмосфера босими ва суюқлик ҳароратининг қийматлари асосий аниқловчи омиллар бўлиб ҳисобланади. Узатилаётган суюқлик уни сўриб олиш учун етарли бўлган сийракланиш ($P_a - P_c$) остида қайнаб кетиши мумкин. Бу пайтда суюқлик интенсив буғланади. Ҳосил бўлган буғ пуфакчалари суюқлик билан бирга насоснинг юқори босимли зоналарига ўтгач ёрилиб, буғлар конденсацияланади. Натижада насос қобиғида сийракланиш юз беради, шовкин ҳосил бўлади ва гидравлик зарбалар пайдо бўлади. Бу ҳодиса кавитация деб юритилади. Кавитация пайтида насоснинг иш унумдорлиги ва босими пасайиб кетади. Ушбу режимда узоқроқ ишланса насос парраклари тез емирилиб, ишдан чиқиши мумкин.

Насоснинг мўътадил ишлаши учун унинг сўриш босими P_c узатилаётган суюқликнинг ишчи ҳароратидаги тўйинган сув буғи босимидан P_t юқори бўлиши керак. Бу пайтда насоснинг мўътадил иш шароити қуйидаги тенглама билан ифодаланади

$$P_c/(\rho g) = P_{атм}/(\rho g) - (H_c + v_c^2/2g + h_c) \geq P_t/(\rho g). \quad (8-11)$$

Ушбу (14-11) тенгламадан насоснинг сўриш баландлиги чегараси аниқланади:

$$H_c \leq P_{\text{атм}}/(\rho g) - [P_t/(\rho g) + v^2/2g + h_c]. \quad (8-12)$$

Хайдалаётган суюқлик ҳароратини ортиши билан унинг тўйинган буғи босими ҳам ортиб боради. Буғ босими суюқликни қайнаш ҳароратида ташқи атмосфера босимига тенглашади. Бу пайтда суюқликни насос билан тортиб олиш мумкин бўлмайди, чунки $P_{\text{атм}} - P_t = 0$ бўлганлиги сабабли $H_c = 0$. Шу сабабдан, қовушқоқ ва юқори ҳароратли суюқликларни узатиш учун, насосни суюқлик билан узлуксиз таъминловчи идиш насосга нисбатан юқориқ сатҳда ўрнатилади.

Шундай қилиб, насоснинг сўриш баландлиги хайдалаётган суюқлик ҳарорати билан чегараланади экан. Буни куйидаги 8.1- жадвалда келтирилган материаллардан ҳам кўриш мумкин.

8.1-жадвал.

Насоснинг сўриш баландлигини ўзгариши

Сувнинг ҳарорати, °C	10	20	30	40	50	60	65
Сўриш баландлиги, м	6	5	4	3	2	1	0

Суюқликни ҳайдаш учун фойдали сарфланган қувват N_{ϕ} (Вт) унинг массавий сарфи G ва босимини H ўзаро қўпайтмасига тенг:

$$N_{\phi} = GH = Q\rho gH, \quad (8-13)$$

бу ерда ρ - суюқликнинг зичлиги, кг/м^3 ; $g=9,81\text{м/с}^2$ - эркин тушиш тезланиши; H - насоснинг тўла босими, метр сув устуни; Q - насоснинг ҳажмий иш унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{сек}$.

Насос валидаги қувват N_v (ёки насос электродвигателининг истеъмол қуввати) куйидагича аниқланади:

$$N_v = N_{\phi}/\eta_n, \quad (8-14)$$

бу ерда η_n - насоснинг фойдали иш коэффиценти ф.и.к.), энергиянинг йўқотилиш миқдорини ифодалайди.

η_n коэффиценти қиймати насоснинг конструктив жиҳатдан мукамаллиги, ишлатиш жиҳатдан тежамкорлиги ва уни емирилиш даражасидан боғлиқ бўлиб, куйидаги ифода ёрдамида ҳисобланади:

$$\eta_n = \eta_v \eta_{\Gamma} \eta_{\text{мех}}, \quad (8-15)$$

бу ерда η_v - ҳажмий ф.и.к., насос иш унумдорлигининг камайишини (клапанлар, сальниклар ва системанинг герметиклигини бузилиши натижасида насос қобиғидан суюқликнинг бир қисмини оқиб чиқиши сабабли) ҳисобга олади; $\eta_v = Q_x/Q_{\Gamma}$; Q_x ва Q_{Γ} - насоснинг ҳақиқий ва лойиҳавий иш унумдорликлари; η_{Γ} - гидравлик ф.и.к., насоснинг ҳақиқий босимини H_x унинг лойиҳавий босимига H_{Γ} нисбатини ифодалайди, $\eta_{\Gamma} = H_x/H_{\Gamma}$; $\eta_{\text{мех}}$ - механик ф.и.к., подшипниклар, сальниклар ва насоснинг бошқа қисмларида ишқаланиш қаршиликларини енгиш учун қувватнинг йўқотилишини ҳисобга олади.

η_n ўртача қийматлари - поршенли насослар учун $0.8 \div 0.9$, марказдан қочма типдаги насослар учун эса - $0.7 \div 0.95$.

Насос қурилмасининг тўлиқ ф.и.к.

$$\eta_{\text{ум}} = \eta_n \eta_{\text{м}} \eta_{\text{дв}} = N_v/N_{\text{дв}}, \quad (8-16)$$

бу ерда $\eta_{\text{м}}$ - механик узатмаларнинг ф.и.к.; $\eta_{\text{дв}}$ - электродвигателнинг ф.и.к.; $N_{\text{дв}}$ - электродвигатель қуввати.

Насос учун двигатель танлаш пайтида унинг қувватини бирмунча катта қабул қилинади

$$N = K_N N_{\text{дв}}, \quad (8-17)$$

бу ерда K_N - насосни ишга тушириш пайтидаги зўриқишларни ҳисобга олувчи қўшимча кувват коэффиценти, $K_N = 1,1 \div 2,0$.

Кувват ортиши билан K_N коэффицентининг кичик қиймати қабул қилинади (8.2-жадвал).

$K_N = f(N_{\text{дв}})$ боғлиқлигини ўзгариши

Насос двигателининг истеъмол куввати $N_{\text{дв}}$, кВт	1	1.5	5÷50	50
Қўшимча кувват коэффиценти K_N қиймати	2÷1.5	1.5÷1.2	1.2÷1.15	1.1

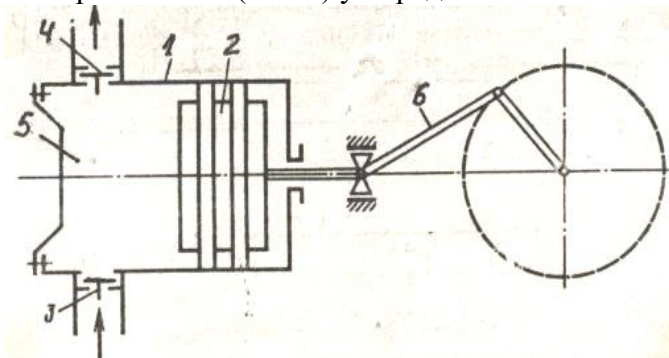
Насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи

Поршенли насослар. Бу типдаги насосларнинг ишчи цилиндрларидаги суюқлик илгариланма-қайтма ҳаракатланувчи поршень ёки плунжер воситасида, кривошип-шатунли механизмлар ёрдамида, ҳайдаш қувурига сиқиб чиқарилади. Поршенли насослар турлари, тузилиши ва қўлланиш соҳалари бўйича гуруҳларга ажратилади. Поршенларнинг қўриниши бўйича поршенли ва плунжерли насослар гуруҳи мавжуд.

Поршенлар (плунжерлар) сонига кўра, бир ва undan ортиқ поршенли (плунжерли) насослар мавжуд. Ишчи цилиндрларнинг насос қобиғида жойлашувига кўра горизонтал ва вертикал цилиндрли насослар бўлади. Барча поршенли (плунжерли) насослар ишлаш принципига кўра оддий, икки босқичли ва кўп босқичли бўлиши мумкин. Ишчи босим қийматига кўра паст ва юқори босимли насослар туркуми мавжуд.

Оддий поршенли насосда (8.2-расм) суюқлик поршеннинг олдинги томони билан бир томонга (ишчи камерага) сўрилади ва undan ҳайдалади.

Суюқликни сўриш жараёнида поршень 2 ишчи цилиндр 1 бўйлаб ўнг томонга сурилади. Бу пайтда ишчи камера ҳажми катталашади, undаги босим атмосфера босимидан кичик (вакуум) бўлади. Натижада, суюқлик босими ва вакуум қийматларининг фарқи таъсирида клапан 3 очилиб, суюқлик ишчи камерани тўлдиради. Бу пайтда ҳайдаш клапани 4 ёпиқ бўлади. Поршень ўнг четки ҳолатни эгаллагач, унинг ҳаракат йўналиши тескари томонга (чапга) ўзгаради.



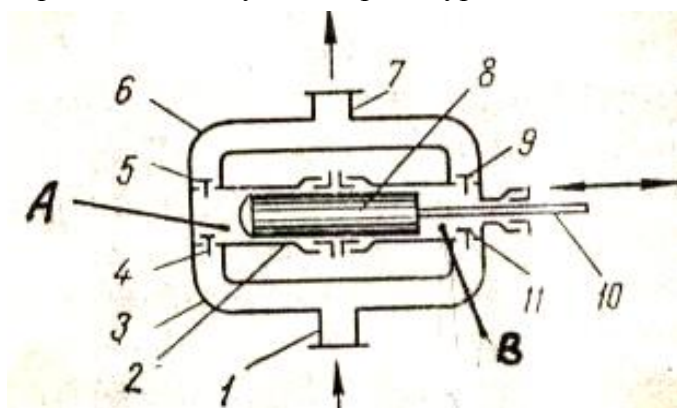
8.2-расм. Поршенли насос схемаси: 1- цилиндр; 2- поршень; 3- сўриш клапани; 4- ҳайдаш клапани; 5-ишчи камера; 6- кривошип-шатунли механизм.

Натижада камерадаги суюқликка босим берилади. Бу босим остида сўриш клапани ёпилади, ҳайдаш клапани эса очилади ва у орқали суюқлик ҳайдаш линиясига узатилади.

Суюқликни сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги ҳаракат тезлиги ҳамда босимларнинг пульсацияланишини тенглаштириш мақсадида насоснинг ишчи камерасига ҳаво қалпоқчалари ўрнатилади.

Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насоснинг ишчи схемаси -расмда тасвирланган. Ушбу насос цилиндрининг ҳар иккала томонида тегишлича сўриш ва ҳайдаш клапанлари бўлган биттадан мустақил ишчи камераси бўлади. Бундай насосни иккита оддий поршенли насослардан иборат техник комплекс деб қараш мумкин.

Плунжер 8 ўнг томонга қараб ҳаракатланганда суёқлик коллектор 3 ва клапан 4 орқали чап камерага сўрилади. Бу пайтнинг ўзида плунжер иккинчи (ўнг) камерадан суёқликни клапан 9 орқали коллектор 6 га сиқиб чиқаради. Плунжер чап томонга қараб ҳаракатланганда ўнг камерада сўрилиш, чап камерада эса ҳайдаш жараёнлари юз беради.



8.3- расм. Икки томонлама ишлайдиган горизонтал плунжерли насос схемаси: 1- сўриш патрубкеси; 2- ишчи цилиндр; 3,6- коллекторлар; 4,11- сўриш клапанлари; 5,9- ҳайдаш клапанлари; 7- ҳайдаш патрубкеси; 8- плунжер; 10- шток; А,В- чап ва ўнг камералар.

Поршенли насосларда поршень ва силлиқ деворли цилиндр орасидан суёқлик сирқиб чиқмаслиги учун поршеннинг ён сиртига металл ёки резинадан ишланган зичловчи ҳалқалар ўрнатилади. Плунжерда бундай ҳалқалар бўлмайди, унинг узунлиги диаметрига нисбатан анча катта бўлади.

Плунжерли насослар ёрдамида ифлосланган ва ўта қовушқоқ суёқликлар юқори босимларда ($5 \div 100$ МПа) ҳайдалади, уларнинг иш унумдорлиги кичик ($Q < 15 \text{ м}^3/\text{соат}$), ўртача ($Q = 15 \div 60 \text{ м}^3/\text{соат}$) ва юқори ($60 < Q < 150 \text{ м}^3/\text{соат}$) бўлиши мумкин. Кривошип-шатунли механизмни айланиш частотаси қийматларига кўра секин ($45 \div 60 \text{ мин}^{-1}$), нормал ($60 \div 120 \text{ мин}^{-1}$) ва тез ишлайдиган ($\geq 120 \div 180 \text{ мин}^{-1}$) насослар туркуми мавжуд.

Барча поршенли насослар учун суёқликни сўриш ва ҳайдаш цикли даврийдир. Шу сабабли уларда узатилаётган суёқлик пульсацияланади. Суёқликнинг бир маромда узатилишини таъминлаш учун кўп боскичда (2,4,6 ва ундан ортиқ) ишловчи насослар қўлланилади. Бундай насосларнинг иш унумдорлиги оддий поршенли насосларнинг иш унумдорлигига нисбатан, боскичлар сонига мутаносиб равишда, ортиқ бўлади.

Абразив модда заррачаларини тутган суёқликларни ҳайдаш пайтида поршенли насосларнинг клапан ва зичлаш ҳалқалари емирилиши сабабли улар тез-тез таъмирлаб турилади. Поршенни ҳаракатга келтирувчи кривошип-шатунли механизм насоснинг габарит ўлчамларини ортишига сабаб бўлади ва уни оғир фундаментга ўрнатилишини тақозо этади. Шу билан бирга, поршенли кўчма электронасос агрегатлари ҳам мавжуд. Корхона шароитида кўчма насосларни турли мақсадларда қўллаш ўта қулай.

Насоснинг иш унумдорлиги. Поршеннинг бир маротаба бориб келиш вақти ичида узатилган суёқлик миқдори насоснинг иш унумдорлиги дейилади.

Поршенли (плунжерли) насоснинг ҳақиқий иш унумдорлиги ($\text{м}^3/\text{сек}$) қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q = \eta_v F s n z, \quad (8-18)$$

бу ерда η_v - ҳажмий узатиш коэффиценти, одатда $0.85 \div 0.95$; F - поршень ёки плунжернинг кўндаланг кесим юзаси, м^2 ; S - поршень (плунжер) йўли, м ; n - кривошип-шатунли механизмнинг айланиш частотаси, с^{-1} ; z - поршенлар (плунжерлар) сони.

Марказдан қочма типдаги насослар. Марказдан қочма типдаги насослар қовушқоқлиги кам бўлган ва нисбатан кўп миқдордаги суёқликни паст босимларда узатиш учун қўлланилади. Бу насосларнинг ишлаш принципи оқимнинг кинетик энергиясини (босимни) потенциал энергияга айлантиришга асосланган. Бундай турдаги насосларнинг спиралсимон қобиғи орасида жойлашган парракли ишчи ғилдиракнинг айланиши туфайли марказдан қочма кучлар пайдо бўлади. Бу кучлар таъсири остида суёқликни насосга сўрилиши ва ундан ҳайдалиш жараёнлари бир меъёрда узлуксиз боради.

Сўриш қувиридан кўтарилаётган суюқлик ишчи ғилдиракнинг ўқи бўйлаб корпусга йўналади. Ишчи ғилдирак суюқликни айланма ҳаракатга келтиради. Айланиш натижасида юзага келувчи марказдан қочма куч таъсирида суюқлик корпус ва ишчи ғилдирак оралиғида ҳосил бўлувчи ўзгарувчан кўндаланг кесимли каналга ўтади. Ишчи ғилдиракнинг парраклари (кураклари) ва спиралсимон шаклда тайёрланган қўзғалмас қобик орасида ҳосил бўлувчи бу каналда суюқлик тезлиги аста-секин ҳайдаш қувиридаги тезликкача пасаяди, унинг босими эса ортиб боради. Бу босим таъсирида суюқлик насос каналидан ҳайдаш қувирига сиқиб чиқарилади. Бу пайтда ишчи ғилдиракка кириш зонасининг марказида босим пасайиб, сийракланиш ҳосил бўлади. Натижада, суюқлик оқими насосга узлуксиз равишда сўрилиб туради.

Суюқликнинг ҳайдаш қувиридаги муайян тезлигини бир меъёрда таъминлаш учун насос камерасига йўналтиргич ва диффузор ўрнатилади.

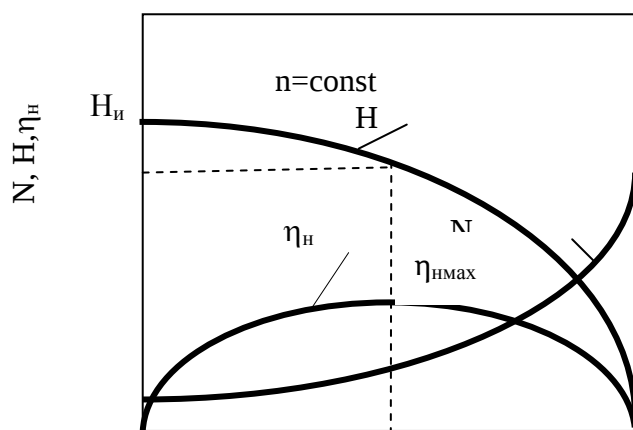
Насосни ишга тушириш олдида ёки уни қисқа муддатларга тўхтатилганда ишчи ғилдирак суюқлик билан тўлдирилади. Бундай пайтда суюқликнинг оқиб кетишини олдини олиш учун сўриш қувирига тескари клапан ўрнатилади.

Ишчи ғилдираклар сонига кўра бир босқичли ва кўп босқичли марказдан қочма типдаги насослар мавжуд.

Бир босқичли насоснинг умумий босими 50, айрим ҳолларда эса 70 метр сув устуни баландлигидан ошмайди. Шунинг учун насос корпусидаги валга бир нечта (бештадан ошмаган) ишчи ғилдираклар ўрнатилиши мумкин. Кўп босқичли насоснинг умумий босими, унинг ишчи ғилдираклари сонига мутаносиб равишда, 20 МПа гача ортади.

Марказдан қочма типдаги насосларнинг иш унумдорлиги, умумий босими ва истеъмол қуввати қийматлари ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси билан аниқланади.

Ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси ўзгармас бўлганда ($n = \text{const}$) насоснинг босими H , фойдали иш коэффициентини η ва истеъмол қуввати N қийматларини унинг иш унумдорлигидан Q боғлиқлигини ифодаловчи график (8.4-расм) насоснинг ишчи характеристикаси деб юритилади.



8.4-расм. Марказдан қочма типдаги насоснинг ишчи характеристикаси.

Ишчи характеристика ҳайдаш линиясига ўрнатилган задвижканинг очиклик даражаси турлича бўлган ҳолатларда насос ишини текшириш учун тузилади. Задвижка тўла берк бўлганда ($Q=0$) насос қуввати минимал бўлиб, унинг салт ишлаши учун зарур бўлган қувватга тўғри келади ($N_{\min}=N_{\text{салт}}$). Бу пайтда ф.и.к. қиймати ҳам $\eta_n=0$. Задвижкани очиш туфайли насоснинг иш унумдорлигини орттирсак ($Q \rightarrow \text{max}$) унинг босими пасаяди ($H \rightarrow 0$), истеъмол қуввати эса ортади.

8.4-графикнинг таҳлилига асосан қуйидаги хулосага келиш мумкин: насоснинг иш унумдорлигини ортиши билан унинг босими пасаяди, истеъмол қуввати эса ортади. Насоснинг фойдали иш коэффициентини, иш унумдорлигининг маълум чегараларида, дастлаб максимум қийматгача ортиб боради, сўнгра камаёди. Бу ҳол шуни кўрсатадики, насос ишчи ғилдирагини айланишлар частотаси ўзгармас бўлган ҳолатда, унинг характеристикасидан фойдаланиб, энергияни тежаш имконини берувчи рационал иш

режимларини аниқлаш мумкин.

Насос двигателининг истеъмол қувватини N (кВт) қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаш мумкин

$$N = (Q\rho gH)/1000\eta_n, \quad (8-19)$$

бу ерда Q - насоснинг ҳажмий иш унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{сек}$; ρ - суюқликнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; H - насос ҳосил қилган босим, метр сув устуни; η_n - насоснинг ф.и.к.

Пропорционаллик қонуни. Ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси n_1 қийматдан n_2 қийматгача ортса, насоснинг иш унумдорлиги Q_2 , босими H_2 ва истеъмол қуввати N_2 қийматларгача мутаносиб равишда ўзгаради. Ушбу ўзгаришлар қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади.

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2; \quad (8-20)$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2; \quad (8-21)$$

$$N_1/N_2 = (n_1/n_2)^3; \quad (8-22)$$

Демак, насос ишчи ғилдирагининг айланишлар частотаси ортиши билан унинг иш унумдорлиги биринчи даражада, босими иккинчи даражада ва истеъмол қуввати эса учинчи даражада, ушбу ўзгаришга пропорционал равишда ортади.

Юқорида келтирилган тенгламалар системаси пропорционаллик қонуни деб юртилади. Ушбу қонуниятлар $n_2/n_1 < 2$ бўлган чегараларда ўз кучини сақлайди.

Назорат саволлари: 1. Ишлаш принципага кўра насосларни қандай гуруҳларга ажратиш мумкин? 2. Насослар ишини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? Уларга таъриф беринг. 3. Насос босимини қандай аниқлаш мумкин? 4. Насоснинг сўриш баландлиги қандай ҳисобланади? 5. Ишлаб турган насос қурилмаси босимини қандай қилиб аниқлаш мумкин? 6. Кавитация ҳодисасини тушунтириб беринг. Унинг салбий натижалари ҳақида нималарни биласиз? 7. Ҳайдалаётган суюқлик ҳароратини насоснинг сўриш баландлигига таъсирини тушунтириб беринг. 8. Насос электродвигатели қувватини қандай ҳисоблаш мумкин? 9. Поршенли насоснинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми? Ҳаво қалпоқчалари насоснинг ишига қандай таъсир кўрсатади? 10. Поршенли ва плунжерли насосларнинг асосий камчилликларини қандай изоҳлайсиз? Бу турдаги насослар ёрдамида суюқликларни бир маромда узатиш учун қандай тавсиялар мавжуд? 11. Марказдан қочма типдаги насосларнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Уларнинг босимини қандай усулларга кўра ортириш мумкин? 12. Марказдан қочма типдаги насосларнинг иш унумдорлиги, босими ва истеъмол қуввати ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотасига боғлиқ эканлигини қандай изоҳлайсиз? 13. Суюқлик узатиладиган қувурлар тармоғининг гидравлик тавсифси маълум бўлса, танланаётган насоснинг ишчи нуқтаси қандай аниқланади? 14. Насосларнинг махсус турлари ҳақида нималарни биласиз? 15. Қандай турдаги насосларни қуйидаги мақсадларда қўллаш мумкин: а) юқори босимлар ҳосил қилиш; б) кўп миқдордаги суюқликларни узатиш. Жавобингизни жадвал маълумотлари шаклида ифодаланг.

9-мавзу: Газларни сиқиш ва узатиш Умумий маълумотлар

Газларни ҳам суюқликлар каби босимлар фарқи мавжуд бўлганидагина узатиш мумкин бўлади. Сиқилган газ босимини P_2 унинг дастлабки босимига P_1 нисбати ($k=P_2/P_1$) газни сиқилиш даражаси деб юритилади. Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессор машиналари қўлланилади.

Газни сиқиш даражаси катталигига кўра компрессор машиналар қуйидаги турларга ажратилади:

- вентиляторлар ($k < 1,1$) - паст босимларда кўп миқдордаги газларни узатиш учун қўлланилади;
- газодувкалар ($1,1 < k < 3$) - узоқ масофаларга ўртача босимли газни узатувчи қувурлар системасида қўлланилади;

- компрессорлар ($k > 3$) - газларни юқори босимларгача сиқиш учун ишлатилади;
 - вакуум-насослар - газларни ёпиқ системалардан атмосфера босимидан паст бўлган босимларда сўриб олиш учун қўлланилади.

Газларни сиқиш жараёнида уларнинг ҳажми V камаяди, босими P ортади ва ҳарорати T кўтарилади. Газнинг босими 1МПа гача бўлганда юқоридаги учта катталикларнинг ўзаро боғланиши идеал газларнинг ҳолат тенгламаси билан ифодаланади.

Юқори босимли газларнинг босими, ҳажми ва ҳарорати ўртасидаги боғланиш Ван-дер-Ваалс тенгламаси билан ифодаланади:

$$(P + a/b^2)(v - b)RT, \quad (9-1)$$

бу ерда v - газнинг солиштирма ҳажми, $\text{м}^3/\text{кг}$; $R=8310/\text{М}$ - универсал газ доимийси, $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; M - газнинг моляр массаси, $\text{кг}/\text{моль}$; P - газ босими, Па; T - газ ҳарорати, К; a ва b - коэффициентлар, уларнинг қийматлари маълумотномаларда берилади ёки критик ҳарорат $T_{\text{кр}}$ ва критик босим $P_{\text{кр}}$ қийматларига асосан ҳисобланиши ҳам мумкин

$$a = 27R^2T_{\text{кр}}^2/(64P_{\text{кр}}); \quad b = RT/(8P_{\text{кр}}). \quad (9-2)$$

Газни сиқиш жараёни мобайнида иссиқлик ажралиб чиқади. Агар ушбу жараёнда иссиқлик ташқи муҳитга тортиб олинса жараён изотермик дейилади. Бу пайтда жараён (газ) ҳарорати ўзгармайди.

Адиабатик жараёнда ташқи муҳит ва система ўртасида иссиқлик алмашинмайди.

Реал шароитда, газни сиқиш пайтида ажраладиган иссиқликнинг бир қисми ташқи муҳитга тарқалади, бир қисми эса газни иситиш учун сарфланади. Бу жараён политропик жараён дейилади.

Компрессор воситасида газларни сиқиш жараёнида бажарилган солиштирма иш миқдори L «ҳарорат - энтропия» (T - S) диаграммалари орқали график услубда аниқланади ёки аналитик йўл билан ҳисобланади.

Агар сиқилаётган газнинг дастлабки P_1 ва охириги P_2 босимлари маълум бўлса, сиқиш жараёнида бажарилган ишнинг солиштирма миқдори ($\text{Ж}/\text{кг}$) аналитик усулда, қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

- изотермик сиқиш жараёнида

$$L_{\text{из}} = P_1 v_1 \ln(P_2/P_1); \quad (9-3)$$

- адиабатик сиқиш жараёнида

$$L_{\text{ад}} = k/(k-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(k-1)/k} - 1]; \quad (9-4)$$

- политропик сиқиш жараёнида

$$L_{\text{пол}} = m/(m-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(m-1)/m} - 1], \quad (9-5)$$

бу тенгламаларда v_1 - газнинг бошланғич шароитлардаги (P_1 ва T_1) солиштирма ҳажми, $\text{м}^3/\text{кг}$; $k=C_p/C_v$ адиабата кўрсаткичи; C_p ва C_v - газнинг ўзгармас босим ва ҳажмдаги иссиқлик сиғимлари, $\text{Ж}/\text{кг}$; m - политропик кўрсаткич; m қиймати газ хоссалари ва системани атроф-муҳит билан иссиқлик алмашиниш шароитларига боғлиқ бўлади.

Сиқилган газнинг ҳарорати T_2 қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланади:

- изотермик жараён пайтида

$$T_2 = T_1; \quad (9-6)$$

- адиабатик жараён пайтида

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(k-1)/k}; \quad (9-7)$$

- политропик жараён пайтида

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(m-1)/m}. \quad (9-8)$$

Бир босқичли компрессор воситасида ҳавони сиқиш учун сарфланадиган назарий қувват миқдори (кВт)

$$N = V_p L = (GL)/(3600 \cdot 1000 \eta_k), \quad (9-9)$$

бу ерда: V - компрессорнинг ҳажмий иш унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{сек}$; ρ - ҳавонинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; L - ҳавони сиқиш учун сарфланган солиштирма иш миқдори, $(9-3)/(9-5)$ тенгламалар бўйича аниқланади, $\text{Ж}/\text{кг}$; G - сиқилаётган ҳаво сарфи, $\text{кг}/\text{сек}$; η_k - компрессорнинг умумий ф.и.к.

Компрессор валидаги қувват қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$N_B = N_H / (\eta_{из} \eta_{мех}), \quad (9-10)$$

бу ерда $\eta_{из}=0,64 \div 0,78$ - изотермик ф.и.к.; $\eta_{мех}=0,8 \div 0,95$ - механик узатмаларнинг ф.и.к.

Компрессор двигателининг истеъмол қуввати

$$N_{дв} = K_n N_H / (\eta_{из} \eta_{мех} \eta_{дв}), \quad (9-11)$$

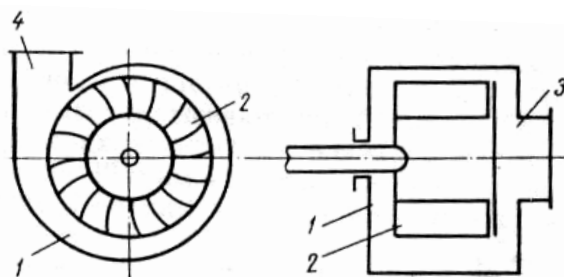
бу ерда $K_n=1,1 \div 1,15$ - қўшимча қувват коэффициенти; $\eta_{дв}$ - двигателининг ф.и.к.

Вентиляторлар

Вентиляторлар газларни кичик босимларда ($P_2/P_1 < 1.1$) турли хил қурилмаларга узатиш, цехлардаги ҳавони циркуляция қилиш ва аспирация тизимларида чанг сўриш каби мақсадларда қўлланилади.

Ишлаш принципага кўра, марказдан қочма типдаги ёки ўқли (пропеллерли) вентиляторлар мавжуд.

Марказдан қочма типдаги вентиляторнинг (9.1-расм) асосий ишчи қисми спиралсимон корпус ичига ўрнатилган кўп парракли барабан (ишчи ғилдирак) ҳисобланади. Барабан консонли вал воситасида электродвигатель валига бевосита уланади.



9.1-расм. Вентилятор схемаси: 1- корпус; 2- ишчи ғилдирак; 3- сўриш патрубкиси; 4- ҳайдаш патрубкиси.

Вентиляторга ҳаво (газ) барабан ўқи бўйича сўриш патрубкиси 3 орқали киради ва ҳайдаш патрубкисидан 4 чиқариб юборилади.

Ишчи ғилдирак (барабан) айланганда ҳаво ёки газ парраклар билан бирга айланиб, ҳосил бўладиган марказдан қочма куч таъсири остида, парраклар юзаси бўйлаб спиралсимон корпусга, ундан эса ҳайдаш патрубкисига ўтади. Бу пайтда ғилдирак марказида сийракланиш вужудга келади ва газнинг янги оқими атмосфера босими остида, корпуснинг сўриш патрубкиси орқали ғилдиракнинг марказий қисмига киради. Шу тариқа газ узатиш жараёни узлуксиз давом этади.

Вентилятор ҳосил қилиши мумкин бўлган босим қиймати ишчи ғилдиракка ўрнатилган парраклар кенглигини уларнинг узунлигига нисбатидан боғлиқ. Юқори босимли ($3 \cdot 10^3 \div 10^4$ Па) вентиляторларда бу нисбат қиймати кичик бўлади.

Паст босимли ($< 10^3$ Па) вентиляторнинг ишчи ғилдирагидаги парраклар унинг айланиш йўналишига тескари томонга, орқага қайрилган бўлади. Юқори босимли вентиляторларда парраклар олд томонга эгилган бўлади.

Вентилятор корпуси, ишчи ғилдирак, паррак ва патрубкеларни шакли ва ўлчамлари гидравлик қаршиликларнинг минимал бўлиши заруриятдан келиб чиқиб, танланади.

Марказдан қочма типдаги вентиляторларнинг техник тавсифини белгиловчи катталиклар (иш унумдорлиги Q , босими H ва ғилдиракнинг айланишлар частотаси n) марказдан қочма типдаги насосларнинг ушбу турдаги параметрларига ўхшаш бўлади. Вентиляторлар учун ҳам пропорционаллик қонуни ўз кучини сақлайди.

Вентиляторларни танлаш услуги ҳам марказдан қочма типдаги насосларни танлаш услубига ўхшаш бўлиб, газ узатиш тармоғининг гидравлик ҳисоблари натижаларига кўра амалга оширилади.

Вентилятор валидаги қувват N_B (кВт) қиймати қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$N_B = V H \rho g / \eta_{дв} = V \Delta P / \eta_{дв}, \quad (9-12)$$

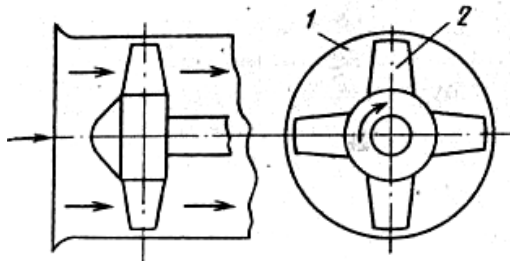
бу ерда V - вентиляторнинг ҳажмий иш унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{сек.}$; H - вентилятор босими, Па ; ρ - газнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$, $g=9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - эркин тушиш тезланиши; ΔP - ҳавони узатиш пайтида вентилятор ҳосил қиладиган босим, Па ; $\eta_v = \lambda_v \eta_r \eta_{\text{мех}}$ - вентиляторнинг ф.и.к.; λ_v - узатиш коэффиценти; η_r - гидравлик ф.и.к.; $\eta_{\text{мех}}$ - механик ф.и.к.

Ҳавони узатиш пайтида вентилятор ҳосил қилиши мумкин бўлган босим қиймати қуйидагича аниқланади

$$\Delta P = (P_2 - P_a) / \rho g + \Delta P_c + \Delta P_x + v^2 \rho_x / 2, \quad (9-13)$$

бу ерда P_2 - вентилятор узатаётган ҳавонинг босими, Па ; P_a - вентилятор ҳаво сўраётган нуктадаги (объектдаги) босим; v - вентиляция тармоғидан чиқаётган ҳавонинг тезлиги, $\text{м}/\text{сек}$; ρ_x - ҳавонинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Ўқли (пропеллерли) вентиляторлар (9.2-расм) корпуси қисқа цилиндр шаклида бўлиб, унга ишчи ғилдирак ўрнатилган бўлади.



9.2- расм. Ўқли вентилятор схемаси: 1- корпус; 2- ишчи ғилдирак.

Ишчи ғилдиракка винтсимон юза бўйлаб эгилган куракчалар – пропеллерлар ўрнатилади. Ишчи ғилдиракнинг айланиши пайтида куракчалар газни қамраб олади ва уни ғилдирак ўқи бўйлаб узатади.

Паррақлар юзасига газни ишқаланиш қаршилиги сезиларсиз ва вентиляторнинг газ оқимиға кўрсатадиган қаршилиги кичик бўлганлиги учун ўқли вентиляторларнинг ф.и.к. юқори (0.6÷0.9) бўлади.

Ўқли вентиляторларнинг босими, марказдан қочма типдаги вентиляторларға нисбатан, 3÷4 маротаба 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 қобилиятиға эға.

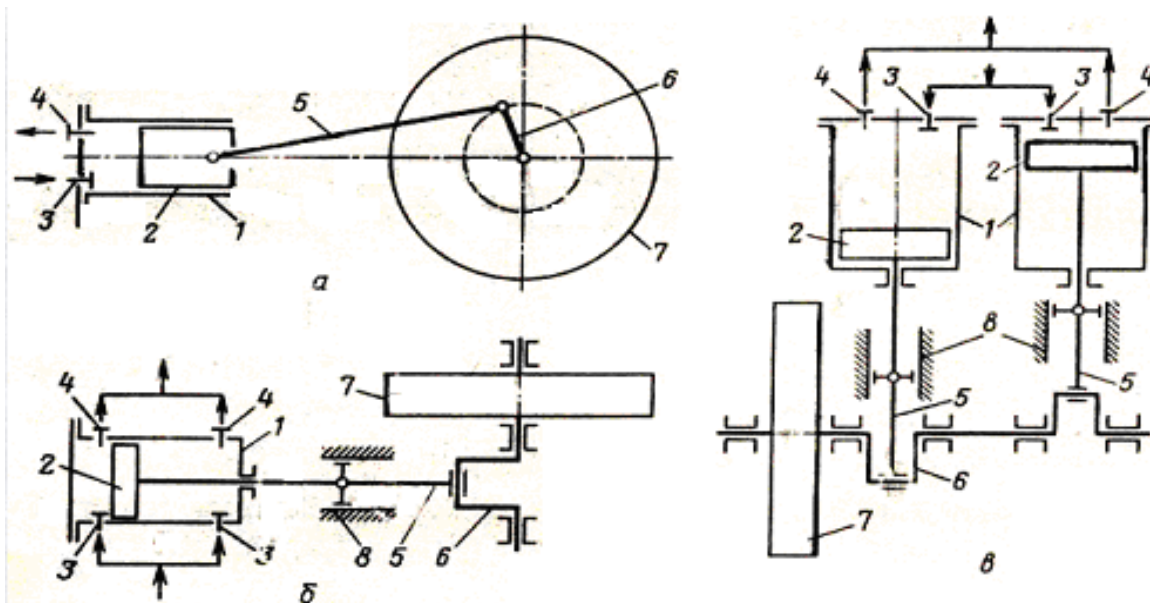
Компрессорлар

Ишлаш принципіға кўра компрессорлар марказдан қочма типда, роторли, поршенли ва ингичка оқимли турларға ажратилади. Уларнинг принципіал тузилиш схемалари худди шу типлардаги насосларнинг тузилиш схемалариға ўхшаш бўлади.

Поршенли компрессорлар. Ишчи цилиндр узунлиги бўйича поршенни бир маротаба бориб келиши туфайли амалға ошириладиган сўриш ва ҳайдаш (сиқиш) циклари сонига кўра бир томонлама ёки оддий (сўриш ва ҳайдаш цикли) ҳамда икки томонлама (иккита сўриш ва иккита ҳайдаш цикли) ҳаракатланувчи компрессорлар мавжуд. Поршенли компрессорлар, газни сиқиш босқичлари сонига кўра, бир босқичли ва кўп босқичли бўлади.

Бир босқичли компрессорларда газ битта ёки параллел ишловчи бир нечта цилиндрларда сиқилади. Шунға кўра, компрессорлар бир цилиндрли ёки кўп цилиндрли бўлиши мумкин.

Бир босқичли поршенли компрессор (9.3-расм) поршенли насос каби тузилишға эға бўлиб, унинг ишчи цилиндрида 1 кривошип-шатунли механизм 6 ёрдамида илгариланма-қайтма ҳаракат қилувчи поршень 2 жойлашган.



9.3-расм. Поршенли компрессорларнинг тузилиш схемалари: а- бир цилиндрли бир томонлама сиқувчи компрессор; б- бир цилиндрли икки томонлама сиқувчи компрессор; в- икки цилиндрли икки томонлама сиқувчи компрессор; 1- ишчи цилиндр, 2- поршень; 3- сўриш клапани; 4- ҳайдаш клапани; 5- шатуњ; 6- кривошип; 7- маховик; 8- крейцкопф.

Поршень чапдан ўнг томонга ҳаракатланганда цилиндрда сийракланиш юзага келади ва сўриш клапани 3 очилиб, цилиндр 1 газга тўлади. Поршень орқага қайтганда эса, цилиндр ичидаги газнинг сиқилиши туфайли, сўриш клапани 3 ёпилади.

Цилиндрдаги босим маълум бир қийматларга етгач, ҳайдаш клапани 4 очилиб, газ ҳайдаш тармоғига узатилади. Шундай сўнг цикл қайтарилади.

Газ сиқилганда унинг ҳарорати кўтарилади. Юқори ҳарорат таъсирида “поршень-цилиндр” системасини ёғлаб турувчи мойнинг куймаслиги ва ушбу системанинг нормал ишлаши учун цилиндр девори ташқи томондан совутилиб турилади.

Бир босқичли компрессорнинг иш унумдорлиги унча юқори бўлмаганлиги сабабли саноат корхоналарида икки томонлама газ сиқувчи поршенли компрессорлар кўп ишлатилади (9.3-расм, б- схема).

Бундай компрессорларнинг ишчи цилиндрида газ поршеннинг ҳар иккала томони билан навбатма-навбат сиқилади. Поршеннинг цилиндр бўйлаб бир маротаба бориб келиши натижасида газни икки марта сўриб олиш ва икки марта ҳайдаш акти амалга оширилади.

Икки томонлама газ сиқувчи поршенли компрессорнинг иш унумдорлиги бир томонлама газ сиқувчи компрессорнинг иш унумдорлигидан деярли икки баробар юқори, ўлчамлари эса деярли бир хил, аммо мураккаброқ тузилишга эга.

Икки цилиндрли бир томонлама газ сиқувчи компрессор тузилиш жиҳатдан иккита шу тартибда ишловчи компрессорлар мажмуасидир (9.3-расм, в-схема). Компрессорнинг поршенлари тирсакли валга, бир-бирига нисбатан 90° ёки 180° бурчак остида ўрнатилган кривошип орқали ҳаракатга келтирилади.

Сиқиш жараёнида турткиларни пасайтириш ва газ узатишни меъёрлаштириш мақсадида сиқилган газ дастлаб ресиверга, сўнгра эса ҳайдаш линиясига узатилади. Ресиверда газ мой ва намликдан тозаланади.

Вертикал цилиндрли компрессорлар горизонтал цилиндрли компрессорларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: улар горизонтал компрессорларга ($n=100\div 240$ мин⁻¹) нисбатан тез юрар ($n=300\div 500$ мин⁻¹) бўлгани учун иш унумдорлиги юқори, ихчамлиги сабабли ишлаб чиқариш майдонида кичик жой эгаллайди, цилиндр ва поршенларнинг емирилиш даражаси секин кечади.

Поршенли компрессорларнинг иш унумдорлиги вақт бирлиги ичида узатилган газнинг ҳажми билан аниқланади.

Бир томонлама сиқувчи компрессорнинг ҳақиқий иш унумдорлиги ($\text{м}^3/\text{сек}$) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$Q = \lambda F S n / 60, \quad (9-14)$$

бу ерда λ - узатиш коэффиценти; F - поршеннинг қўндаланг кесим юзаси, м^2 ; S - поршень йўлининг узунлиги, м ; n - кривошипнинг айланиш частотаси, мин^{-1} .

Узатиш коэффицентининг қиймати $\lambda = (0.8 \div 0.95) \lambda_0$ чегараларда қабул қилинади.

Компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффиценти қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 [(P_2/P_1)^{1/m} - 1], \quad (9-15)$$

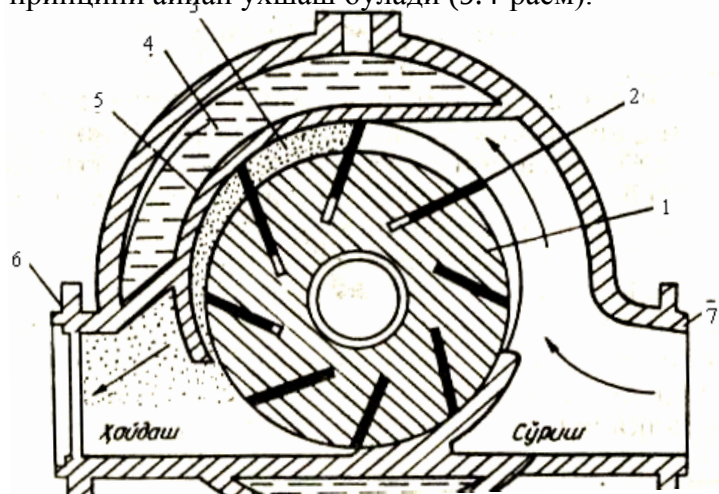
бу ерда $\varepsilon_0 = V_k/V_1 = 0.03 \div 0.08$; V_k - цилиндрдаги бўшлиқнинг қолдиқ ҳажми; V_1 - поршеннинг цилиндрда силжиши туфайли ҳосил бўладиган ишчи ҳажм; $m = 1.2 \div 1.35$ - қолдиқ ҳажмдаги сиқилган газнинг кенгайишини политропик кўрсаткичи.

Кўп босқичли компрессорларнинг иш унумдорлиги уларнинг биринчи босқичини иш унумдорлиги билан аниқланади.

Поршенли компрессорларнинг фойдали иш коэффиценти юқори бўлиб, улар ёрдамида газларни кенг интервалда, 100 МПа гача сиқиш мумкин. Мазкур машиналарнинг асосий камчилликлари - газларни бир меъёрга узатиб бўлмаслиги, иш унумдорлигининг пастлиги ва клапанларнинг кўплигидир.

Роторли компрессорлар. Конструктив белгиларига кўра роторли компрессорлар пластиналар, сув ҳалқачали, думалайдиган роторли, винтли, шестерняли ва бошқа турларга ажратилиши мумкин.

Пластиналар компрессорлар ва пластиналар насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи айнан ўхшаш бўлади (9.4-расм).



9.4- расм. Пластиналар 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 ўроксимон конструктив бўшлиқни бир нечта ўзаро тенг бўлмаган, ўзгарувчан ишчи ҳажмларга ажратади.

Сўриш патрубкиси ҳудудида 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 нуктага 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 қўтарилади.

Роторнинг кейинги бурилишлари давомида ишчи ҳажм ҳайдаш патрубкаи бўшлиғи билан туташади ва бу ердан сиқилган газ ресиверга, ундан эса ҳайдаш тармоғига ўтади. Шундан сўнг, иш цикли қайтарилади.

Роторли компрессорлар ихчам, енгил, айланишлар частотаси катта, тузилиши оддий, кривошип-шатунли механизми бўлмаганлиги сабабли тиниқ ва равон ишлайди. Ротор валини электродвигатель валига бевосита улаш мумкин. Шу билан биргаликда, бу турдаги компрессорларнинг ф.и.к. кичик, сиқилган газ босими юқори эмас, тайёрлаш технологияси мураккаб ва уларни тез-тез сошлаб турилади.

Пластинали компрессорларнинг иш унумдорлиги ($\text{м}^3/\text{сек}$) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$Q = 2L\epsilon n\lambda_v (\pi D - \delta z) \quad (9-16)$$

бу ерда L - пластиналар узунлиги, м ; ϵ - роторнинг эксцентриситети, м ; n - роторни айланишлар частотаси, с^{-1} ; D - насос корпусининг ички диаметри, м ; δ - пластина қалинлиги, м ; $z=30\div 40$ - пластиналар сони; λ_v - узатиш коэффициенти. Одатда $\epsilon/D=0,06\div 0,07$.

Компрессорнинг узатиш коэффициенти қуйидагича ҳисобланади:

$$\lambda_v = 1 - K(P_2/P_1), \quad (9-17)$$

бу ерда K - коэффициент, кичик иш унумдорлигига ($Q < 0.5 \text{ м}^3/\text{сек}$) эга бўлган компрессорлар учун $K=0.1$; иш унумдорлиги юқори бўлган ($Q > 0.5 \text{ м}^3/\text{сек}$) компрессорлар учун эса $K = 0.05$.

Компрессор валидаги қувват қиймати қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$N = QP_1 \ln(P_2/P_1)/\eta. \quad (9-18)$$

Роторли компрессорлар бир босқичли ($P_2 \leq 2.5\div 5 \text{ атм}$) ёки икки босқичли ($P_2 = 8\div 15 \text{ атм}$) бўлади.

Назорат саволлари: 1. Газларни сиқиш даражасига кўра компрессор машиналари қандай туркумларга ажратилади? 2. Газларни изотермик, адиабатик ва политропик сиқиш жараёнларида бажарилган солиштира иш миқдорини қандай ҳисоблаш мумкин? 3. Компрессор электродвигателининг истеъмол қуввати қайси бир катталиклардан боғлиқ бўлади? 4. Вентиляторларнинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми? 5. Вентиляторлар қайси бир белгиларга кўра гуруҳларга ажратилади? Уларни танлаш услублари ҳақида нималарни биласиз? 6. Компрессорларнинг қандай турлари мавжуд? 7. Нима сабабдан поршенли компрессорда сиқилган газ дастлаб ресиверга узатилади? Ресивернинг вазифаси нимадан иборат? 8. Пластинали компрессор қандай афзалликларга эга? Унинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. 9. Вакуум-насосларни қўллашдан кўзланган асосий технологик мақсадни тушунтириб беринг. 10. Вакуум-насосларнинг турлари ва уларни қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 11. Буғ эжекторли вакуум-насоснинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қайси бир ҳолатларда кўп босқичли буғ эжекторли вакуум-насослардан фойдаланилади?

10-мавзу: Суюқлик муҳитларини аралаштириш

Умумий маълумотлар

«Суёқлик-суёқлик», «суёқлик-газ» ва «суёқлик-қаттиқ жисм» системаларида аралаштириш энг муҳим гидромеханик жараёнлардан бири бўлиб, асосан қуйидаги технологик мақсадларда қўлланилади:

- суспензия ҳосил қилиш, яъни қаттиқ жисм заррачаларини суёқлик муҳитида ҳажман бир текисда тарқатиш;

- эмульсия ҳосил қилиш, яъни суёқлик заррачаларини берилган ўлчамларгача майдалаш ва уларни суёқлик муҳити ҳажми бўйлаб бир текисда тақсимлаш;

- барботаж жараёнларида газ пуфакчаларини суюқлик ҳажмида бир хил тақсимланишига эришиш ёки суюқликларни газ билан тўйинтириш (аэрация);
- суюқликларни иситиш ёки совутиш жараёнларини тезлаштириш;
- ўзаро аралашадиган системалардаги модда алмашилиш жараёнларини (масалан, тузни сувда эритиш) жадаллаштириш;
- биотехнологик жараёнларни амалга ошириш.

Аралаштириш жараёнида ташқи куч (механик аралаштиргичлар, газ ва суюқликнинг ингичка оқими) таъсирида муҳитга қўшимча импульс берилади. Натижада, қурилманинг ишчи ҳажмидаги суюқлик муҳитининг макроскопик ҳажмдаги қатламлари бир-бирига нисбатан кўп маротаба силжийди.

Аралаштириш пайтида чегара қатламининг қалинлиги камаяди ва ўзаро таъсир этувчи фазаларнинг контакт юзаси доимо янгиланиб туради. Бунда муҳитнинг турбулентлик даражаси ортиб, фазалар ўртасидаги иссиқлик ва модда алмашилиш шароитлари яхшиланади. Шу сабабдан, ишчи муҳитларни аралаштириш пайтида уларда кечадиган кимёвий, иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнлари тезлашади.

Аралаштириш жараёни унинг интенсивлиги (тезлиги), қувват сарфи ва самарадорлиги билан тавсифланади.

Жараён интенсивлиги аралаштирилаётган суюқликнинг бирлик ҳажмига ν ёки массасига ($\nu\rho$) сарфланаётган энергия миқдори (N/ν ёки $N/\nu\rho$) билан аниқланади.

Қурилмада аралаштирилаётган суюқликнинг ҳаракат режими жараён интенсивлигидан боғлиқ бўлади.

Аралаштириш интенсивлигининг ортиши ҳар доим қўшимча энергия сарфи билан боғлиқ бўлади. Жараён интенсивлигининг ортишидан эришиладиган технологик самарадорлик эса аниқ белгиланган чегараларда чекланган бўлади. Шунинг учун жараён интенсивлиги энергия сарфи минимал бўлган ҳолатда максимал технологик самарадорликка эришиш шароитларидан келиб чиқиб, аниқланади.

Аралаштириш самарадорлиги тушунчаси жараённинг сифатли амалга оширилишини тавсифловчи технологик самара деб талқин этилади. Технологик мақсадлардан келиб чиқиб, аралаштириш самарадорлиги турлича ифодаланиши мумкин. Мисол учун, суспензия ва эмульсиялар тайёрлаш жараёнларида аралаштириш самарадорлиги фазаларнинг маҳсулот ҳажми бўйича бир хилда тақсимланиши билан тавсифланади. Иссиқлик алмашилиш жараёнларини тезлатиш пайтида эса ушбу катталиқ иссиқлик бериш коэффициентини қанчага ортгани билан таърифланади.

Аралаштириш қурилмасининг ҳажми бўйича фазаларнинг аралаштириш даражаси қуйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади

$$i = 1 - \left(\sum_{1}^m \Delta x_1 / (100 - x_c) + \sum_{1}^n \Delta x_2 / x_c \right) / (m + n), \quad (10-1)$$

бу ерда $x_c = 100V_{\kappa\rho_{\kappa}} / (V_c\rho_c + V_{\kappa\rho_{\kappa}})$ - идеал (тўлиқ) аралаштириш пайтида қаттиқ заррачаларнинг аралашма ҳажмидаги концентрацияси; V_{κ} - тарқалаётган қаттиқ жисм заррачаларининг асосий маҳсулотдаги ҳажми; V_c - қурилмадаги асосий маҳсулотнинг (суюқликнинг) ҳажми; ρ_{κ} ва ρ_c - қаттиқ заррачалар ва суюқликнинг зичликлари; x - аралаштириш қурилмасидаги заррачалар концентрацияси, ўзгарувчан қиймат; $\Delta x_1 = x - x_c$ - аралаштириш қурилмасидаги модда концентрация-ларининг мусбат фарқи; $\Delta x_2 = x - x_c$ - қурилмадаги модда концентрация-ларининг манфий фарқи; m - мусбат ($\Delta x_1 > 0$) ўлчов натижалари олинган намуналар сони; n - манфий ўлчов натижалари ($\Delta x_2 < 0$) олинган намуналар сони.

Аралаштириш даражаси $0 < i < 1$ чегараларда ўзгариши мумкин.

Саноат корхоналарида суюқликлар механик аралаштиргичлар ва турбулизаторлар ёрдамида, пневматик ва циркуляцион усулларда аралаштирилади.

Механик аралаштириш усули механик аралаштиргичларни айланма ёки тебранма ҳаракати туфайли амалга оширилади. Аралаштиргичлар вертикал, горизонтал ёки қия жойлаштирилган валга ўрнатилган паррақлар комбинациясидан иборат бўлади.

Суюқликни **пневматик аралаштириш** услубида унинг муайян қатлами орқали сиқилган инерт газ ўтказилади. Газни суюқликнинг қўндаланг кесими бўйлаб бир хилда тарқатиш учун барботёрлар қўлланилади. Барботёрлар перфорацияланган қувурдан ($d=10\div 50$ мм) хочсимон ёки спиралсимон шаклларда тайёрланади. Саноат корхоналарида пластина ёки диск шаклида ишланган барботёрлар ҳам кенг қўлланилади.

Пневматик аралаштириш усули ишчи газни суюқликка таъсири натижасида маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари бузилмайдиган ҳолатлардагина қўлланилади.

Циркуляцион аралаштириш усулида аралаштирилаётган суюқлик «қурилма-насос-қурилма» ёпиқ системаси бўйича, насос воситасида, маълум бир вақт мобайнида узлуксиз ҳайдалади.

Вақт бирлиги ичида насос ёрдамида узатиладиган маҳсулот миқдорини қурилмадаги суюқлик ҳажмига нисбати циркуляциянинг қаррали сони дейилади. Ушбу қиймат катталиги жараённинг интенсивлигини белгилайди.

Турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш усулида суюқлик турли хилдаги турбулизаторлар (масалан, винтлар, спираллар ва х.) орқали ҳайдалади. Турбулизаторлар қурилмаларнинг ишчи қисмларига (масалан, қиздириш трубкалари ичига) ўрнатилади.

Аралаштириш қурилмасидаги суюқликнинг ҳаракати

Механик аралаштириш мосламаси бўлган қурилмаларда ишчи органнинг айланма ҳаракати таъсирида суюқликнинг уч ўлчамли мураккаб оқими (тангенциал, радиал ва аксиал оқимлар) юзага келади. Агар суюқлик тезлиги v деб белгиланса, у ҳолда унинг тангенциал улуши v_t , радиал улуши v_r ва аксиал (ўқ бўйича) улуши v_z га тенг бўлади.

Тангенциал оқим барча типдаги аралаштиргичларни ишлаши пайтида ҳосил бўлади. Қурилмадаги суюқликнинг тангенциал оқими аралаштиргични айланиш тезлигига параллел бўлган концентрик айланалар бўйича ҳаракатланади. Оқимнинг тангенциал v_t тезлигини ўртача қиймати радиал v_r ва аксиал v_z тезликларнинг ўртача қийматларидан деярли 10 марта катта бўлади. v_t қиймати қурилманинг баландлиги бўйича сезиларли даражада ўзгармайди ва амалий жиҳатдан аралаштириш баландлигидан боғлиқ бўлмайди.

Тангенциал тезлик аралаштиргич диаметри $d=0.75D$ бўлганда максимал қийматга эга бўлади.

Аралаштиргич катта тезликларда айланганда ($Re_m=100$) аралаштирилаётган суюқлик марказдан қочма куч таъсирида мослама паррақлари юзасидан радиал йўналишда оқиб туша бошлайди. Радиал оқим аралаштиргичнинг айланиш ўқиға перпендикуляр бўлган йўналишда суюқликнинг идиш девори томон ҳаракати билан тавсифланади. Бу оқим аралаштиргичнинг айланиш юзаси бўйлаб ҳаракат қилиб, идиш деворига етгандан сўнг, икки қисмга бўлинади.

Оқимнинг биринчи қисми идиш девори бўйлаб унинг тубига томон йўналади, иккинчи қисми эса юқорига қараб, суюқликнинг эркин юзаси томон ҳаракатланади (10.1-расм). Шу тариқа радиал



10.1-расм. Қурилмадаги суюқликни циркуляцияланиш схемаси.

оқимнинг юзага келиши натижасида аралаштиргич қамраб олган соҳа - паст босим зонаси пайдо бўлади. Бу соҳага суюқликнинг эркин юзасидан пастга ва идиш тубидан юқорига йўналган оқимлар интилади. Натижада, ушбу паст босим зонасида қурилманинг юзасидан

пастга, паррак томонга йўналган ва идиш тубидан юқорига йўналган суюқликнинг аксиал оқими юзага келади. Аксиал оқим йўналиши аралаштиргичнинг айланиш ўқиға параллел бўлади.

Шундай қилиб, қурилмада суюқликнинг барқарор аксиал (меридиал) оқими ёки барқарор мажбурий циркуляция ҳосил бўлади.

Механик аралаштириш мосламалари

Озиқ-овқат саноати корхоналарида қўлланиладиган барча механик аралаштиргичларни шартли равишда секин ва тез айланувчи мосламалар гуруҳига ажратиш мумкин. Секин айланувчи мосламалар (якорли, рамали ва б.) парраги учининг чизиқли тезлиги тахминан 1 м/с бўлади. Тез айланувчи аралаштиргичларнинг (пропеллерли, турбинали ва б.) чизиқли тезлиги эса 10 м/с га яқин бўлади.

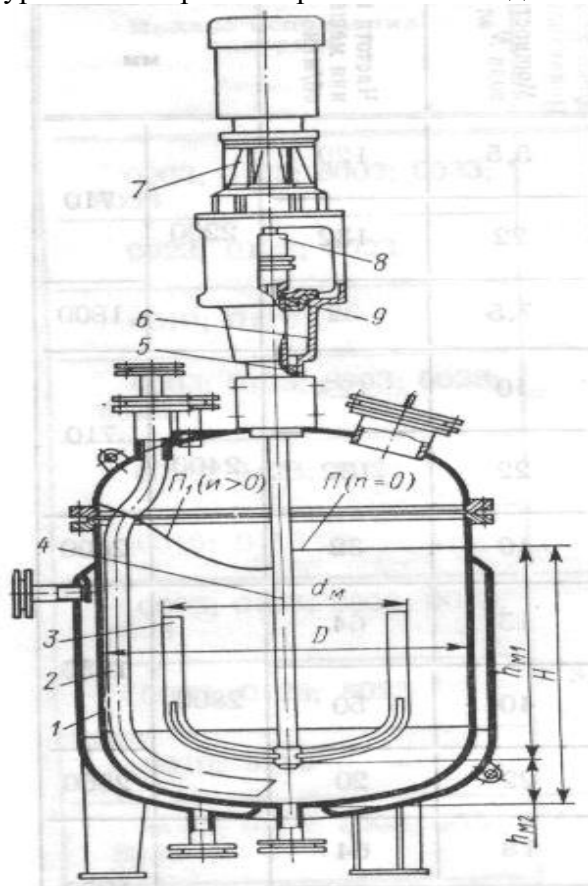
Саноатда энг кўп қўлланиладиган механик аралаштиргичлар тузилишига кўра парракли, пропеллерли ва турбинали синфларга ажратилади.

Ноньютон суюқликлари ва қовушқоқлиги ўта юқори бўлган пастасимон маҳсулотларни аралаштириш учун махсус турдаги аралаштиргичлар - винтли, шнекли, лентали, рамали, пичоксимон ва бошқа мосламалар қўлланилади.

Айрим ҳолларда аралаштиргичлар суюқлик оқимининг асосий йўналишлари бўйича - тангенциал, радиал ва аксиал мосламалар гуруҳларига ҳам ажратилади.

Аралаштириш қурилмалари одатда аралаштиргич ўрнатилган вертикал идиш шаклида бўлиб, ишчи органнинг айланиш ўқи қурилманинг ўқиға параллел, перпендикуляр ёки қия текисликда жойлашган бўлади.

Бундай қурилмалар таркиби корпус, электродвигатель, редуктор, узатмалар ҳамда валға ўрнатилган аралаштириш мосламасидан иборат бўлади.



10.2-расм. Якорли аралаштиргичи бўлган қурилма схемаси: 1-корпус; 2-ортиқча босим қувири; 3- якорь; 4- вал; 5 ва 9- подшипник; 6-таянч; 7- мотор-редуктор; 8- муфта.

Қурилма цилиндрик корпус, остки ва юқориги қопқоқлардан иборат бўлади. Қурилмадаги ишчи босим қийматига кўра қопқоқлар ясси, эллиптик ва сферик шаклларда ишланади. Катта диаметрли қурилмаларда қуйи қопқоқ корпусга пайвандланган бўлади.

Юқори қопқоқга ўлчов-назорат асбоблари, маҳсулот узатиш патрубкаи ва аралаштиргич юритмаси ўрнатилади.

Курилмага техник хизмат кўрсатиш учун цилиндрик корпусга катта ўлчамли туйнук пайвандланади. Курилмада кечаётган жараёнлар махсус фонарлар воситасида кузатилиши мумкин.

Курилмага иссиқлик бериш ёки аралаштирилаётган суюқликни совутиш учун корпус гилофли бўлиши ёки унинг ичига змеевиклар ўрами ўрнатилиши мумкин.

Курилма ичига ўрнатиладиган асосий ишчи орган - аралаштиргич тури ишлов бериладиган маҳсулотнинг қовушқоқлиги ва кўзланган технологик мақсадларга асосан танланади.

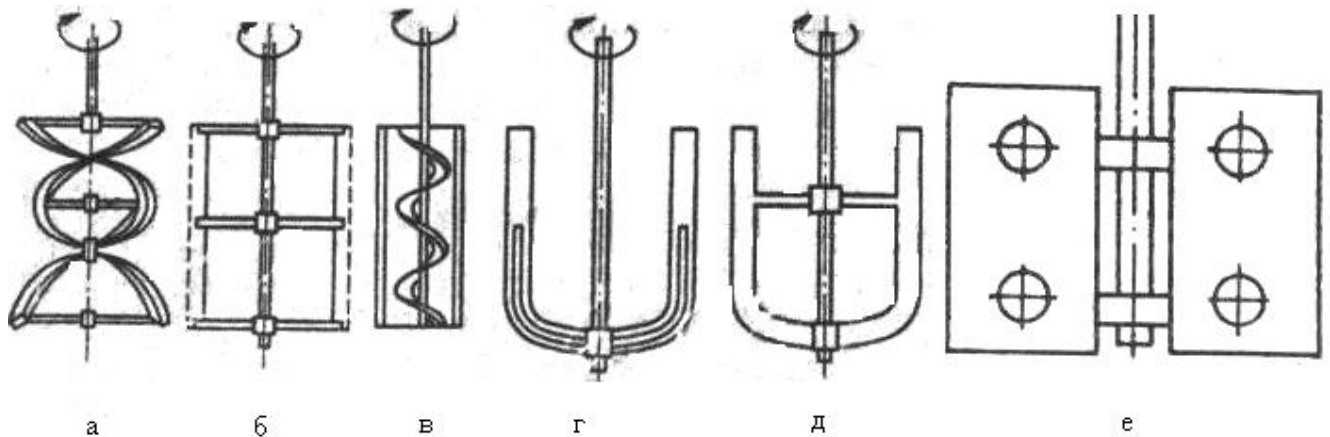
Аралаштиргичлар идиш диаметри D , аралаштиргич диаметри d , парракнинг кенглиги b ва идиш тубидан аралаштириш мосламасигача бўлган масофа h каби конструктив параметрлар билан тавсифланади (10.1-жадвал).

10.1- жадвал.

Айрим аралаштиргич турларининг тавсифлари

Аралаштиргич тури	μ , Па с	n , мин ⁻¹	$d = f(D)$	$b = f(D)$	$h = f(D)$
Парракли	$< 0,1$	$20 \div 80$	$(0,6 \div 0,9)D$	$(0,1 \div 0,2)D$	$\leq 0,3 D$
Пропеллерли	< 6	$150 \div 1000$	$(0,25 \div 0,33)D$		$(0,5 \div 1)D$
Турбинали	< 500	$200 \div 2000$	$(0,15 \div 0,6)D$		
Шнекли	500	$1 \div 4 \text{ с}^{-1}$			
Лентали	3000				

Озиқ-овқат саноати корхоналарида кенг қўлланиладиган айрим аралаштиргичларнинг тузилиши қуйидаги 10.3 ва 10.4 -расмларда тасвирланган.



10.3-расм. Ўта юқори (а,б,в) ва ўртача (г,д,е) қовушқоқликка эга бўлган суюқликларни аралаштириш учун мосламалар: а- тасмали; б- тароқли; в- шнекли; г- якорли; д- рамали; е- япроқли.

Парракли аралаштиргичлар бир ёки бир нечта парракдан иборат бўлади. Улар қовушқоқлиги кичик бўлган суюқликларни аралаштириш учун мўлжалланган. Қовушқоқлиги катта бўлган суюқликлар кўп парракли ёки махсус тайёрланган аралаштиргичлар (масалан, якорли) воситасида аралаштирилади.

Парракли аралаштиргич вертикал ёки қия валга ўрнатилган тўртбурчак кесим юзали бир ёки бир нечта парракдан иборат бўлади. Парракли аралаштиргичлар гуруҳига махсус тайёрланадиган якорли, рамали ва япроқли аралаштиргичлар ҳам киритилади (16.7-расм, г-, д- ва е- схемалар).

Парракли аралаштиргичларни тузилиши содда ва тайёрланиши осон. Бу турдаги аралаштиргичларнинг насос эффекти паст бўлиши сабабли қурилма ҳажми бўйича суюқликни тўлиқ аралаштириш имконияти чегараланган. Аралаштирилаётган суюқлик ҳажми бўйича турбулентлик аста-секин ортади, циркуляция сони кичик. Шу сабабдан,

ушбу аралаштиргичлар ковушқоқлиги кичик бўлган суюқликларни даврий равишда аралаштириш учун қўлланилади.

Баландлиги диаметрига нисбатан катта бўлган қурилмаларда ($H/D > 1.5$) аралаштирилаётган суюқликнинг турбулентлигини ошириш учун вертикал валга икки парракли аралаштиргичлар бир-бирига нисбатан 90° га бурилган ҳолатда, бир неча қаторда ўрнатилади. Парраklar қаторининг оралиғи $t = (0.3 \div 0.6)D$ чегараларда белгиланади.

Қовушқоқлиги $\mu \leq 10$ МПа·с ва қиздирувчи юзали қурилмалардаги суюқликни аралаштириш учун **якорли ва рамали аралаштиргичлар** (10.7-расм, г- ва д-схемалар) қўлланилади. Бундай мосламаларнинг шакли ва ўлчамлари идишнинг ички юзаси ва ўлчамига монанд бўлади. Идиш девори ва ишчи орган орасидаги тирқиш кенглиги $3 \div 10$ мм дан ортмайди. Аралаштиргични ишлаши пайтида қурилма туби ва деворларига ёпишган маҳсулот заррачалари узлуксиз равишда тозаланиб туради.

Япроксимон аралаштиргич (-расм, е-схема) парраklarнинг эни анча кенг бўлиб, аралаштирилаётган суюқликнинг тангенциал оқимини таъминлайди. Япроксимон аралаштиргич парраklarидagi тешиklar айланма ҳаракат пайтида қўшимча оқимлар ҳосил қилади. Мосламанинг айланиш тезлиги ортган сари оқим ҳаракати ҳам мураккаблашиб, жараён интенсивлиги ортади.

Япроксимон аралаштиргичларнинг ўлчамлари қуйидаги тавсиялар асосида аниқланади: $d = (0.3 \div 0.5)D$, $b = (0.5 \div 1.0)D$, $h = (0.2 \div 0.5)D$. Мухит ковушқоқлигининг ортиши ва паррак энини кенгайтириши билан аралаштиргич тезлиги камаёди.

Пропеллерли аралаштиргичларнинг асосий ишчи органи бўлган пропеллер бир неча винтсимон суйри андозада бажарилган парраkdан (қанотдан) иборат бўлади (10.4-расм, а-схема). Саноат корхоналарида уч парракли пропеллерлар кенг тарқалган. Аралаштиргичнинг вали вертикал, горизонтал ёки қия ҳолатда жойлашган бўлиши мумкин. Суюқлик сатхи баландлигига кўра валга бир ёки бир неча пропеллер ўрнатилиши мумкин.

Пропеллер қанотлари суюқликда худди винт каби ҳаракат қилади, катта тезликда ($n = 150 \div 1000$ мин⁻¹) уни яхши аралаштиради, самарали, аммо жараёни амалга ошириш учун кўп энергия сарфланади.

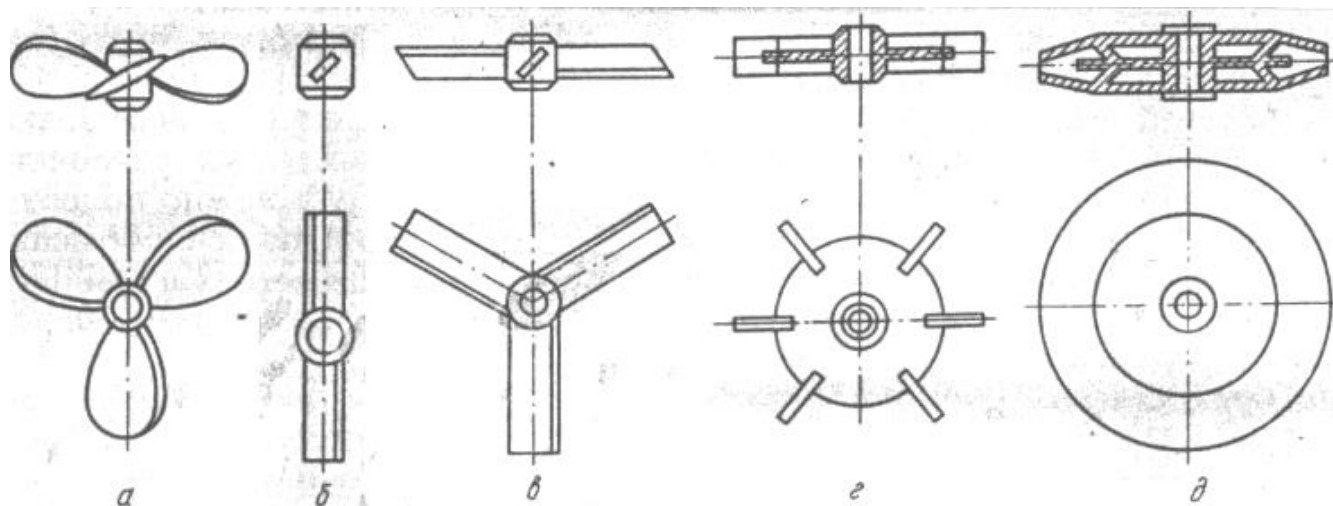
Пропеллерли аралаштиргичлар асосан ўқ бўйича бўйлама оқимлар ҳосил қилади. Шу сабабли, уларнинг насос эффекти юқори бўлади. Бу эса жараён даврини сезиларли даражада қисқартиради. Шу билан бирга, пропеллерли аралаштиргичларнинг тузилиши мураккаб, уларнинг самарадорлиги ўрнатилиш ҳолати ва қурилма шаклидан боғлиқ бўлади.

Пропеллерли аралаштиргичлар ковушқоқлиги $\mu \leq 2$ Па·с бўлган суюқликларни аралаштириш, эритмалар ва эмульсиялар тайёрлаш ва катта ҳажмдаги суюқликларни гомогенизация қилиш каби мақсадлар учун қўлланилади.

Пропеллерли аралаштиргичларнинг ўлчамлари ўртасида нисбатлар -жадвалда ифодаланган.

Турбинали аралаштиргичнинг асосий ишчи органи вертикал ўқга ўрнатилган ясси, қия ва эгри чизик бўйича тайёрланган куракли (парракли) турбина ғилдирагидир (10.4-расм, г- ва д-схемалар). Турбинали аралаштиргич очиқ ёки ёпиқ типда бўлиб, асосан радиал оқимларни юзага келтиради. Суюқлик аралаштиргичнинг марказий тешиklarидан кириб, у ерда марказдан қочма куч таъсирида тезланиш олган ҳолда, ғилдиракдан парраklar юзаси бўйлаб радиал йўналишда чиқиб кетади.

Агар турбина катта тезликларда айланса, идишдаги суюқликнинг радиал оқими билан бир қаторда тангенциал оқим ҳам юзага келиши ва гирдоб ҳосил бўлиши мумкин. Суюқликнинг айланма ҳаракатини ва гирдоб ҳосил бўлиш эҳтимолини камайтириш мақсадида қурилма деворига қайтарувчи тўсиклар ўрнатилади.



10.4-расм. Тез айланувчи аралаштиргичлар: а- пропеллерли; б- икки парракли; в- уч парракли; г- очик турбинали; д- ёпиқ турбинали.

Турбинали аралаштиргичларнинг самарадорлиги жуда юкори бўлиб, иссиқлик алмашилиш жараёнларини тезлаштириш, катта ҳажмдаги суюқликларни аралаштириш ($\mu \leq 500$ Па·с), таркибида катта ўлчамли ($d \leq 25$ мм) заррачалар тутган суспензияларни аралаштириш, эритиш жараёнларини амалга ошириш каби мақсадларда қўлланилади.

Суюқлик сатхининг идиш диаметрига нисбати $H/D < 2$ бўлган ҳолатлар учун турбинали аралаштиргичнинг диаметри $d = (0.15 \div 0.65)D$, айланишлари сони $n = 2 \div 5$ с⁻¹ ва уларнинг чизикли тезлиги $3 \div 8$ м/сек чегараларда бўлади.

Саноатда шнекли, лентали, планетар, вибрацион ва бошқа турдаги аралаштиргичлардан қовушқоқлиги ўта юкори бўлган суюқликларни ва пастасимон маҳсулотларни аралаштириш учун фойдаланилади (16.7- расм, а-, б- ва в-схемалар).

Назорат саволлари: 1. Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясида суюқликларни аралаштириш йўли билан қандай жараёнларни амалга ошириш мумкин? 2. Суюқликни аралаштириш жараёни механизмини тушунтириб беринг. 3. Аралаштириш жараёнини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? 4. Маҳсулотни аралаштирилиш даражаси қайси бир тенглама ёрдамида аниқланади? 5. Суюқликларни аралаштиришнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини изохлаб беринг. 6. Аралаштириш қурилмасида суюқлик қандай тартибларда ҳаракатланади? Ушбу ҳаракатни ифодаловчи қандай катталиклар мавжуд? 7. Суюқлик гирдобининг ҳосил бўлиш механизмини тушунтириб беринг. Ушбу ҳодисани механик аралаштириш жараёнига нисбатан ижобий ва салбий таъсири ҳақида нималарни биласиз? 8. Механик аралаштиргичларнинг қандай турлари мавжуд? 9. Аниқ бир жараённи амалга ошириш учун аралаштириш мосламаси қандай танланади? 10. Механик аралаштиргичли ихтиёрий бир қурилманинг схемасини чиза оласизми? Ушбу қурилманинг ишлаш принципи ва ундаги жараённинг кечиш тартибини тушунтириб беринг. 11. Механик аралаштириш жараёни учун энергия сарфи қандай аниқланади? 12. Циркуляцион аралаштириш усулининг моҳиятини қандай тушунасиш? 13. Аралаштиргичли қурилмаларда оқим тезлиги қандай тақсимланишини тасвирланг. 14. Аралаштиргичнинг насос эффекти деганда нимани тушунасиш? 15. Қандай мақсадлар учун аралаштириш қурилмаларида оқимни қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади? 16. Пневматик аралаштириш усули қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? 17. Барботаж жараёни механизмини тушунтириб беринг. Ушбу жараённи тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд? 18. Барботаж жараёни учун газ сарфи қандай аниқланади?

11-мавзу: Турли жинсли системаларни ажратиш

Турли жинсли системаларнинг турлари

Барча суёқлик системаларини иккита катта гуруҳга - гомоген (бир жинсли) ва гетероген (турли жинсли) системаларга ажратиш мумкин.

Тоza суёқлик ва ундаги маълум бир модданинг эритмасини гомоген система дейиш мумкин. Гетероген суёқлик системасининг таркиби суёқлик ва унда эримайдиган қаттиқ модданинг майда заррачаларидан иборат бўлади. Гетероген системаларни дисперс системалар деб ҳам юритилади.

Технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида «суёқлик-газ», «газ-қаттиқ модда» ва «суёқлик-қаттиқ модда» фазаларидан таркиб топган турли жинсли системалар ҳосил бўлади.

Кўриниб турибдики, ҳар қандай гетероген система таркиби икки ёки ундан ортиқ фазадан иборат бўлади. Заррачалари ўта майда бўлган фаза дисперс (ички) фаза, уларни ўраб олган фаза эса дисперсион (ташки) фаза деб таърифланади.

Фазаларнинг физик ҳолатига кўра турли жинсли системалар суспензиялар, эмульсиялар, кўпиклар, чанглар, тутунлар ва туманлар гуруҳларига ажратилади.

Суспензия суёқлик ва қаттиқ модда заррачаларидан иборат бўлади. Қаттиқ модда заррачаларининг ўлчамларига (d) кўра суспензиялар куйидаги шартли гуруҳларга ажратилиши мумкин:

- дағал суспензиялар – $d > 100$ мкм;
- майин суспензиялар – $d = 0,5 \div 100$ мкм;
- лойқа суспензиялар – $d = 0,1 \div 0,5$ мкм;
- коллоид эритмалар - $d \leq 0,1$ мкм;

Икки хил суёқликни ўзаро аралаштирилиши туфайли **эмульсия** ҳосил бўлади. Бунда биринчи суёқликнинг ичида иккинчи, унда эримайдиган суёқлик томчилари тарқалган бўлади. Эмульсиялар вақт ўтиши билан, оғирлик кучи таъсирида, қатламларга ажралиб қолиши мумкин. Бундай ҳолатнинг олдини олиш ва аралашма барқарорлигини ошириш мақсадида уларга стабилловчи моддалар қўшилиши ёки суёқлик томчиларининг ўлчамларини кичрайтириш ($d < 0,4 \div 0,5$ мкм) мақсадида гомогенизация қилиниши мумкин.

Суёқлик қатлами орқали газ аралашмаларини ўтказиш жараёнида **кўпиклар** ҳосил бўлади. Кўпиклар ўз таркибида газ пуфакчалари тутган суёқлик системалари сифатида тавсифланади, улар ўз хоссаларига кўра эмульсияларга яқин туради.

Ўз таркибида қаттиқ модданинг майда заррачаларини ($d = 5 \div 100$ мкм) тутган газ системалари **чанглар** дейилади. Чанглар қаттиқ моддаларни механик услубларда майдалаш ва уларни ҳаво ёрдамида узатиш пайтида ҳосил бўлади.

Тутун таркибида $0,3 \div 5$ мкм ўлчамли қаттиқ модда заррачалари бўлиб, одатда қаттиқ ва суёқ ёқилгиларни ёниши пайтида ҳосил бўлади.

Туман таркибан суёқлик ва газ фазаларидан иборат бўлиб, сув буғларини ҳаво ёрдамида совутиш ёки буғларни конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлади. Туман таркибидаги суёқлик заррачалари ўлчами $0,3 \div 3$ мкм атрофида бўлади.

Чанг, тутун ва туманлар аэродисперс системалар ёки аэрозоллар деб ҳам юритилади. Турли жинсли системалар дисперс фаза концентрацияси ва уни ташкил этувчи заррачаларнинг ўлчамлари билан тавсифланади. Турлича ўлчамли заррачалардан иборат бўлган дисперс системалар **полидисперс системалар** дейилади. Бундай системалар фракциявий (дисперсиявий) таркиби билан тавсифланади. Агар системадаги заррачаларнинг ўлчамлари бир хил (ёки шунга яқин) бўлса, бундай системалар **монодисперс системалар** деб юритилади.

Кўплаб дисперс фазалар барқарор бўлмайди, уларнинг таркибий заррачалари катталашиш хусусиятига эга бўлади. Томчилар ёки газ пуфакчаларини ёпишган ҳолатда

ўзаро бирикиши (катталашуви) **коалесценция** дейилади. Каттик заррачаларни бири-бирига зичлашуви туфайли катталашини жараёни эса **коагуляция** деб номланади. Эмульсия ва кўпикларнинг дисперс фазаларини маълум бир концентрацияларида **фазалар инверсияси** юз беради. Бу пайтда ташқи фаза ички фазага, ички фаза эса ташқи фазага айланади.

Турли жинсли системаларни ажратиш усуллари

Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясининг бир қатор босқичларида турли жинсли системаларни ажратиш билан боғлиқ муҳандислик масалалари кўплаб учрайди. Масалан, хом-ашёларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш, вино ва суслоларни тиниқлаштириш, (яъни улар таркибидан эркин сузиб юривчи заррачаларни ажратиш олиш), ўсимлик мойини тиндириш ва филтрлаш, ўстирилган товар ҳамиртурушни суюқлик муҳитидан ажратиш олиш, пиво таркибидан ачитқиларни ажратиш, дон маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнларида ҳосил бўлувчи чангли ҳавони тозалаш, оқава сувларни тиндириш каби бир қатор операциялар гетероген системаларни ажратиш жараёнларига мисол бўлади.

Самарали ажратиш усуллари танлаш пайтида турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазалар ҳолати, уларнинг ўлчамлари, зичликлари ўртасидаги фарқ ва муҳитнинг қовушқоқлиги эътиборга олинади.

Турли жинсли системаларни ажратиш учун қўйидаги гидромеханик усуллардан фойдаланилади:

- чўктириш;
- филтрлаш;
- центрифугалаш;
- суюқлик ёрдамида ажратиш.

Оғирлик кучи, инерция кучлари, жумладан марказдан қочма куч ва электростатик кучлар таъсирида суюқ ва газ системалари таркибидан суюқлик ёки қаттик жисм заррачаларини ажратиш олиш усули **чўктириш** деб юритилади. Агар чўктириш оғирлик кучи таъсирида амалга оширилса, бу жараён **тиндириш** дейилади ва ундан бирламчи ажратиш услуги сифатида фойдаланилади.

Суюқ ва газсимон аралашмаларни ғовак структурали материал (филтрловчи материал) ёрдамида ажратиш **филтрлаш** деб аталади. Ушбу жараёни амалга ошириш пайтида суюқлик ва газ филтрловчи материал ғоваклари орқали ўтади, қаттик модда заррачалари эса материал юзасида ушланиб қолади. Филтрлаш жараёни асосан суспензия ва чангларни босим остида ёки марказдан қочма куч таъсирида тўла тозалаш учун қўлланилади.

Суспензия ва эмульсияларни марказдан қочма кучлар таъсирида, яхлит ёки ғовакли тўсиқлар ёрдамида ажратилса, бу жараён **центрифугалаш** деб аталади. Ушбу жараён пайтида **чўкма** (қаттик фаза) ва **фугат** (тиник суюқлик фазаси) ҳосил бўлади.

Суюқлик ёрдамида ажратиш усули асосан газлар таркибидаги қаттик жисмнинг ўта майда заррачаларини ушлаб қолиш учун қўлланилади. Жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади.

Ажратиш жараёнларининг моддий баланси

Турли жинсли системаларни ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларини келтириб чиқариш учун қуйидаги белгилашларни қабул киламиз: $G_{сп}$, G_T , ва G_q - дастлабки аралашма (суспензия), тиндирилган (тозаланган) суюқлик ва чўкманинг массавий сарфлари, кг/сек; $x_{сп}$, x_T ва x_q - дисперс (қаттик) фазани суспензиядаги, тозаланган суюқликдаги ва чўкмадаги концентрацияси (массавий улуши), %.

Моддалар йўқотилишини ҳисобга олмаган ҳолда, ажратиш жараёнининг моддий баланси тенгламалари қуйидагича ёзилади:

- умумий ҳолда, барча моддалар учун

$$G_{сп} = G_T + G_q; \quad (11-1)$$

- дисперс фаза бўйича

$$G_{\text{сп}}x_{\text{сп}} = G_{\text{т}}x_{\text{т}} + G_{\text{ч}}x_{\text{ч}}. \quad (11-2)$$

Суспензия сарфи ва заррачалар концентрациясининг $x_{\text{сп}}$, $x_{\text{т}}$ ва $x_{\text{ч}}$ қийматлари олдиндан маълум бўлса, у ҳолда тозаланган суюқлик сарфи

$$G_{\text{т}} = G_{\text{сп}}(x_{\text{ч}} - x_{\text{сп}})/(x_{\text{ч}} - x_{\text{т}}) \quad (11-3)$$

ва чўкма миқдори

$$G_{\text{ч}} = G_{\text{сп}}(x_{\text{сп}} - x_{\text{т}})/(x_{\text{ч}} - x_{\text{т}}) \quad (11-4)$$

аниқланади.

Юқорида келтирилган тенгламалар чўктириш ва филтрлаш жараёнларининг барча турлари учун ҳам қўлланилиши мумкин.

Айрим ҳолатларда, ҳисоблаш жараёнида ҳажмий сарф V ($\text{м}^3/\text{сек}$) ва ҳажмий улушларда ифодаланган концентрациялардан a ($\text{м}^3/\text{м}^3$) фойдаланилади. Бу пайтда катталиклар қийматларини бир ўлчов системасидан иккинчисига ўтказиш учун гетероген аралашманинг шартли зичлиги $\rho_{\text{ар}}$ тушунчаси киритилади:

$$\rho_{\text{ар}} = a_t \rho_{\text{т}} + (1 - a_t) \rho = [x_{\text{т}}/\rho_{\text{т}} + (1 - x_{\text{т}})/\rho]^{-1}, \quad (11-5)$$

бу ерда ρ - суюқлик (ёки газ) муҳитининг зичлиги; $\rho_{\text{т}}$ - дисперс (каттик заррача) фазанинг зичлиги; $a_{\text{т}}$ ва $x_{\text{т}}$ - дисперс фазанинг ҳажмий ва массавий улушларда ифодаланган концентрациялари.

Турли жинсли системани ажратиш усуллариининг самарадорлиги газни ёки суюқликни тозаланиш даражаси η (%) билан баҳоланади

$$\eta = (C_1 - C_2)100/C_1, \quad (11-6)$$

бу ерда C_1 ва C_2 - газ ёки суюқлик таркибидаги дисперс заррачаларни ажратиш жараёнига қадар (C_1) ва ажратилгандан кейинги (C_2) концентрациялари.

Чўктириш жараёнлари

Тиндириш. Тиндириш жараёнида чангли газлар ёки суспензиялар таркибидаги каттик модда заррачалари оғирлик кучи таъсирида ишчи қурилма тубига чўқади. Эмульсиялар оғирлик кучи ва ташқи омиллар (вақт, ҳарорат ва б.) таъсирида қатламларга ажралади.

Тиндириш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи (оғирлик кучи) кичик бўлганлиги сабабли унинг тезлиги ҳам кичик бўлади. Шу сабабли, тиндириш бирламчи ажратиш усули сифатида қўлланилади. Тиндириш усули мавжуд гидродинамик ажратиш усулларига нисбатан энг содда ва арзондир. Шу билан бирга, тиндириш энг узоқ вақт давом этадиган жараён ҳамдир. Жараён самарадорлиги каттик заррачалар ўлчамларидан (катталигидан) боғлиқ бўлади.

Чўктириш тезлиги ва вақти тиндириш жараёнини тавсифловчи асосий катталиклар бўлиб ҳисобланади.

Чўктириш тезлигини ифодаловчи тенгламани келтириб чиқариш учун шар шаклидаги заррачанинг суюқлик муҳитида эркин чўкишини кўриб чиқамиз.

Чўқаётган заррачага оғирлик кучи G , кўтариш (Архимед) кучи A ва муҳитнинг қаршилик кучи R таъсир этади (17.1-расм). Ушбу кучлар катталиги қуйидагича ифодаланади:

- оғирлик кучи

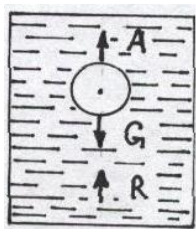
$$G = (\pi d^3/6) \rho g; \quad (11-7)$$

- Архимед кучи

$$A = (\pi d^3/6) \rho_{\text{м}} g, \quad (11-8)$$

бу ерда d - заррачанинг диаметри, м ; g - эркин тушиш тезланиши; ρ ва $\rho_{\text{м}}$ - заррача ва муҳитнинг зичликлари, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Муҳитнинг қаршилиги R заррачанинг ҳаракат йўналишига қарама-қарши бўлиб, унинг таркиби ишқаланиш ва инерция кучларидан ташкил топган бўлади.



11.1- расм. Эркин чўкаётган заррачага таъсир этувчи кучлар схемаси.

Жараёни ҳаракатлантирувчи омил сифатида оғирлик ва Архимед кучлари ўртасидаги фарқ $(G-A)$ қабул қилинади:

$$(G-A) = (\pi d^3/6)\rho g - (\pi d^3/6)\rho_m g = (\pi d^3/6)g(\rho - \rho_m). \quad (11-9)$$

Чўктириш жараёни одатда жуда секин, ламинар режимда амалга оширилади. Чўкаётган заррачани ўлчами ва ҳаракатланиш тезлиги кичик бўлганда (ламинар режим) ёки муҳитни қовушқоқлиги юқори бўлганда заррача юзаси суюқликнинг чегара қатлами билан қопланган бўлади. Бундай ҳолатда оқим заррачани силлиқ айланиб ўтади, унинг энергияси асосан ишқаланиш кучлари қаршилигини енгиш учун сарфланади.

Ламинар оқимда ишқаланиш кучлари инерция кучларига нисбатан катта қийматга эга бўлади. Шунинг учун, Стокс қонунига кўра, шар шаклидаги заррачанинг чўкишига муҳитни кўрсатадиган қаршилик кучи қуйидагича ифодаланади

$$R = 3\pi\mu d\omega, \quad (11-10)$$

бу ерда μ - муҳитнинг динамик қовушқоқлиги, $(\text{Н}\cdot\text{с})/\text{м}^2$; ω - заррачанинг эркин чўкиш тезлиги, м/с.

Заррача дастлаб тезроқ чўқади. Сўнгра, бироз вақт ўтгач, муҳитнинг қаршилик кучи жараёни ҳаракатлантирувчи кучига тенг бўлганда ($R=G-A$)

$$(\pi d^3/6)g(\rho - \rho_m) = 3\pi\mu d\omega, \quad (11-11)$$

заррача ўзгармас тезлик билан чўка бошлайди. Бу ўзгармас тезлик **чўкиш тезлиги** дейилади. Унинг қиймати (11-11) тенглама асосида қуйидагича ифодаланади

$$\omega = d^2 g(\rho - \rho_m) / 18\mu. \quad (11-12)$$

Ушбу (11-12) тенглама Стокс тенгламаси дейилади ва ундан $Re < 2$ бўлган ҳолларда заррачанинг чўкиш тезлигини аниқлаш учун фойдаланилади.

Оқимнинг турбулентлиги ортиши билан ($2 < Re < 500$) инерция кучларини таъсири орта бошлайди. Инерция кучлари таъсири остида заррача юзасидаги суюқликнинг чегара қатлами ундан ажралади. Натижада ҳаракатланаётган заррачанинг орқа томонида суюқлик босими камаяди ва уюрмавий оқимлар пайдо бўлади. Бу пайтда заррачанинг олди ва орқасидаги суюқлик босимлари фарқи ламинар режимдаги босимлар фарқидан катта бўлади. Бу ҳолат муҳитнинг қаршилигини ортишига сабаб бўлади. Натижада заррачанинг чўкиш тезлиги секинлашади.

Турбулент режимда ($Re < 500$) инерция кучлари ишқаланиш кучларидан катта бўлади. Ушбу ҳолатда, Ньютон қонунига биноан, муҳитнинг қаршилик кучи

$$R = \xi F_{\rho_m} \omega^2 / 2, \quad (11-13)$$

бу ерда ξ - қаршилик коэффициенти; F - заррачани ҳаракат йўналишига перпендикуляр бўлган текисликка туширилган проекцияси, шар шаклидаги заррача учун $F = \pi d^2 / 4$.

Қаршилик коэффициенти қиймати Re критерийсининг сон қийматига кўра қуйидагича аниқланади:

- ламинар режим учун, $Re \leq 2$ бўлганда, $\xi = 24/Re$;
- оралик режим учун, $2 < Re < 500$ бўлганда, $\xi = 18,5/Re^{0,6}$;
- тўлиқ турбулент (автомодел) режим учун, $500 < Re < 2 \cdot 10^5$ чегараларда, $\xi = 0,44$.

Турбулент режимда чўкаётган заррачанинг мувозанат ҳолати заррачани ҳаракатлантирувчи кучлар ва муҳитнинг қаршилик кучлари тенглиги билан ифодаланади

$$(\pi d^3/6)g(\rho - \rho_m) = \xi F_{\rho_m} \omega^2 / 2, \quad (11-14)$$

Ушбу тенгламадан шарсимон заррачанинг чўкиш тезлиги

$$\omega = [4gd(\rho - \rho_m) / (3\xi\rho_m)]^{1/2}. \quad (11-15)$$

Шарсимон шаклга эга бўлмаган заррачалар учун қаршилик коэффиценти ξ қиймати Re критерийси ва шакл коэффицентида k_1 боғлиқ бўлади. Шакл коэффиценти маълум ҳажмдаги шар юзасини $f_{ш}$ худди шу ҳажмдаги қаттиқ жисм заррачаси юзасига f бўлган нисбати билан ифодаланади

$$k_1 = f_{ш}/f < 1.$$

Шарсимон бўлмаган заррачаларнинг чўкиш тезлиги

$$\omega' = k_1 \omega, \quad (11-16)$$

бу ерда k_1 - шакл коэффиценти, унинг қиймати: шарсимон заррача учун $k_1=1.0$; думалок заррача учун $k_1=0.77$, учбурчак шаклдаги заррачалар учун $k_1=0.66$; узунчоқ заррачалар учун $k_1=0.58$ ва пластинкасимон заррачалар учун эса $k_1=0.43$.

Табиий шароитларда чўктириш жараёни муайян ҳажмларда ва бир-бири билан ўзаро ишқаланувчи заррачалар концентрацияси юқори бўлган шароитларда, яъни сиқилган ҳолатда, амалга ошади. Заррачаларни ушбу ҳолатдаги чўкиш тезлиги эркин чўкиш тезлигидан кичик бўлади. Заррачаларни бир-бирига ишқаланиши ва тўқнашувини ҳисобга олиб, сиқилган ҳолатдаги чўкиш тезлиги

$$\omega'' = 0.5\omega'$$

деб қабул қилинади. Бу пайтда нотўғри шаклга эга бўлган заррачаларнинг эквивалент диаметри

$$d_3 = (6V_3/\pi)^{1/2}$$

ҳисобланиб, чўкиш тезлигига тегишли тузатишлар киритилади.

Барча режимлар учун, сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлигини аниқлаш учун қуйидаги универсал ифодадан фойдаланиш тавсия этилган

$$Re = \frac{Ar \varepsilon^{..75}}{18 + 0.6\sqrt{Ar \varepsilon^{..75}}}, \quad (11-17)$$

бу ерда $Ar=d^3\rho g(\rho-\rho_m)/\mu^2$ - Архимед критерийси; $\varepsilon=(V_o-V)/V_{сп}$ - суюқликни суспензиядаги ҳажмий улуши; V_o - суспензиядаги суюқлик ҳажми, m^3 ; V - қаттиқ жисм зарраларининг суспензиядаги ҳажми, m^3 ; V_c - суспензия ҳажми, m^3 ; $Re = \omega''\rho_m d_3/\mu_m$ - Рейнольдс мезони.

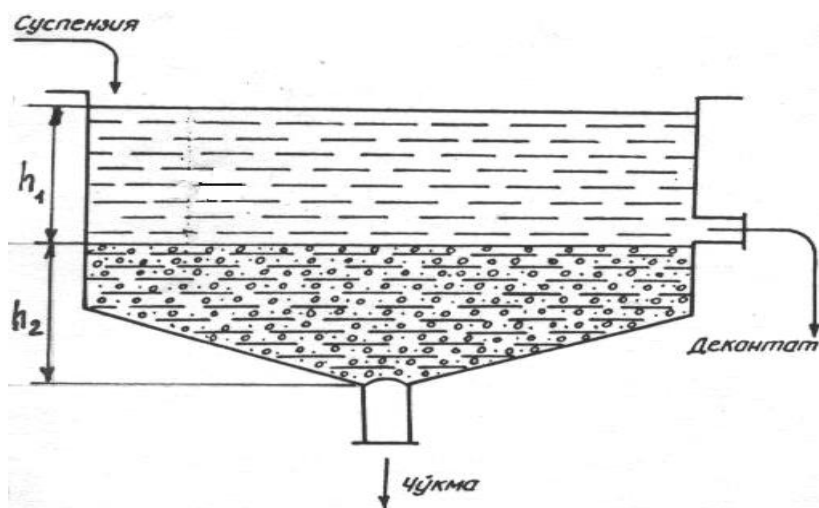
Ушбу тенглама бўйича дастлаб Ar ва ε нинг қийматлари аниқланади, сўнгра тенгламанинг ўнг томони бўйича Re мезонининг сон қиймати ҳисобланади. Шундан сўнгра Re мезони ифодасидан чўкиш тезлиги аниқланади

$$\omega'' = Re \mu_m/(\rho_m d). \quad (11-18)$$

Чўкиш жараёнини жадаллаштириш учун аралашмани қиздириш ёки унга коагулянтлар қўшиш мумкин. Ҳароратнинг кўтарилиши муҳит қовушқоқлигини камайтиради. Коагулянтлар (бентонит, пектин моддалари, полиакриламид, карбоксиметилцеллюлоза ва б.) таъсирида майда заррачалар ўзаро бирлашиб, катта группалар (конгломератлар) ҳосил қилади ва бунинг натижасида чўкиш тезлиги ортади.

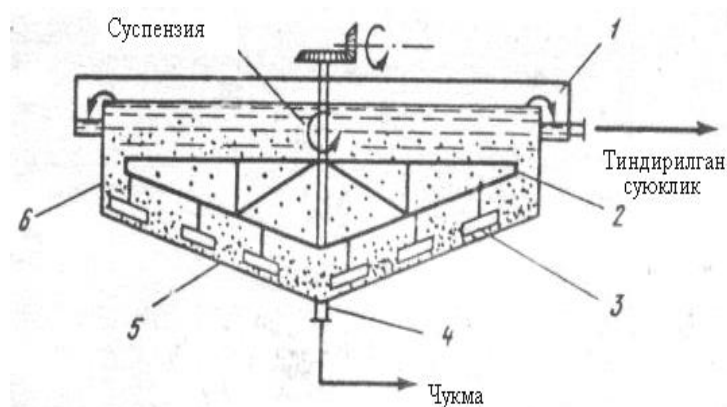
Тиндириш қурилмалари. Оғирлик кучи таъсирида чўктириш жараёни содда тузилишга эга бўлган чўктирувчи ва қуйилтирувчи қурилмаларда олиб борилади. Бундай қурилмалар даврий, узлуксиз ва ярим узлуксиз режимларда ишлайди. Узлуксиз ишловчи қурилмалар бир, икки ва ундан ортиқ ярусли бўлиши мумкин.

Даврий ишлайдиган чўктириш қурилмаси (17.2-расм) конус асосли цилиндр шаклидаги идиш кўринишида бўлади. Унга суспензия юқоридан берилади. Аралашма таркибидаги фазаларнинг зичликлари ўртасидаги фарқ $(\rho-\rho_m)$ туфайли суспензия маълум бир вақт ичида тиндирилади. Натижада қурилманинг юқори қисмида баландлиги h_1 бўлган тозаланган суюқлик сатҳи ва идиш тубида h_2 қалинликдаги чўктирилган лойқа қатлами ҳосил бўлади. Тиниқ суюқлик (декантат) қурилманинг ён томонида жойлашган штуцердан, чўкма ва ювинди сувлар эса унинг тубидан туширилади. Жараён тугагач қурилма ювилади ва қайта юкланади.



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

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

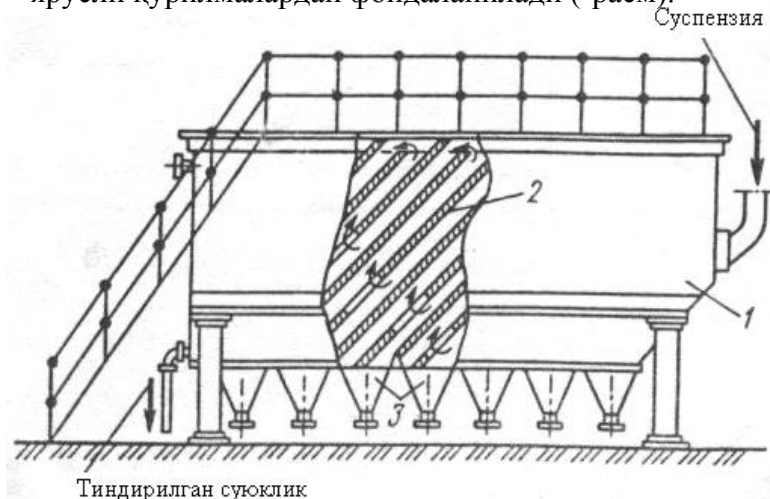


11.3 -расм. Узлуксиз ишловчи чўктириш қурилмаси: 1- ҳалқасимон тарнов; 2- аралаштириш мосламаси; 3- паррак (сурувчи тароқ); 4- чўкма тушириш мосла-маси; 5- конуссимон тублик; 6- цилиндрик идиш.

Тароқлар ҳаракати ўта кичик ($n=0,02 \div 0,05 \text{ мин}^{-1}$) бўлганлиги сабабли чўқиш жараёнига салбий таъсир кўрсатмайди.

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

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



11.4 - расм. Кўп ярусли чўктириш қурилмаси: 1- корпус; 2- қия тўсиқ; 3- бункер.

Эмульсияларни узлуксиз равишда ажратиш учун қўлланиладиган тиндиргичнинг принципиал схемаси 11.5-расмда тасвирланган. Курилма перфорацияланган тўсиқли 2 горизонтал резервуар 1 шаклида бажарилган. Тўсиқнинг асосий вазифаси курилмага берилаётган эмульсия оқими таъсирида идишдаги суюқлик аралашмасининг тўлқинланишини олдини олишдан иборатдир.

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



11.5-расм. Эмульсия ажратувчи курилма схемаси: 1- корпус; 2- перфорацияланган тўсиқ.

Назорат саволлари: 1. «Гетероген система» атамасига таъриф беринг. Фазаларнинг физик ҳолатига кўра гетероген системалар қандай гуруҳларга ажратилиши мумкин? Уларга таъриф беринг. 2. «Коагуляция», «полидисперс система» ва «монодисперс система» атамаларига таъриф беринг. 3. Турли жинсли системаларни ажратишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг моҳиятини тушунтириб беринг. 4. Ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларидан қандай технологик мақсадларда фойдаланиш мумкин? 5. Тиндириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қандай аниқланади? 6. Ламинар ва турбулент режимларда каттиқ заррачанинг эркин чўкиш тезлиги қайси бир тенгламалар ёрдамида аниқланади? 7. Эркин ва сиқилган ҳолатларда чўкиш ўртасида қандай фарқлар мавжуд? Сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлиги қандай аниқланади? 8. Суспензияларни тиндирувчи курилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини таққослай оласизми? 9. Тиндиргичларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг. 10. Марказдан қочма куч майдонида чўктириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг самарадорлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади? 11. Гидроциклоннинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Гидроциклондаги суспензияни ажратиш омили қандай катталиклардан боғлиқ бўлади? Жавобларингизни ҳисоблашлар асосида изохлаб беринг. 12. Гидроциклонларни ҳисоблаш қайси тартибда олиб борилади? 13. Центрифугаларнинг қандай турлари мавжуд? Центрифугаларда амалга ошириладиган жараёнларни ҳаракатлантирувчи куч қандай ифодаланади?

12-мавзу: Суспензияларни филтрлаш

Умумий маълумотлар

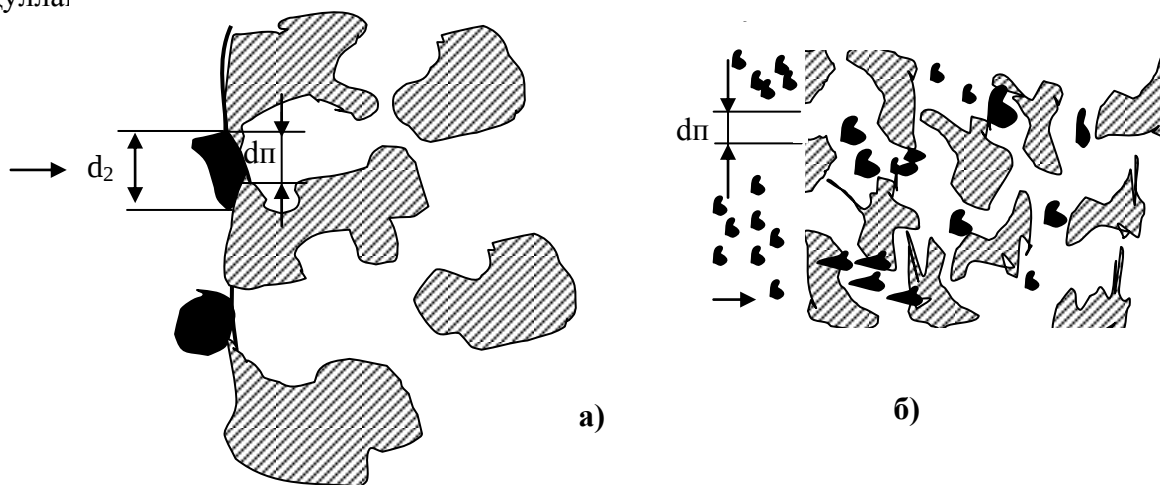
Суспензия ва чангли газларни филтрловчи тўсиқлар орқали ўтказиш йўли билан тозалаш жараёни филтрлаш дейилади. Жараён давомида суюқлик ёки газ филтрловчи тўсиқ ғовакларидан ўтиб кетади, ғоваклар ўлчамидан катта бўлган заррачалар эса тўсиқ юзасига чўкма шаклида йиғилади. Келгусида чўкманинг ўзи ҳам филтрловчи материал бўлиб хизмат қилади.

Фильтрловчи материал сифатида майда тешикли тўрлар, ипли газламалар, сочилувчан материаллар (кум, шағал, писта кўмир, бентонитлар), керамика, жун, синтетик материаллар ва бошқалар ишлатилади. Ушбу материаллар ишчи муҳит (аралашма) таъсирига кимёвий жиҳатдан барқарор, пишиқ ва ҳарорат таъсирига чидамли бўлиши керак.

Фильтрлаш жараёнида аралашманинг айрим майда заррачалари фильтрловчи материал ғовакларини тўлдиради. Шунга кўра, фильтрлашнинг қуйидаги иккита услуби мавжуд:

- чўкма қатлами ҳосил қилиш йўли билан фильтрлаш;
- фильтрловчи материал ғовакларини тўлдириш орқали фильтрлаш.

Суспензия таркибидан ажратиб олинадиган қаттиқ заррачаларни ўртача диаметри d_2 фильтрловчи материал ғоваклари ўлчамидан d_n катта бўлган ҳолларда (12.1-рasm, а-схема) фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил бўлади. Фильтрлашнинг бундай услуби суспензия таркибидаги заррачаларнинг массавий концентрацияси 1% дан ортиқ бўлганда қўлла



12.1-рasm. Фильтрлаш схемаси: а- чўкма ҳосил бўлиши; в- ғовакларни заррачалар (кора рангда) билан тўлиши.

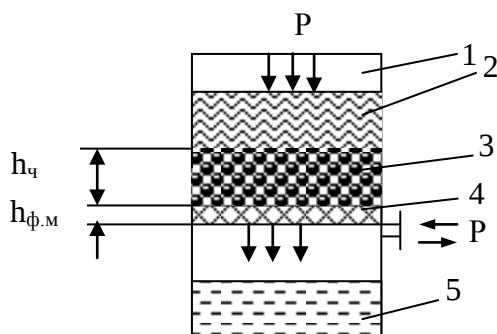
Агар суспензия таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг ўртача ўлчами фильтрловчи материал ғоваклари ўлчамларидан кичик бўлса, у ҳолда заррачалар ғоваклар ичига кириб, уларни тўлдиради. (18.1- рasm, в-схема). Ғовакларнинг тўлиб бориши билан суюқлик фазасини ўтиши қийинлашади. Бу эса фильтрлаш қурилмасининг иш унумдорлигини пасайтиради. Шу сабабдан, фильтрловчи материал даврий равишда, тоза суюқликнинг тескари йўналишдаги оқими билан ювиб тозаланади.

Реал шароитларда фильтрлаш жараёнлари бир пайтнинг ўзида ғовакларни майда заррачалар билан тўлиши ва фильтрловчи юзада чўкма қатламининг ҳосил бўлиши билан амалга оширилади.

Фильтрлаш жараёнининг интенсивлиги дастлабки технологик босқичлар пайтида ҳосил бўлган суспензия сифатига боғлиқ бўлади. Суспензия таркибидаги мумлар, шилимшиқ ва коллоид моддалар жараён боришини сустлаштиради. Шу сабабдан фильтрлаш жараёни суспензия заррачаларидан каттароқ ўлчамга эга бўлган ёрдамчи материаллар иштирокида амалга оширилади. Бундай материалларнинг махсус сувли аралашмаси жараён бошланишидан аввал фильтрга ҳайдалиб, фильтрловчи тўсиқ юзасига қатлам шаклида копланadi.

Активланган кўмир, перлит, диатомит, кизельгур, фиброфло ва аксанит иккиламчи фильтрловчи материал бўлиб ҳисобланади. Улар чўкма билан аралашиб, унинг ғоваклигини оширади. Натижада чўкманинг гидравлик қаршилиги камаяди. Ушбу материаллар гуруҳи абсорбциялаш хусусиятига эга бўлганлиги учун фильтрат тиник бўлади. Аноатда чўкма ҳосил қилиш йўли билан фильтрлаш усули (12.2-рasm) кенг тарқалган. Жараён мобайнида ҳосил бўлган чўкма, фильтрланаётган суюқлик хоссасига

кўра, сиқилувчан (босим остида деформацияланувчи) ва сиқилмайдиган бўлиши мумкин. Фильтрловчи материаллар тузилишига кўра сиқилувчан (бикир) ва сиқилмас бўлиши мумкин.



12.2- расм. Фильтрлаш жараёни схемаси:
1- корпус; 2- суспензия қатлами; 3-чўкма қатлами; 4- филтрловчи материал; 5- филтрат.

Фильтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи вазифасини филтр-тўсиқдан олдинги ва ундан кейинги босимлар фарқи бажаради. Марказдан қочма куч майдонида филтрлаш жараёнида эса бу куч суюқликнинг филтрловчи юзага кўрсатадиган босими туфайли юзага келади.

Жараёни ҳаракатлантирувчи кучнинг турига кўра босим (босимлар фарқи) остида филтрлаш ва марказдан қочма кучлар майдонида филтрлаш (центрифугалаш) усуллари мавжуд.

Фильтр-тўсиқнинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқи саноат корхоналарида қуйидаги усуллар билан ҳосил қилинади:

- филтр-тўсиқ юзасига кўрсатиладиган ортиқча босим ҳосил қилиш;
- суспензия устунининг массасидан фойдаланиш ($\Delta P \leq 0.05 \text{ МПа}$);
- филтр-тўсиқ остида сийракланиш ҳосил қилиш ($\Delta P \leq 0.05 \div 0.09 \text{ МПа}$);
- филтрланувчи суюқликни марказдан қочма типдаги насослар ёрдамида қурилмага ҳайдаш ($\Delta P \leq 0.5 \text{ МПа}$);
- филтрланувчи суюқлик сатҳига сиқилган ҳаво бериш ($\Delta P \leq 0.05 \div 0.3 \text{ МПа}$).

Фильтрлаш жараёни уч хил режимда олиб борилади:

- доимий ўзгармас босимлар фарқи билан ($\Delta P = \text{const}$) филтрлаш;
- доимий филтрлаш тезлиги билан ($dV/d\tau = \text{const}$) филтрлаш;
- босимлар фарқи ва филтрлаш тезлиги бир вақтнинг ўзида ўзгариб турувчи ҳолатда филтрлаш.

Фильтрлаш жараёни турли хил суюқликларни тозалаш ёки улар таркибидан тайёр маҳсулотни ажратиш олиш мақсадида амалга оширилади.

Суспензия ва эритмаларни тозалаш мақсадида филтрлаш пайтида улар таркибидан ёт чиқитлар ажратиш олинади. Вино ва виноматериалларни тиниклаштириш, сутни бирламчи тозалаш, пиво таркибидан ачиткиларни ажратиш каби операциялар ушбу жараёнлар туркумига киради.

Биокимёвий маҳсулот ишлаб чиқариш жараёнларида ачитки суспензиялари таркибидан ажратилган чўкма (нон маҳсулотлари учун ҳамиртуруш, озукавий ачиткилар) якуний технологик маҳсулот ҳисобланади.

Жараёнинг ҳаракатлантирувчи кучи ва тезлиги

Фильтрловчи материалнинг бирлик юзасидан F вақт бирлиги dt ичида ўтган суюқлик (филтрат) ҳажми dV филтрлаш тезлиги ω ($\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$, м/с) дейилади.

$$\omega = dV/Fdt. \quad (12-1)$$

Фильтрловчи материал ва чўкма ғовақларининг ўлчами ўта кичиклиги ҳамда суюқликни ғовақлар орқали ўтиш тезлиги кичик бўлганлиги учун филтрлаш жараёни асосан ламинар режимда амалга оширилади. Бу пайтда жараён тезлиги филтр-тўсиқнинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқига ΔP тўғри, суюқликни қовушқоқлиги μ , чўкма ва

фильтрловчи материалнинг гидравлик қаршиликларига (R_q , $R_{ф.м}$) эса тескари мутаносибликда бўлади.

$$\omega = \Delta P / \mu (R_q + R_{ф.м}). \quad (12-2)$$

(12-1) ва (12-2) тенгламаларни ўзаро тенглаштирсак фильтрлаш жараёнининг асосий дифференциал тенгламасига эга бўламиз

$$dV/(Fd\tau) = \Delta P / \mu (R_q + R_{ф.м}). \quad (12-3)$$

Фильтратни материал ғоваклари бўйлаб ўтишига тўскинлик қилувчи гидравлик қаршилик ΔP (Па) Гаген-Пуазейл тенгламаси бўйича аниқланади

$$\Delta P = 32L\mu \omega / d^2, \quad (12-4)$$

бу ерда ΔP - босимлар фарқи, Па; L - чўкма ва фильтр-тўсиқ каналларининг узунлиги, м; μ -фильтратнинг қовушқоқлиги, Па·с; ω - каналлардаги фильтрлат тезлиги, м/с; d -каналларнинг диаметри, м.

Амалий жиҳатдан фильтрловчи тўсиқнинг гидравлик қаршилиги деярли ўзгармайди $R_{ф.м} = \text{const}$. Чўкманинг гидравлик қаршилиги жараён бошланишидан олдин нулга тенг ($\tau=0$, $R_q=0$), жараён якунида эса максимал қийматга эга бўлади. Жараён юқори босимлар фарқи остида кечиши сабабли, чўкма ҳосил бўлишига оғирлик кучи остида чўкишнинг таъсири ҳисобга олинмайди. Шунинг учун чўкма ҳажми V_q фильтрлат ҳажмига $V_{ф}$ тўғри мутаносибликда бўлади

$$V_q = x_0 V_{ф}, \quad (12-5)$$

бу ерда x_0 - суспензиядаги қаттиқ фаза концентрацияси ва чўкманинг структурасидан боғлиқ бўлган мутаносиблик коэффициент.

x_0 қиймати тажрибалар асосида аниқланади ва 1 м^3 фильтрлат йиғиб олиш пайтида ҳосил бўлган чўкма ҳажми деб талқин этилади.

Фильтр-тўсиқ юзасида ҳосил бўлган h_q баландликдаги чўкма қатламининг ҳажми қуйидагича ифодаланади

$$V_q = h_q F. \quad (12-6)$$

У ҳолда, (12-5) ва (12-6) тенгламаларни тенглаштириш асосида, чўкма қатламининг баландлигини аниқлаймиз

$$h_q = x_0 V / F. \quad (12-7)$$

Чўкма қатламининг суюқлик оқимида кўрсатадиган қаршилиги қуйидагича ифодаланади

$$R_q = r_0 h_q, \quad (12-8)$$

бу ерда r_0 - чўкма қатламининг ҳажм жиҳатидан олинган солиштирма қаршилиги, м^{-2} .

(12-7) тенгламадаги h_q ифодасини (12-8) тенгламага киритсак, чўкма қатлами қаршилигининг фильтрлат ҳажмига боғлиқлигини ифодаловчи тенгламага эга бўламиз

$$R_q = r_0 x_0 V / F. \quad (12-9)$$

R_q якуний ифодасини (12-9) ҳисобга олиб, жараённинг дифференциал тенгламасини (12-3) қуйидагича ёзиш мумкин

$$dV/(Fd\tau) = \Delta P / [\mu (r_0 x_0 V / F + R_{ф.м})]. \quad (12-10)$$

Ушбу дифференциал тенгламани ечиш асосида жараённинг бир қатор хусусий ҳолатлари учун фильтрлаш тенгламаларини келтириб чиқариш мумкин бўлади.

Фильтрловчи қурилмалар

Фильтрловчи қурилмалар ишлаш принципи, ишчи муҳит ва фильтрловчи материалнинг турлари ҳамда ишчи босим қийматида кўра гуруҳларга ажратилади.

Иш режимига кўра даврий ва узлуксиз ишловчи фильтрлар мавжуд. Даврий ва узлуксиз режимда ишловчи фильтрларда жараён чўкма ҳосил қилиш йўли билан олиб борилади. Фильтрловчи материал ғовақларини тўлдириш усулида ўтказиладиган

жараёнлар фақат даврий ишловчи қурилмалардагина амалга оширилади. Бундай қурилмаларда мавжуд филтрлаш усуллариининг барчасини ҳам амалга ошириш мумкин.

Узлуксиз ишловчи филтрларда жараён босимлар фарқи ўзгармас бўлган режимларда олиб борилади.

Босимлар фарқини ҳосил қилиш усулига кўра вакуум-филтрлар ва босим остида ишловчи филтрлар мавжуд.

Филтрлардаги ишчи босим суюқлик устунининг гидростатик босими, насос ёки компрессор босими, вакуум ва марказдан қочма куч таъсирлари туфайли ҳосил қилиниши мумкин.

Технологик мақсадларга кўра суюқликларни ва газларни тозаловчи филтрлар мавжуд.

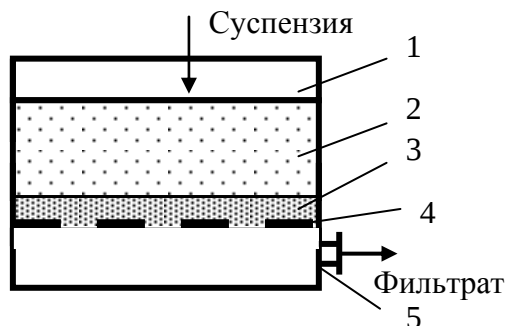
Барча турдаги филтрловчи қурилмаларда филтрлаш юзаси ҳаракатсиз (сочилувчан донатор материал қатламли, тўқима материалли, рамали ва камерали) ва қўзғалувчан (лентали, диски ва барабанли) бўлиши мумкин. Ҳаракатланувчи ишчи юзага эга бўлган филтрлар узлуксиз ишлайди, қўзғалмас юзали филтрлар эса даврий режимда ишлайди.

Даврий ишловчи қурилмаларда чўкма жараён тугаллангандан сўнг, узлуксиз ишловчи филтрларда эса қурилмани тўхтатмай (зарурий ҳолларда) туширилади.

Қуйида саноат корхоналарида кенг тарқалган филтрларнинг айрим турларини тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз.

Нутч-филтр энг оддий тузилишга эга бўлган даврий ишловчи қурилма бўлиб, вакуум ёки ортикча босим остида ишлаши мумкин.

12.3-расмда вакуум остида ишловчи нутч-филтр схемаси тасвирланган. Филтр очик резервуар 1 шаклида ишланган. Филтрнинг қуйи қисмида филтрловчи материални тутиб турувчи панжара 4 ўрнатилган. Қурилманинг юқори қисмидан унга суспензия қуйилади. Панжаранинг остки қисмидаги бўшлиқда эса вакуум ҳосил қилинади. Босимлар фарқи таъсирида суспензиянинг суюқлик фазаси филтрловчи тўсиқ 3 орқали сизиб ўтиб, қурилманинг тубида жойлашган патрубк 5 орқали филтрат сифатида ажратиб олинади. Қаттиқ фаза филтрловчи материал юзасида йиғилиб, чўкма қатлами ҳосил қилади.



12.3- расм. Очик нутч-филтр схемаси: 1- корпус; 2- суспензия; 3- филтрловчи материал қатлами; 4- панжара; 5- филтрат патрубкиси.

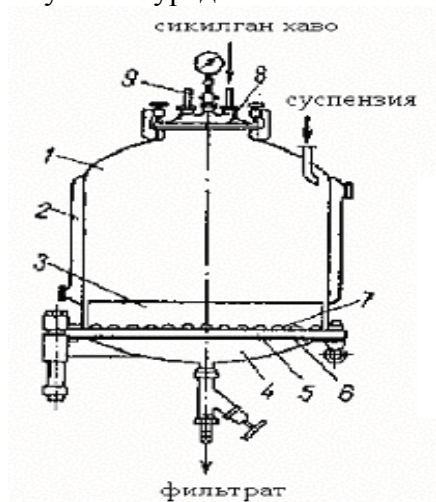
Жараён тугагач, қурилма маълум бир вақт вакуум остида қолиши сабабли чўкма қатламининг сувсизланиши кузатилади. Қурилмадаги чўкма қўл кучи билан тозаланади. Зарурий ҳолларда нутч-филтр тоза суюқлик билан тўлдирилиб, чўкма ювилади.

Жараённи ҳаракатга келтирувчи куч қиймати $P < 75 \text{ кПа}$.

Ёпиқ нутч-филтр (12.4-расм) 0.3 МПа гача бўлган босимлар остида ишлаши мумкин. Нутч корпусига 1 ғилоф 2 пайванд қилинган.

Қурилма корпусининг юқори қисмида жойлашган қопқоқ 8 маҳсус болтлар ёрдамида зичлаб ёпилади. Қурилманинг тубидаги сферик қопқоқ 4 алоҳида ўққа ўрнатилган бўлиб, очилгандан сўнг вертикал йўналишда (юқorigа ва пастга) сурилиши ёки корпусга 1 нисбатан маълум бир бурчакка бурилиб, четга сурилиши мумкин. Бу эса ўз навбатида қурилмадан чўкма туширилишини осонлаштиради. Қурилманинг цилиндрик корпуси тубига таянч панжара 6 ўрнатилган бўлиб, унга филтрловчи материал (картон, бельтинг) тўшалади. Айрим ҳолларда филтр-тўсиқ сифатида табиий ва синтетик тола

катламидан фойдаланилади. Бу пайтда химоя сеткаси 7 ишлатилади. Фильтрловчи материал устига ўрнатилган ҳалқасимон тўсиқ 3 чўкма қатламини тушириш пайтида уни вақтинча ушлаб туради.



12.4-рasm. Ёпиқ нутч-фильтр схемаси: 1- корпус; 2- буғ ғилофи; 3-ҳалқасимон тўсиқ; 4- сферик қопқоқ; 5-фильтрловчи материал; 6- таянч панжара; 7-химоя тўри; 8-люк; 9- химоя клапани.

Курилмага суспензия, филтрат ва сикилган ҳаво учун патрубкaлар ҳамда химоя клапани 9 ўрнатилади. Курилма ғилофига одатда сув буғи бeрилади. Бу пайтда ҳарорати кўтарилган суюқликни қовушқоқлиги камайиб, филтрнинг иш унумдорлиги ортади.

Нутч-филтрнинг иш цикли курилмани суспензия билан тўлдириш, сикилган ҳаво босими остида филтрлаш, чўкмани сувсизлантириш, филтрни ювиш учун уни тоза суюқлик билан тўлдириш, чўкмани ювиш, чўкмани сувсизлантириш, чўкмани тушириш ва филт-тўсиқни регенерация қилиш босқичларидан иборат бўлади.

Филтлда амалга ошириладиган жараёни ҳаракатлантирувчи куч қиймати катта, аммо чўкма қўл кучи билан туширилади. Нутч-филтрнинг айрим конструкциялари чўкмани туширувчи парраклар билан таъминланади. Парраклар филтрни ювиш жараёнларини ҳам тезлаштиради.

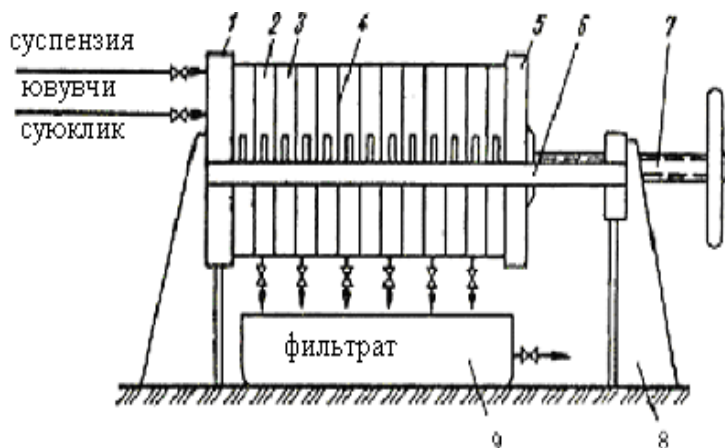
Филт-пресслар (12.5-рasm) даврий ишловчи курилмалар гуруҳига киради. Уларнинг тузилиши содда ва юқори босимлар (0,3÷0,5 МПа) остида ишлатиш мумкин бўлганлиги учун саноат корхоналарида кенг тарқалган.

Курилма таянч 1 ва қўзғалувчи 5 плиталар, рама 2 ва дренаж плиталари 3, иккита горизонтал ўқ 6 ва зичловчи механизмдан иборат бўлади.

Курилманинг филт-ловчи блоки рама, дренаж плитаси ва улар оралиғига салфетка шаклида жойлаштириладиган филт-ловчи материал 4 (бельтинг, картон) комплектидан иборат бўлади. Рама ва плиталар махсус қулоқчалар ёрдамида йўналтирувчи ўқларга осилган ҳолатда, таянч ва қўзғалувчи плита оралиғида, йиғилади.

Қўзғалувчан плитага 5 винт 7 бириктирилган. Винт воситасида плита ва рамалар механик, гидравлик ёки электромеханик мосламалар ёрдамида таянч плита юзасига жипсланиб сиқилади. Шу тариқа курилманинг герметиклиги таъминланади.

Таянч плитага суспензия, юувчи суюқлик ва сикилган ҳаво бeриш патрубкaлари жойлаштирилган. Фильт-ловчи курилма металл асосга 8 ўрнатилади.



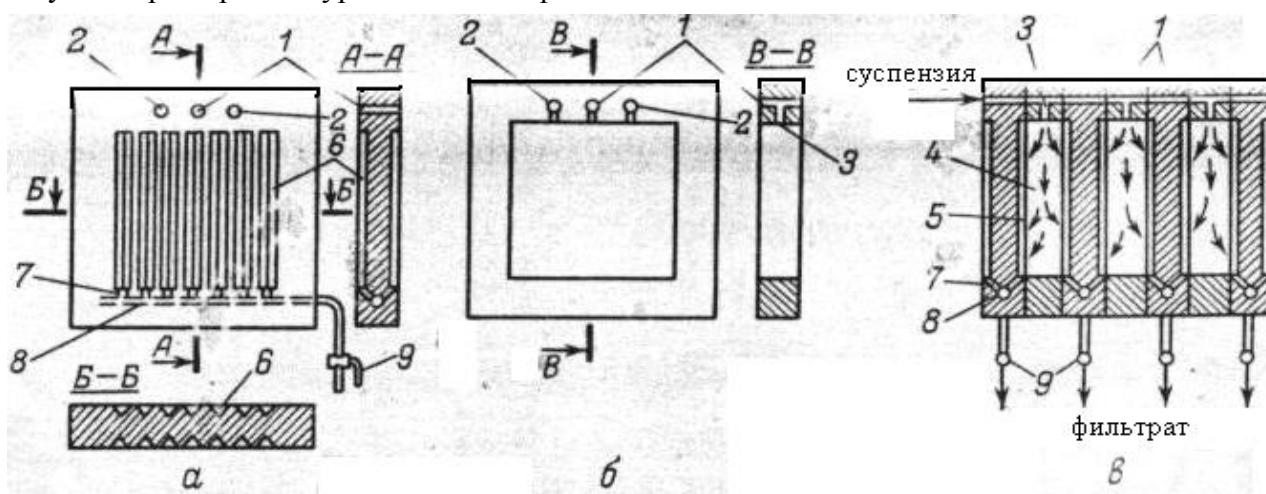
12.5 -рasm. Рамали филт-пресс схемаси: 1- таянч плита; 2- рама; 3-плита; 4- филт-ловчи материал; 5- қўзғалувчи плита; 6- йўналтирувчи ўқлар; 7- винт; 8- асос (станина); 9- филтрат йиғувчи идиш.

Фильтрловчи рама ва плиталарнинг ўлчамлари 315х315, 630х630, 820х820 ва 1000х1000 мм бўлиб, чўян, коррозияга баркарор пўлат, алюминий қотишмалари ва бошқа материаллардан тайёрланади.

Ҳар бир плита ва рамада суспензия ва ювувчи суюқлик киритиладиган каналлар мавжуд (12.5-расм). Плиталарнинг ҳар иккала томони юзасида вертикал дренаж каналлари 6 (арикчалар) ўйилган бўлади. Бу каналлар фильтрловчи материални 5 плита юзасига ёпишиб қолмаслигининг олдини олади ва фильтратни плита юзаси бўйлаб оқиб тушишини таъминлайди. Ичи бўш рама иккита кўшни плиталар орасига жойлаштирилиши туфайли чўкма йиғувчи камера 4 ҳосил бўлади.

Плита ва рамалардаги 1,2 тешиклар ўқи ва ўлчами бир хилда бўлганлиги учун улар қурилма йиғилганда ўзаро жипслашиб, яхлит каналлар ҳосил қилади. Ушбу каналлар бўйлаб суспензия, фильтрат ёки ювувчи суюқлик белгиланган тартибда ҳаракатланади.

Фильтрлаш босқичида суспензия 1 ва 3 каналлар орқали рама ичидаги камерага 4 босим остида ҳайдалади. Бу ерда суюқлик фильтрловчи материал 5 орқали ўтиб, арикчалар 6 бўйлаб пастга, 7 ва 8 каналларга оқиб тушади. Фильтрат ушбу босқичда очик бўлган кран орқали қурилмадан чиқарилади.

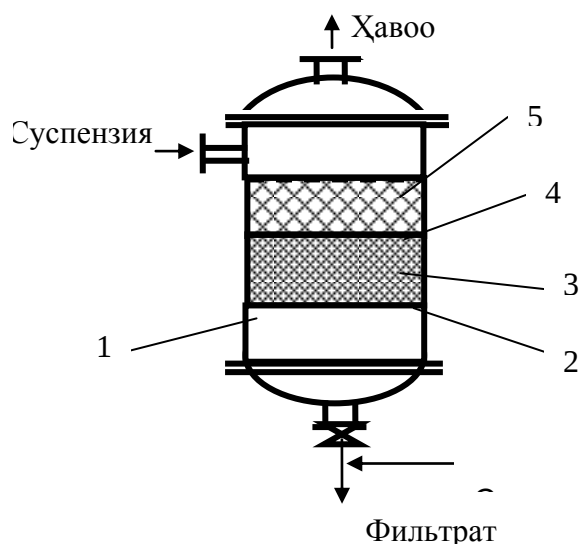


12.6-расм. Фильтр-пресс схемаси: а- плита; б- рама; в- фильтрловчи блок; 1- плита ва рамалардаги тешиклар (йиғилганда суспензия каналини ҳосил қилади); 2- плита ва рамалардаги тешиклар(йиғилганда ювувчи суюқлик канали ҳосил қилади); 3- рамалардаги суспензия канали; 4- раманинг ички бўшлиғи(чўкма камераси); 5- фильтрловчи материал; 6- дренаж канали(арикча); 7- плитадаги фильтратни чиқариш канали; 8- плитадаги фильтрат ёки ювувчи суюқликни йиғиш каналлари; 9- фильтрат ёки ювувчи суюқлик тармоғидаги кранлар.

Ишчи камера камера 4 чўкма билан тўлгандан сўнг, қурилмага суспензия бериш тўхтатилади ва чўкмани тоза суюқлик билан ювишга киришилади. Ювувчи суюқлик канал 2 бўйича ўтиб, чўкма ва фильтрловчи материални ювади ва кран 9 орқали қурилмадан чиқарилади. Ювиш жараёни тугаши билан, суюқлик қолдиғини чиқариб ташлаш мақсадида, ушбу тракт бўйича сиқилган ҳаво юборилади. Шундан сўнг плита ва рамаларнинг ораси очилиб, чўкма фильтр-пресс тубидаги идишга туширилади.

Шундай қилиб, фильтр-пресснинг ишчи цикли кўйидаги асосий ва ёрдамчи операциядан иборат бўлади: филтрни йиғиб ишга тайёрлаш, суспензияни фильтрлаш, чўкмани ювиш, рама ва плиталарни ажратиш, фильтрловчи материал юзасидан чўкмани тушириш.

Қумли филтрлар (12.7-расм) сув, сув-спирт аралашмаси ва таркибида кам микдорда муаллақ сузиб юрувчи қуйқа, чўкинди ва заррачалар бўлган суюқликларни фильтрлаш учун ишлатилади. Фильтрлаш босими $P \approx 0,05 \text{ МПа}$. Ифлосланиш даражасига кўра даврий равишда ювиб турилади. Бунинг учун ювувчи тоза суюқлик фильтрат йўналишига тескари бўлган йўналишда қурилмага ҳайдалади.

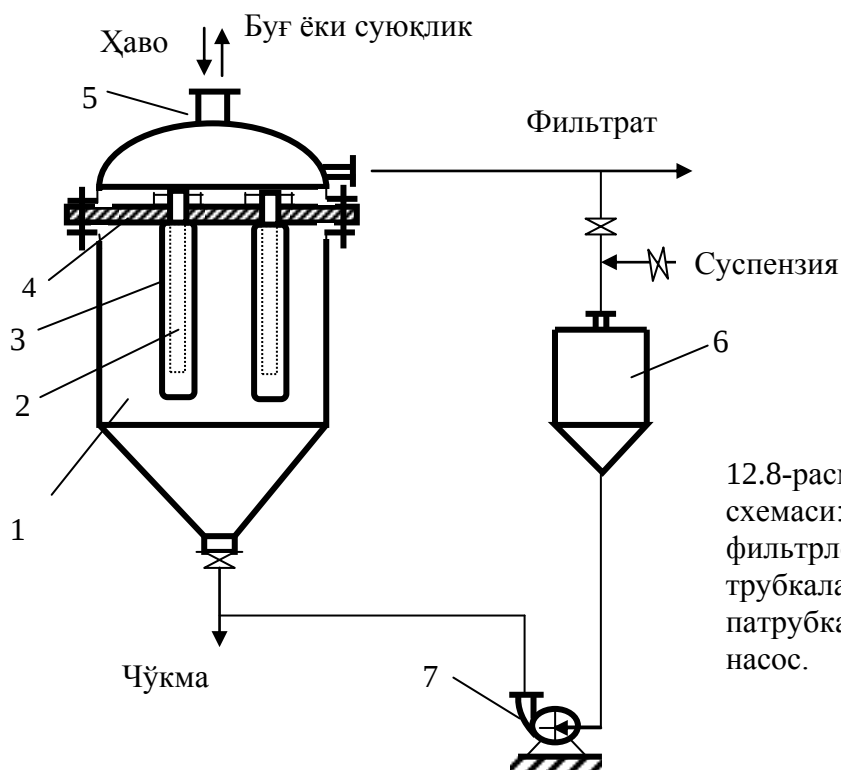


12.7-расм. Кумли филтр схемаси: 1-цилиндрик корпус; 2- тўр; 3 - майин қум қатлами; 4 - газламали тўсиқ; 5 - йирик қум қатлами.

Филтр корпусига суспензия 0,2÷0,4 МПа босим остида берилади. У филтрловчи материал ғовакларидан ўтиб, патрон юзасидаги тешиклар орқали унинг ички қисмига ўтади. Филтрланган суюқлик босим таъсирида патрон баландлиги бўйича юқорига кўтарилиб, чамбарак устидаги камерага йиғилади ва қурилмадан чиқарилади. Қурилмадаги патронлар бир сменада 2 мартагача сиқил-ган ҳаво билан, суспензия йўналишига тескари йўналишда, пуфланиб тозаланади.

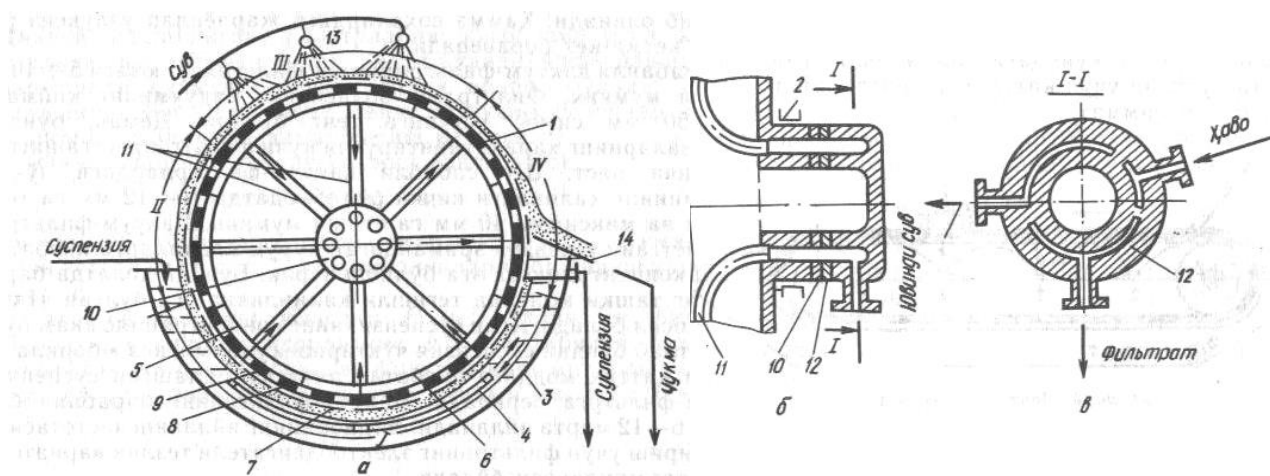
Патронли филтр (12.8-расм) вертикал цилиндрик корпус ичига ўрнатилган бир нечта патрондан иборат бўлади. Патрон металл ёки керамик трубкалардан тайёрланиб, унинг очиқ томони махсус чамбарак - тутқичлар воситасида корпусга ўрнатилади. Металл патронларнинг перфорацияланган юзаси тўғри цилиндрик ёки хочсимон шаклда бўлиб, унга филтрловчи материал (белтинг) “пайпок” шаклида кийдирилиши ёки диатомит прессланиши мумкин.

Патронли филтрларнинг ишчи юзаси 15 м² гача, самарадорлиги эса 99 % гача етади.



12.8-расм. Патронли филтр схемаси: 1- корпус; 2- патрон; 3- филтрловчи материал; 4- трубкalar чамбараги; 5- буғ (хаво) патрубкasi; 6- суспензия идиши; 7- насос.

Барабанли вакуум-фильтрлар (12.9-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.



12.9-расм. Барабанли вакуум-фильтр: а- фильтрнинг принципиал схемаси; б- тақсимлаш каллагининг кесими; в- тақсимлаш каллагининг кесими; I- филтрлаш соҳаси; II- чўкмани сувсизлантириш соҳаси; III- чўкмани ювиш соҳаси; IV- чўкмани ҳаво билан пуфлаш ва юмшатиш соҳаси; 1- барабан; 2- цапфа; 3- сферик идиш; 4- чайқалувчи (тебранма) аралаштиргич; 5- ички цилиндр; 6- ташқи цилиндр; 7- филтрловчи материал; 8- тўсиқлар; 9- секторлар; 10- тақсимлаш каллагининг кесими; 11- кувурлар; 12- тақсимлаш каллагининг кўзгалмас қисми; 13- форсунка; 14- пичок.

Назорат саволлари: 1. Филтрлаш жараёни ҳақида нималарни биласиз? Филтрлаш йўли билан қандай турли жинсли системаларни ажратиш мумкин? 2. Филтрлаш жараёнини амалга оширишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини тушунтириб беринг. 3. Филтрловчи материалларнинг қандай турлари мавжуд? 4. Филтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучга тавсиф беринг. Ушбу куч қандай ҳосил қилинади? 5. Озиқ-овқат технологиясида филтрлаш жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг. 6. Филтрлаш тезлиги қандай аниқланади? 7. Чўкма ва филтрловчи материал хусусиятларини тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд? 8. Филтрлаш доимийлари ҳақида нималарни биласиз? 9. Марказдан қочма куч майдонида филтрлаш усулининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг афзалликлари нимада? 10. Озиқ-овқат саноати корхоналарида қандай турдаги филтрлаш аппаратлари қўлланилади? 11. Нутч-филтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 12. Филтр-пресснинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 13. Даврий ишловчи филтрларнинг ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.

13-мавзу: Турли жинсли газ системаларини тозалаш

Умумий маълумотлар

“Газ-қаттиқ жисм” ва “газ-суюқлик” фазаларидан иборат турли жинсли газ системаларини ажратиш пайтида аэрозол бирикмалар таркибидан дисперс фазанинг қаттиқ заррачалари ёки суюқлик томчилари ажратиш олинади. Ушбу жараёнлар атмосфера ҳавосининг ифлосланишини олдини олиш ва газ ташламалари таркибида йўқотилаётган маҳсулот заррачаларини тутиб қолиш мақсадларида амалга оширилади. Шу сабабдан, мавжуд экологик ва техник талабларга асосан, барча саноат корхоналарида, уларнинг иш

фаолияти хусусиятларидан келиб чиқиб, чанг тозалаш қурилмалари (тизимлари) бўлиши шарт.

Сочилувчан хом-ашёларни янчиш, элаш ва масофага узатиш каби бир қатор технологик жараёнлар пайтида ҳосил бўладиган газли аралашма чанглар дейилади. Чанг таркибидаги каттиқ модда заррачаларининг ўлчамлари $5\div 100$ мкм бўлади.

Технологик жиҳозларнинг аспирация тармоқларидан чиқаётган кўплаб миқдордаги чанг ҳавони тозалаш туфайли анчагина миқдордаги маҳсулотнинг йўқотилиши бартараф этилади. Шу тариқа хом-ашёдан тайёр маҳсулот чиқиш фоизи кўпаяди ва ишлаб чиқариш самарадорлиги ортади.

Саноат корхоналарида чанг тозалаш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилади:

- оғирлик кучи таъсирида чўктириш;
- марказдан қочма, электростатик ва бошқа кучлар майдонида чўктириш;
- филтрлаш;
- чангни намлаб тозалаш (газларни ювиш).

Чанг тозалаш қурилмалари сифатида чанг чўктириш камералари, циклонлар, уюрмали чанг ушлагичлар, скрубберлар, филтрлар, ротацион қурилмалар ва электрофилтрлар ишлатилади.

Муҳандислик амалиётида чанг тозалаш жараёнлари икки ва ундан ортиқ босқичларда амалга оширилади. Бирламчи босқичда чанг таркибидаги катта заррачалар оғирлик кучи таъсирида, чанг чўктириш камераларида ажратилади. Сўнгра, якуний босқичда, майда заррачалар самарадор қурилмаларда тутиб қолинади.

Чанг тозалаш учун қўлланиладиган қурилмалар самарадорлиги ҳавони тозаланиш даражаси η (%) қиймати билан тавсифланади

$$\eta = \frac{G_{\text{б}} - G_{\text{т}}}{G_{\text{б}}} 100 = \frac{V_{\text{б}} x_{\text{б}} - V_{\text{т}} x_{\text{т}}}{V_{\text{б}} x_{\text{б}}} 100, \quad (13-1)$$

бу ерда $G_{\text{б}}$ ва $G_{\text{т}}$ - дастлабки (чанг) ва тозаланган газ аралашмаси (ҳаво) таркибидаги каттиқ жисм заррачаларининг миқдорий сарфлари, кг/сек; $V_{\text{б}}$ ва $V_{\text{т}}$ - бирламчи чанг ва тозаланган ҳавонинг ҳажмий сарфлари, м³/сек; $x_{\text{б}}$ ва $x_{\text{т}}$ - чангдаги ва тозаланган ҳаводаги заррачалар концентрацияси, кг/м³.

Турли жинсли газ системаларини ажратиш жараёнларининг назарий асослари XVIII бобда баён этилган.

Оғирлик кучи таъсирида чанг чўктириш

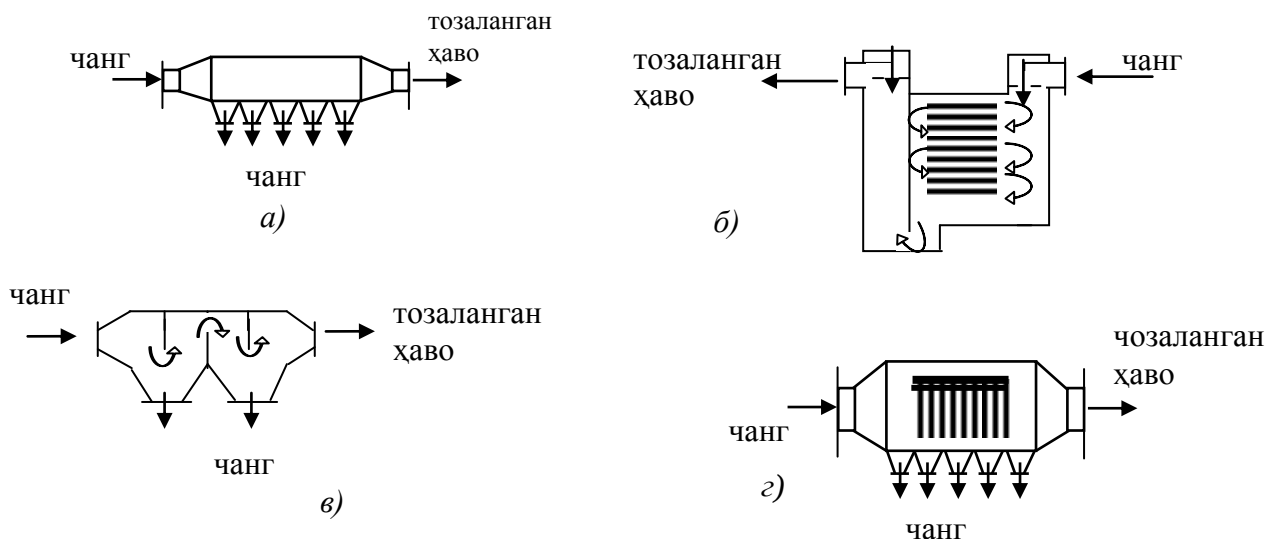
Оғирлик кучи таъсирида чанг тозалаш учун чанг чўктириш камералари ва инерцион чанг ушлагичлардан фойдаланилади.

Чўктириш қурилмаларида чанг таркибидан $50\div 100$ мкм ўлчамли каттиқ заррачалар оғирлик кучи таъсирида чўктирилади. Ушбу қурилмаларнинг ўлчамлари катта бўлиб, уларда ҳавонинг тозаланиш даражаси $40\div 50\%$ дан ортмайди. Заррачаларни камерада яхши чўкиши учун чанг оқими тезлиги 3 м/сек дан ошмаслиги лозим. Чанг чўктириш камераларининг мавжуд конструктив схемалари 13.1- расмда тасвирланган.

Энг оддий тузилишга эга чанг чўктириш қурилмаси 13.1-расмнинг а-схемасида тасвирланган. Қурилма катта ҳажмдаги бўшлиққа эга бўлиб, унинг тубига бир неча қатор чанг йиғувчи бункерлар ўрнатилган. Қурилмадаги чанг оқими секин ҳаракатланади. Натижада унинг таркибидаги каттиқ жисм заррачалари оғирлик кучи таъсирида бункерлардан бирига, фракцияларга ажралган ҳолда, тушади. Дастлабки бункерларга энг катта ўлчамли заррачалар йиғилади ва аксинча, ўлчами энг кичик бўлган заррачалар охириги секцияда чўқади. Мазкур типдаги чанг чўктириш қурилмаларининг ўлчамлари катта бўлганлиги учун кўп жойни эгаллайди.

13.1-расмнинг б-схемасида тасвирланган кўп токчали чанг чўктириш камерасининг бўшлиғи кичик қиялик бурчаги остида ўрнатилган горизонтал металл листлар ёрдамида бир неча секцияларга ажратилган. Ростловчи мослама ёрдамида қурилмага берилаётган

чанг оқими камера канали орқали горизонтал токчалар оралиғи (тирқиш кенглиги $100 \div 400$ мм) бўйлаб таксимланади. Токчаларнинг асосий вазифаси чанг зарраларининг чўкиш йўлини қисқартириш ва чўктириш юзасини кўпайтиришдан иборатдир. Газ оқимини токчалар орасидаги тирқишлардан ўтиши пайтида унинг таркибидаги заррачалар металл юзаларга чўкиб қолади. Газ оқимининг камерадаги тезлиги чўктириш жараёни вақти билан чегараланади.



13.1- расм. Чанг чўктириш камералари: а- горизонтал камера; б- кўп токчали камера; в- вертикал тўсиқли камера; г- пардали камера.

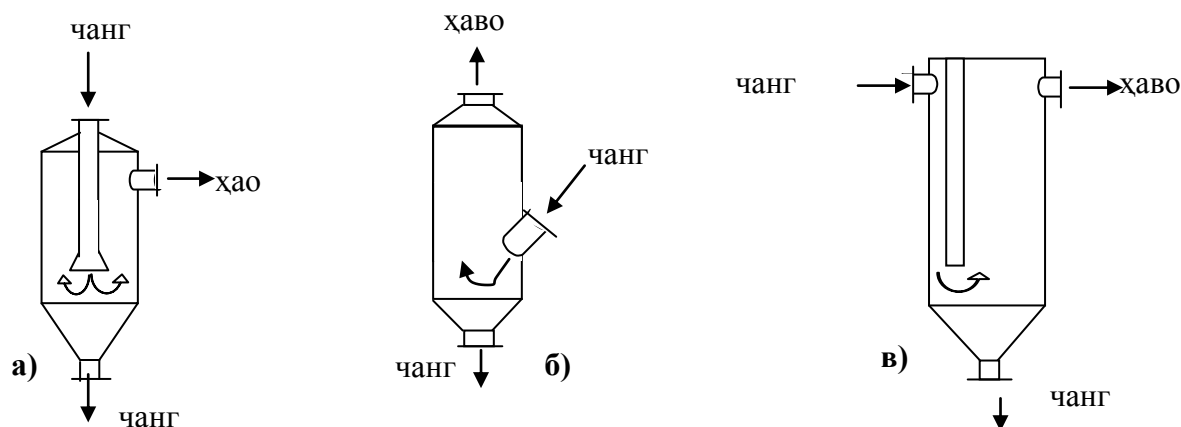
Чангдан тозаланган ҳаво оқими камеранинг чиқариш канали орқали аспирация қурилмаларига қўшимча тозаланиш учун йўналтирилади. Токчаларга чўккан чанг заррачалари ($d > 100$ мкм) даврий равишда сув билан ювиб ташланади ёки бошқа бирон-бир усулда, масалан, токчаларни силкитиш йўли билан йиғиб олинади.

Мазкур типдаги чанг чўктириш қурилмалари навбатма-навбат ишловчи икки бўлимга ажратилиши мумкин. Бундай ҳолатда камеранинг биринчи бўлими ишлайди, иккинчи бўлими эса чангдан тозаланади. Шу тариқа қурилманинг узлуксиз иш режими таъминланади.

Вертикал тўсиқлар ёрдамида бир неча қисмга ажратилган чанг чўктириш камераларида (13.2-расм, в-схема) ажратиш жараёнини амалга ошириш учун гравитация кучидан ташқари инерция кучидан ҳам фойдаланилади. Тасвирдан кўриниб турибдики, қурилма бўйлаб ҳаракатланаётган газ бир неча маротаба ўз йўналишини ўзгартиради. Ҳаракат йўналиши (тезлиги) бирдан ўзгарадиган жойларда (тўсиқлар атрофида) инерция кучининг камайиши сабабли заррачалар асосий газ оқимидан ажралиб қуйига, бункерга чўқади. Оғирлик ва инерция кучларининг қўшма таъсири натижасида қурилманинг ф.и.к. ортади, унинг ўлчамлари эса анча кичиклашади.

13.2-расмнинг в-схемасида тасвирланган чанг чўктириш камерасининг сепарация бўшлиғида эркин осилиб турувчи парда (занжирли ёки симли) ўрнатилган бўлади. Газ оқимини бундай турдаги пардаларга урилиши натижасида филтрланиш жараёни юз бериб, чанг ажралади. Пардалар қурилмада юзага келиши мумкин бўлган турбулент оқимларни ҳам парчалайди. Агар пардалар даврий равишда ҳўлланиб ёки мойланиб турилса, жараён самарадорлиги янада ошади, чунки чанг ҳўл ва мойли юзаларга тез ёпишади.

Инерцион чанг ушлагичларда (13.2-расм) ҳавони тозаланиш даражаси чанг чўктириш камераларига нисбатан анча юқори бўлади.



13.2-расм. Инерцион чанг ушлагичлар схемаси.

Бундай қурилмаларга чанг марказий қувурдан (а-схема) ёки ён томондан (б- ва в-схемалар) берилиши мумкин. Ушбу турдаги қурилмаларнинг ишлаш принципи жуда оддий. Чанг кириш патрубкеси орқали катта тезликда (~ 10 м/сек) дастлаб қурилма тубига томон йўналтирилади, сўнгра газ оқими бирдан юқорига бурилиб, орқага қайтади. Оқим йўналишининг ўзгариши натижасида газ тезлиги сусаяди (~ 1 м/сек), инерция кучлари қиймати ҳам камаяди. Бундай ҳолатда чанг заррачалари ($30 < d < 100$ мкм) газ оқимидан ажралиб, қурилманинг тубига чўкади.

Инерцион чанг ушлаш қурилмаларида ҳавонинг тозаланиш даражаси $65 \div 85\%$ бўлади.

Чанглари марказдан қочма куч майдонида тозалаш

Чанг таркибидан каттик заррачаларни марказдан қочма куч майдонида ажратиб олиш учун циклонлардан кенг фойдаланилади.

Циклонлар цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат бўлиб, концентрацияси 400 г/м^3 гача бўлган чанглари марказдан қочма куч майдонида ажратиш учун мўлжалланган. Чанг қурилмага $20 \div 25$ м/сек тезликда берилади, сўнгра қурилма тубига томон спиралсимон айланма ҳаракат билан йўналади. Айланма ҳаракат натижасида ҳосил бўлувчи марказдан қочма куч таъсирида чанг заррачалари қурилма ўқидан унинг девори томон йўналади. Чанг заррачаси жиҳоз деворига урилгач, ўз кинетик энергиясини йўқотади ва девор юзаси бўйлаб, оғирлик кучи таъсирида, пастга сурилиб тушади. Циклоннинг қуйи қисмида газ оқими инерция бўйича спиралсимон ҳаракатини давом эттиради ва уни қайтиши натижасида юқорига йўналган оқим пайдо бўлади. Шу сабабдан тозаланган газ оқими марказий труба орқали, жиҳознинг юқори қисмидаги патрубкдан чиқиб кетади.

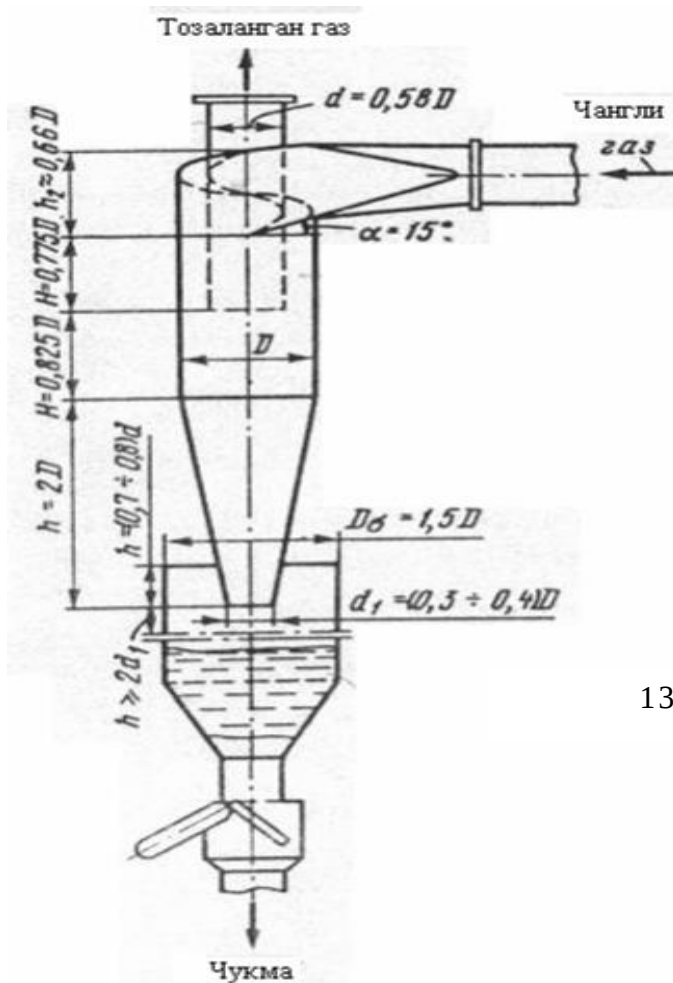
НИИОГАЗ циклонларида (13.3-расм) чанг киритувчи тўртбурчак кесим юзали патрубк қурилма корпусига қия уринма шаклида жойлаштирилган. Ушбу типдаги циклонларнинг қуйидаги учта тури кенг қўлланилади: ЦН-24 (қиялик бурчаги 24°), ЦН-15 (қиялик бурчаги 15°) ва ЦН-11 (қиялик бурчаги 11°).

ЦН-24 русумли циклонлар чанг оқимидаги катта ўлчамли заррачаларни тутати, уларнинг иш унумдорлиги юқори, гидравлик қаршилиги эса кичик.

ЦН-15 русумли циклонларнинг гидравлик қаршилиги кичик, ҳавонинг юқори тозаланиш даражасини таъминлайди.

ЦН-11 циклонлари энг самарали ва универсал чанг тутқич сифатида тавсия этилган.

Чанг оқими таркибидаги абразив ва ёпишувчан заррачалар вентиляторни ишдан чиқариши мумкинлигини эътиборга олиб, аспирация тармоғига дастлаб циклон, сўнгра эса вентилятор ўрнатилади.



13.3-расм. НИИОГАЗ циклонни

Циклонга кираётган чангли ҳаво таркибидаги сув буғлари конденсацияга учрамаслиги учун аралашма ҳарорати ҳавонинг шудринг (газ таркибидаги намликни конденсацияланиш) нуқтасидан $10 \div 25^\circ\text{C}$ юқори бўлиши лозим.

НИИОГАЗ циклонларининг диаметри $100 \div 1000$ мм бўлади. Мазкур циклонларда ҳавонинг тозаланиш даражаси чанг таркибидаги қаттиқ заррачалар ўлчамидан боғлиқ бўлади. Мисол учун, 5 мкм ўлчамли заррачалар тутган чанг муҳити учун ҳавонинг тозаланиш даражаси $30 \div 85\%$, агар заррачалар 10 ўлчами мкм бўлса $70 \div 85\%$ ва 20 мкм катталиқдаги заррачалар учун эса $95 \div 99\%$ ни ташкил этади.

Циклонлар воситасида ҳавонинг чангдан тозаланиш даражаси ажратиш коэффиценти K_a қиймати билан тавсифланади

$$K_a = \omega^2 / (Rg), \quad (13-2)$$

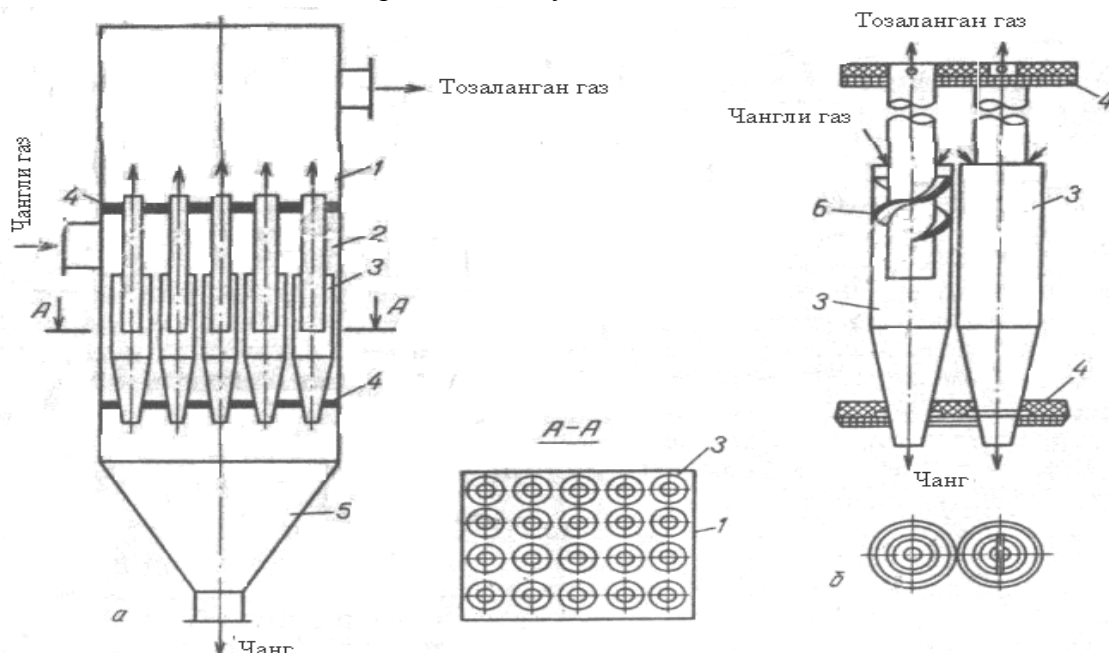
бу ерда ω - чанг оқимининг тезлиги, м/сек; R - циклоннинг цилиндрик қисми радиуси, м; $g = 9.81$ м/сек².

Ушбу (13-2) тенгликдан кўринадики, ҳавонинг чангдан тозаланиш даражасини ошириш учун оқим тезланишини орттириш ёки циклон радиусини кичрайтириш лозим. Чанг тезлиги орттирилса, циклонда кучли турбулент оқим ҳосил бўлади. Бу пайтда чанг таркибидаги заррачаларнинг чўкиш шароити бузилади, тозаланиш даражаси пасаяди ва қурилманинг гидравлик қаршилиги ортади. Циклон радиусини оптимал чегараларда белгиланган ўлчамлардан кичиклашуви натижасида унинг иш унумдорлиги камаяди. Шунинг учун катта ҳажмдаги газларни (~ 140 м³/соат) тозалаш зарурурияти пайдо бўлса, у ҳолда битта катта диаметрли циклон ўрнига бир нечта кичик диаметрли циклон гуруҳлари - мультициклон батареялари ишлатилади (13.4-расм).

Батареяли циклон корпуси 1 цилиндр ёки тўғри тўртбурчак шаклида бўлиб, унинг ичига $10 \div 14$ дона циклон элементлари 3 чамбарак (тутқичлар) 4 воситасида жойлаштирилади. Натижада қурилма корпусида бир-бирига нисбатан герметик ҳолатда

бўлган учта алоҳида бўлимлар – чанг тақсимлаш камераси 2, чанг йиғиш бункери 5 ва тозаланган ҳаво камераси ҳосил бўлади.

Циклон элементлари юқори ва қуйи чамбаракларга шундай жойлаштириладики, бунда ҳар бир элементнинг чанг кирадиган тирқиши (патрубкеси) газ тақсимлаш камераси билан, чанг туширувчи патрубки чанг йиғувчи бункер билан ва марказий чиқариш патрубки эса тозаланган ҳаво камераси билан туташади.



13.4- расм. Батарейли циклон (а) ва унинг элементлари: 1- корпус; 2- газ тақсимлаш камераси; 3- циклон элементининг корпуси; 4- чамбарак (тутқич); 5- чанг йиғиш бункери; 6- винтсимон паррак.

Чангли ҳаво қурилманинг кириш патрубки орқали газ тақсимлаш камерасига 2 узатилади. Бу ерда чангли аралашма циклон элементларига 3 тенг тақсимланади. Диаметри 40÷250 мм бўлган ҳар бир элемент корпуси ва тозаланган ҳаво чиқарувчи трубки оралиғидаги ҳалқасимон тирқишга винтсимон паррак 6 ўрнатилган бўлади. Бу парракнинг асосий вазифаси мультициклонга берилаётган газ оқимини уюрмавий айланма ҳаракатга келтиришдир. Бундай ҳаракат натижасида марказдан қочма куч юзага келади ва унинг таъсирида ажратиш жараёни амалга оширилади. Ажратилган компонентлар корпуснинг тегишли чанг йиғиш ва тозаланган ҳаво камераларига узатилади ва қурилмадан чиқариб юборилади.

Циклонларнинг тузилиши содда, ҳаракатланувчи қисмлари йўқ, чангларни чанг чўктириш камераларига нисбатан юқори тозаликда ажратади. Шу билан бир қаторда, уларнинг камчилликлари ҳам мавжуд: циклонга берилаётган газ сарфини (босимини) ўзгариши чанг ажратиш коэффициентини қийматини пасайтиради; абразив заррачалар корпус деворини кириб, уни сезиларли даражада юпқалаштиради ва маҳсулот таркибини металл ионлари билан бойитади; ўлчамлари 10 мкм дан кичик бўлган заррачаларни тутиб қолиш даражаси унча юқори эмас.

Назорат саволлари: 1. Аэрозол бирикмаларни ажратишдан кўзланган асосий мақсад нималардан иборат? 2. Газ аралашмаларини (чангларни) тозалашнинг қандай усуллари биласиз? 3. Чанг чўктириш камераларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини қай тарзда орттириш мумкин? 4. Газларни чангдан тозаланганлик даражаси қандай аниқланади? 5. Циклонни ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 6. Батарейли циклонлардан қандай ҳолларда фойдаланилади? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципларини тушунтириб беринг. 7. Газ тозаловчи фильтрларнинг қандай турлари мавжуд? Газларни филтрлаш жараёнининг ўзига хос

хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? 8. Енгли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. Нима учун енгли фильтрларга мустаҳкамлик ҳалқалари ўрнатилади? 9. Патронли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 10. Газ фильтрловчи қурилмаларнинг ҳисоблаш услубини тушунтиринг. 11. Электр майдонида чанг чўктириш жараёнининг моҳияти нимада? 12. Электрофильтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 13. Газларни намлаб тозалаш услубининг қандай ижобий ва салбий томонлари бор? 14. Газ ювиш қурилмалари - скрубберларнинг қандай турлари мавжуд? Скрубберларда газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юза қай тарзда ҳосил қилинади? 15. Мавжуд газ ювиш қурилмаларининг самарадорлиги ва гидравлик қаршиликларини таққослай оласизми?

14-мавзу: Тескари осмос ва ультрафильтрация. Мавҳум қайнаш жараёнлари

Умумий маълумотлар

Эритмаларни ярим ўтказгич мембраналар орқали босим остида филтраб ўтказиш йўли билан ажратиш усули тескари осмос дейилади. Бундай мембраналар эритувчиларни ўтказди, аммо эриган модда иони ёки молекулаларини тутиб қолади.

Эритмаларни ярим ўтказгич мембраналар воситасида ажратиш, фракциялаш ёки қуюлтириш жараёни ультрафильтрация дейилади. Ультрафильтрация жараёнида суюқлик мембрана устидаги бўшлиққа 0.1÷1.0 МПа босим билан узлуксиз берилади.

Ультрафильтрация жараёнида дастлабки эритма принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ҳисобланувчи қуйи молекуляр филтратга ва концентранган юқори молекуляр эритмага ажралади.

Мева ва сабзавот шарбатлари, сироплар ва экстрактлар одатда анъанавий бўғлатиш ёки музлатиш (сублимация) усулида сувсизлантирилади. Ушбу жараёнларни амалга оширишда мембрана технологияларини қўллаш туфайли энергия сарфини қисқартириш, маҳсулот сифатини яхшилаш ва хом-ашёдан олинадиган маҳсулот фойзини орттириш мумкин. Мисол учун, ультрафильтрация пивони пастеризациялаш жараёни ўрнини босиши мумкин. Бу пайтда пиво сифати ва унинг барқарорлигини пасайтирувчи ачитқилар ҳамда таркибий юқори молекуляр моддалар ажратиб олинади. Пивони ультрафилтраш жараёнини амалга ошириш учун ҳаражатлар пастеризациялашга нисбатан 2÷2,5 маротаба кам бўлади.

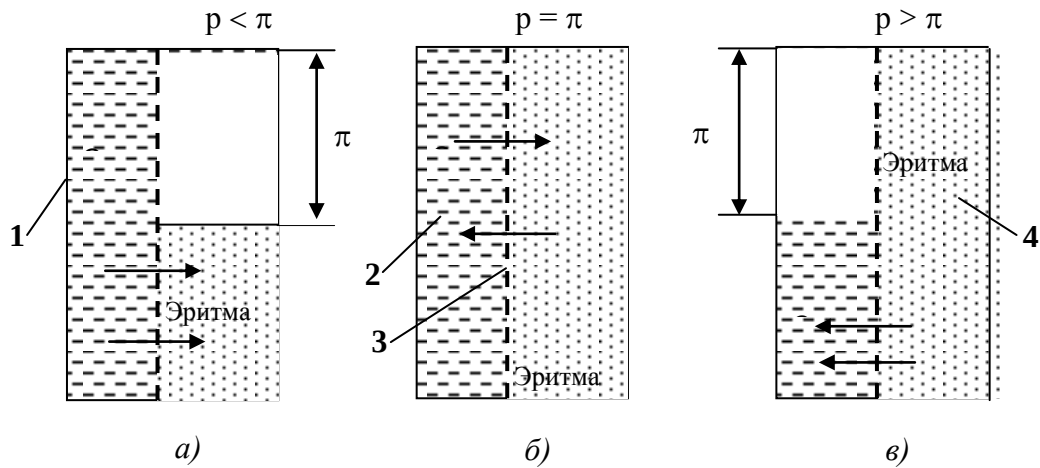
Узум винолари барқарорлигини ошириш муаммоларини тескари осмос жараёнларини қўллаш туфайли хал этиш мумкин. Тескари осмос усулини қўллаш пайтида сув ва этил спирти мембрана орқали ўтади, калий ионлари ва вино тошини ҳосил бўлишига асос бўлувчи вино кислотаси эса концентрат таркибида қолади. Шундан сўнг, концентрат филтрланиб тозалангач, уни филтрат билан қўшиб аралаштирилади. Шу тариқа узоқ вақт ўз товар хусусиятларини тўла сақловчи вино тайёрлаш мумкин бўлади.

Тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларининг назарий асослари

Тескари осмос ва ультрафильтрация тушунчалари ўртасидаги фарқ амалий жиҳатдан қаралганда жуда кам. Ультрафильтрация юқори молекуляр моддаларни (молекуляр массаси 500 дан катта) қуюлтириш ва бир вақтнинг ўзида уларни кичик молекулали компонентлардан тозалаш усули ҳисобланади. Тескари осмос эса муайян эритмани қуюлтириш ёки ундан тоза эритувчини ажратиб олиш усулидир.

Эритмаларни тескари осмос усулида ажратиш жараёнлари эритувчини ярим ўтказгич хусусиятли мембрана орқали эритмага ўз-ўзидан ўтиш ҳодисасига асосланган. Ушбу жараённинг принципиал схемаси қуйидаги 14.1-расмда тасвирланган.

Агар эритма устидаги босим P унинг осмотик босими π қийматидан кичик бўлса ($P < \pi$), эритувчини (сувни) эритмага ўз-ўзидан ўтиши кузатилади (14.1-расм, а-схема). Бу жараён осмос жараёни дейилади. Ўтиш жараёни системадаги осмотик мувозанатга эришилгунча қадар давом этади (14.1-расм, б-схема). Жараён $P = \pi$ бўлганда тўхтади.



14.1-расм. Эритмани тескари осмос усулида ажратиш схемаси:

а- осмос; б- осмотик мувозанат; в- тескари осмос; 1- идиш; 2- эритувчи (сув); 3- ярим ўтказ Циклонга кираётган чангли ҳаво таркибидаги сув буғлари конденсацияга

Осмотик мувозанатга эришилгандан сўнг, эритмага осмотик босимдан юқори (ортиқча) босим P билан таъсир эттирилса, эритувчи тескари йўналишда, эритма таркибидан ажралиб чиқа бошлайди. Бу пайтда ($P > \pi$) тескари осмос ҳодисаси кузатилади (14.1-расм, в- схема). Ушбу жараёнда мембрана орқали ўтган эритувчини фильтрат деб юритилади.

Ишчи босим P_1 ва эритманинг осмотик босими π_1 ўртасидаги фарқ тескари осмос жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади

$$\Delta P = P_1 - \pi_1, \quad (14-1)$$

бу ерда P_1 - эритмага таъсир этувчи ортиқча (ишчи) босим.

Агар тескари осмос жараёни амалга ошириладиган пайтда мембрана орқали маълум бир миқдор эриган моддани ўтиши кузатилса у ҳолда

$$\Delta P = P_1 - (\pi_1 - \pi_2) = P - \Delta\pi, \quad (14-2)$$

бу ерда π_2 - фильтратнинг осмотик босими.

Осмотик босим қийматини Вант-Гофф тенгламасидан ҳисоблаш мумкин. Ушбу тенгламага асосан: “эритманинг осмотик босими π унинг ҳарорати T ва концентрациясига x тўғри пропорционал ва эриган компонентнинг молекуляр массасига M эса тескари пропорционалдир”

$$\pi = iRtx/M, \quad (14-3)$$

бу ерда $i=1+\alpha$ - Вант-Гофф коэффиценти: α - эриган модданинг диссоциация коэффиценти; R - универсал газ доимийси; x - эриган модданинг ҳажмий концентрацияси, $\text{кг}/\text{м}^3$; M - эриган модданинг моляр массаси, $\text{кг}/\text{моль}$.

Турли модда эритмаларининг осмотик босими бир неча ўн МПа ларни ташкил этади. Шу сабабдан, тескари осмос қурилмасидаги ишчи босим осмотик босимдан анча катта бўлиши лозим. Мисол учун, таркибида 35% туз тутган денгиз сувини осмотик босими 2,45 МПа, ушбу сувни тескари осмос усулида чучуклаштирувчи қурилмадаги ишчи босим 7,85 МПа бўлиши адабиётлардан маълум.

Мембранагача (ишчи) ва ундан кейинги (атмосфера) босимлар фарқи ультрафилтрация жараёнини ҳаракатлантирувчи кучи бўлиб ҳисобланади. Ушбу фарқ одатда 0,1÷1,0 МПа дан ортмайди.

Ультрафилтрация жараёнида ярим ўтказувчи ғовак мембраналар - целлюлоза ацетати, полиэтилентерефталот, нейлон ва поливинилхлорид плёнкалари ва бошқалар қўлланилади.

Мембраналар аралашмадаги компонентларни танлаб ўтказиш хусусиятларига эга бўлишлари, механик жиҳатдан чидамли, ўтказиш (ажратиш) кўрсаткичи K_a юқори

бўлиши, кимёвий жиҳатдан безарар, арзон, ишлатиш жараёнида техник характеристикаларининг доимий бўлиши ва юқори солиштирма иш унумдорлигига эга бўлишлари керак.

Мембранани танлаш қобиляти ва ўтказувчанлиги унинг муҳим технологик хусусиятларидан ҳисобланади. Мембрана ғоваклари эритувчи ўтиши учун анча кенг ва эриган модда учун эса тор (кичик) бўлиш лозим.

Мембранани танлаш қобиляти ϕ (%) қуйидагича ҳисобланади

$$\phi = [(x_1 - x_2)/x_1]100 = (1 - x_2/x_1)100, \quad (14-4)$$

бу ерда x_1 ва x_2 - эриган модданинг дастлабки аралашма ва фильтратдаги концентрациялари, %.

Пуазейл қонунига биноан, мембрана ғовакларининг ўртача диаметри d_y қуйидагитенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$d_y = [32V_{\phi}\mu\delta/(\Delta P F \beta)]^{1/2}, \quad (14-5)$$

бу ерда V_{ϕ} - фильтрат сарфи, м³/сек; μ - суюқликнинг динамик қовушқоқлиги, Па·с; δ - мембрана ғовакларининг қалинлиги, м; β - мембрананинг ғоваклиги, %; F - 1 м² майдондаги ғовақларнинг юзаси, м²; ΔP - босимлар фарқи, Па.

Мембрананинг умумий ғоваклиги (%) зичликлар қиймати орқали аниқланади

$$\beta = [(\rho - \rho_1)/\rho]100, \quad (14-6)$$

бу ерда ρ - мембрана материалнинг зичлиги, кг/м³; ρ_1 - мембрананинг (ғоваклари билан биргаликдаги) зичлиги, кг/м³.

Мембрананинг ўтказувчанлик хусусияти (яъни, иш унумдорлиги) кўп жиҳатдан ғовақлар шакли ва уларнинг ўлчамларидан боғлиқ бўлади.

Мембрананинг иш унумдорлиги M_1 бирлик ишчи юзадан F вақт бирлиги τ ичида ажратиб олинган фильтрат ҳажми V билан ифодаланади

$$M_1 = V/(F\tau), \quad (14-7)$$

бу ерда V - фильтратнинг ҳажмий сарфи; F - мембрананинг ишчи юзаси, м²; τ - жараён даври, сек.

Одатда M_1 қийматлари л/(м²·соат) ёки кг/(м²·сек) бирликларда ўлчанади.

Тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларида фазавий ўзгаришлар кузатилмайди. Шу сабабли, ушбу жараёнлар мобайнида бажариладиган иш A_m (Ж) суюқликни сиқиш A_c ва уни мембранадан суриб ўтказиш A_p учун босим ҳосил қилишга сарфланади

$$A_m = A_c + A_p. \quad (14-8)$$

Суюқлик амалий жиҳатдан сиқилмаслиги сабабли $A_c=0$ деб ҳисоблаш мумкин.

Мембрана орқали суюқликни босим остида ўтказиш учун сарфланувчи иш миқдори қуйидагича ифодаланади

$$A_p = \Delta P V, \quad (24-9)$$

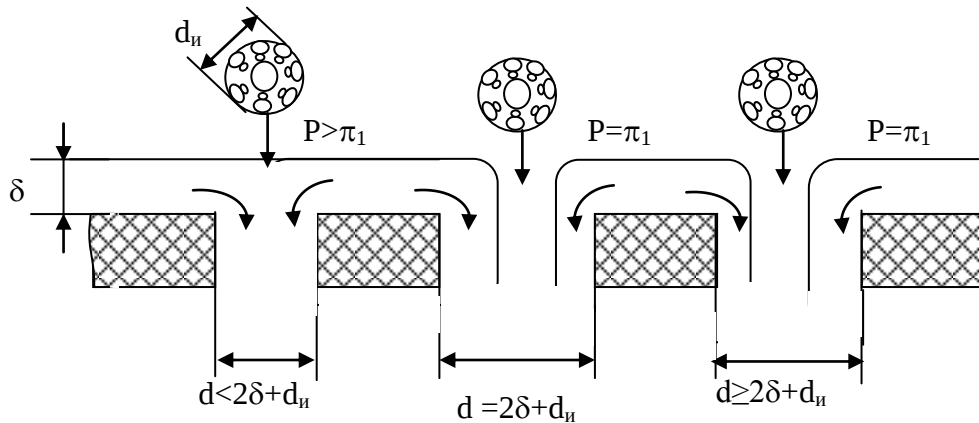
бу ерда ΔP - мембрананинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқи, Па; V - мембранадан ўтказиладиган суюқлик ҳажми, м³.

Эритмаларни ультрафильтрация ва тескари осмос усулида компонентларга ажратиш механизмнинг бир нечта назарий моделлари мавжуд. Жумладан, Ю.И.Дытнерский томонидан ярим ўтказувчанлик механизмнинг капиляр-фильтрация модели тавсия этилган. Ушбу моделга асосан, органик ва ноорганик моддалар эритмаларини ажратиш жараёнига суюқликнинг сирт қатламини таъсири катта бўлади.

Мембрана ва суюқликнинг контакт зонасида сирт кучлари - ёпишқоқлик, сирт таранглик ва молекуляр тортишув кучларининг таъсири катта бўлади. Шу сабабдан мембрана юзасидаги суюқликнинг чегара қатламини физик-кимёвий хоссалари унинг оқими ҳажмидаги физик-кимёвий хоссаларидан анчагина фарқ қилиши мумкин. Чегара қатлам қалинлигининг камайиб бориши билан ушбу фарқ сезиларли даражада ўсади.

Мембрананинг танловчанлик ва ўтказувчанлик қобилятига эритма ионларининг гидратациялаш хусусияти катта таъсир кўрсатади. Эриган модда ионлари эритувчи (сув)

муҳити билан ўралган бўлиб, унинг бир қисми билан таъсирлашган ҳолатда ҳаракатланади. Эритма модда ионларига яқин жойлашган сув молекулалари молекулаларо тортишиш кучи туфайли гидрат қобиқ ҳосил қилади. Шу сабабдан леофиль мембрана юзасида ва унинг ғовакларида боғланган сувнинг δ қалинликдаги қатлами ҳосил бўлади. Боғланган сувнинг эритувчанлик хусусияти паст бўлади. Шунинг учун эритмадаги моддалар мембрана юзаси ва унинг ғовакларидаги боғланган сувда яхши эримайди. Натижада эритмадаги модда молекулалари мембрана ғовакларидан ўта олмайди. Агар мембрана ғоваклари (капиллярлари) диаметри $d < 2\delta + d_{и}$ бўлса, ундан фақат сув ўтиши мумкин (14.2-расм). Шу билан бирга, мембрана



14.2-расм. Мембрана ёрдамида ажратиш механизми схемаси: δ - боғланган сув қатламининг қалинлиги; $d_{и}$ – гидратланган ион диаметри.

турли ўлчамлардаги ғоваклардан иборат бўлиши ва боғланган сув бир қисм ноорганик тузларни эритиши мумкинлиги сабабли, мембрананинг танлаб ўтказиш қобилияти 100% дан кам бўлади.

Капилляр-филтрация моделига асосан тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин. Ярим ўтказувчан гидрофиль мембрана юзаси ва унинг ғовакларида боғланган сув қатлами ҳосил бўлади. Эритмадаги моддаларнинг ҳаракатдаги ионлари мембрана юзасидаги сувни ўзига бириктириб олиб, гидрат қобиқ ҳосил қилади ва уни шу тариқа эритма ҳажмига ташиydi. Бу пайтда мембрананинг суюқлик томонга қараган юзасида сув миқдори (концентрацияси) камаyadi. Ушбу концентрациялар фарқи тоза сувни мембрана орқали ўтиши билан компенсацияланади. Ушбу тарздаги ўтиш ҳодисаси сув молекуласини ионларга тортилиш кучлари ва эритманинг гидростатик босим кучлари ўзаро мувозанатга келгунча давом этади.

Мембранали қурилмаларнинг тузилиши

Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини амалга оширувчи мембранали қурилмалар даврий ва узлуксиз режимда ишлаши мумкин. Даврий ишловчи қурилмалар лаборатория амалиётида кенг қўлланилади. Саноат корхоналарида эса узлуксиз оқимда ишловчи қурилмалардан фойдаланилади.

Мембранали қурилмаларнинг солиштирма ажратиш юзаси катта бўлиб, уларни йиғиш, ўрнатиш ва ишлатиш осон. Юқори ишчи босим қурилмадаги қувур ва арматуралар герметиклигини оширишни талаб этади.

Мембранани жойлаштириш услубига кўра қурилмалар тўртта асосий турга бўлинади:

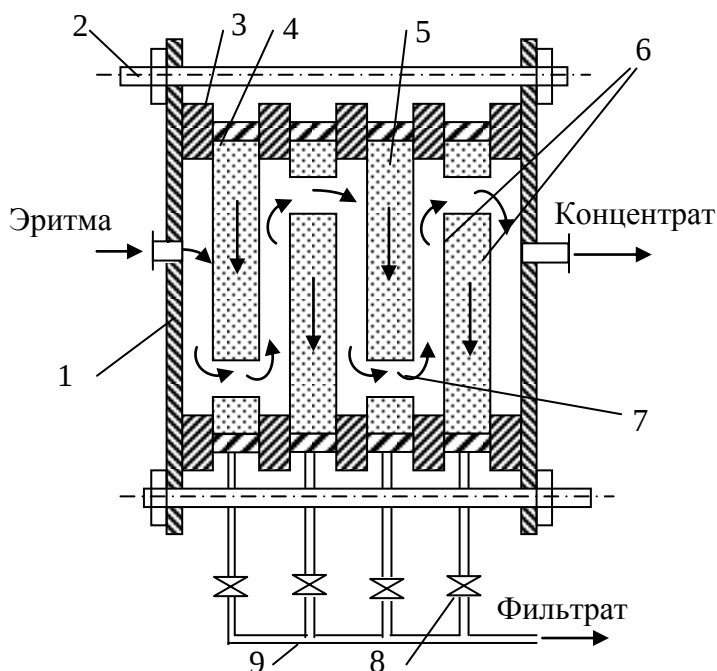
- ясси мембранали («камерали фильтр-пресс» типдаги) қурилмалар;
- трубасимон мембранали қурилмалар;
- ўрама мембранали қурилмалар;
- ғовак ипсимон мембранали қурилмалар.

Ушбу турдаги қурилмалар қобикли ва қобиксиз бўлиши мумкин. Мембранали элементни жойлашувига кўра қурилмалар горизонтал ёки вертикал ҳолатда бажарилиши, монтаж нуқтаи назаридан эса ажралувчи ва ажралмас қисмлардан (модуллардан) иборат бўлиши мумкин.

14.3-расмда тасвирланган ясси мембранали қурилма энг содда қурилмалардан бири бўлиб, унинг тузилиши рамали фильтр-пресснинг тузилишига ўхшаш бўлади.

Қурилманинг асосини ташкил этувчи мембранали элементлар зичловчи фланецлар 1 ўртасида болт-гайкалар 2 ёрдамида тортилиб зичланади ва герметик ҳолатга келтирилади.

Мембранали элементлар (модуллар) ғовак қистирма сифатида ишлатилувчи текис дренаж пластинасининг икки томонига жойлаштирилган мембранадан иборат бўлади. Дренаж пластинаси қалинлиги 0,5÷5 мм бўлиб, улар таянч ҳалқа 4 юзасига йиғилгандан сўнг мембрана оралиғида камера ҳосил бўлади.



14.3 - расм. Мембранали фильтр-пресс схемаси: 1-фланец; 2- зичловчи ҳалқасимон пластина; 3- тортувчи болт; 4- таянч ҳалқа; 5- дренаж пластина (қистирма); 6- ясси мембрана; 7- дренаж канали; 8- кран; 9- коллектор.

Ажратиладиган эритма ушбу камералар бўйлаб дренаж каналлари 7 орқали кетма-кет ўтади ва қуюлтирилган ҳолатда қурилмадан чиқарилади.

Мембраналар орқали ўтган филтрат таянч ҳалқасига ўйилган канал орқали умумий коллекторга 9 узатилади. Филтрат ҳар бир мембранали элементдан кранлар 8 воситасида алоҳида тарзда ажратилиб олиниши ҳам мумкин.

Дренаж пластинаси шаклига кўра мембранали элементлар тўғри тўртбурчак, эллиптик ёки думалоқ шаклларда бўлиши мумкин.

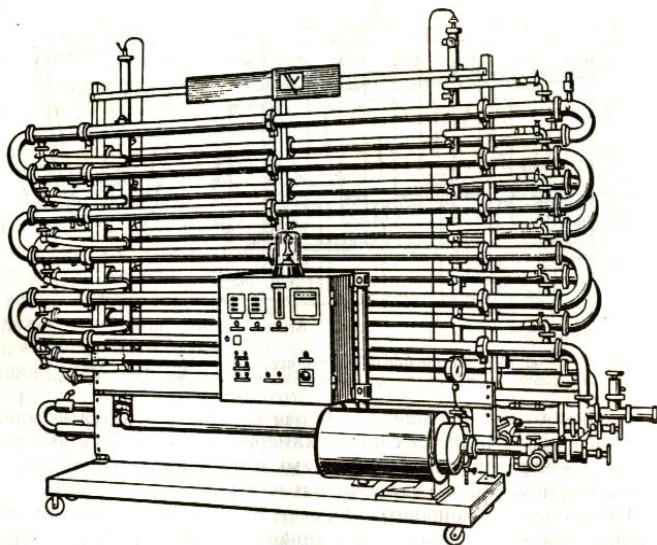
Ушбу типдаги қурилмаларнинг 1 м³ ишчи ҳажмига тўғри келувчи мембраналар юзаси 60÷300 м² ни ташкил этади.

Цилиндр шаклидаги филтрловчи элементлардан ташкил топган мембранали қурилма 14.4-расмда тасвирланган. Қурилма алоҳида цилиндрик модуллардан йиғилади.

Цилиндр шаклидаги филтрловчи модуль (-расм) мембрана 2 ва дренаж каркасидан иборат бўлади. Дренаж каркаси труба 1 ва ғовак қистирма материалдан 3 йиғилади. Қистирма материал мембранани трубанинг дренаж каналларига босим остида зичлашуви сабабли ёпишиб қолишининг олдини олади.

Филтрловчи цилиндрик модуллар уч турда – мембрана дренаж каркасининг ички юзасига (14.5-расм, а-схема), унинг ташқи юзасига (14.5-расм, б-схема) ва комбинацияланган ҳолатда (-расм, в-схемаси) жойлашган кўринишда тайёрланади.

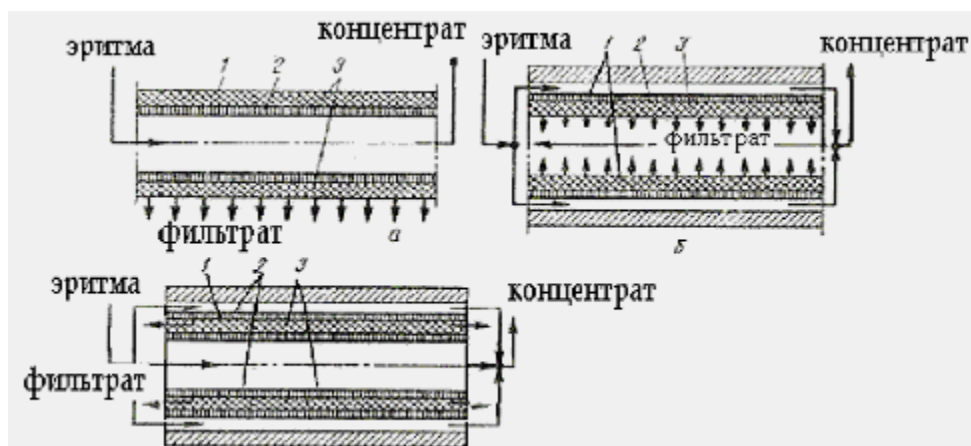
Мембранаси дренаж каркасининг ички юзасига жойлаштирилган модуллардан иборат қурилмалар кенг тарқалган. Уларнинг юқори босимни ушлаб турувчи ташқи корпуси бўлмайди.



14.4-расм. Цилиндрик фильтрловчи элементлардан ташкил топган мембранали аппаратнинг умумий кўриниши

Ажратиладиган эритма цилиндрик мембрана 2 юзасига тўғридан-тўғри берилади. Мембрана 2 ва ғовак қистирма материал 3 орқали ўтган фильтрат трубка тешикларидан оқиб чиқади (14.5-расм, а- схема).

Мазкур типдаги қурилмалар бир қатор афзалликларга эга: юқори босимни ушлаб турувчи корпуси бўлмаганлиги сабабли материал сарфи кичик; фильтрат тракти бўйича дренаж каналларининг узунлиги унча катта бўлмаганлиги учун гидравлик қаршилиги кам; эритма оқимининг тезлиги юқори, шу сабабдан мембранани ишлаш шароити яхши; қурилманинг ўлик зоналари йўқ; мембранали элементлар пакетини қисмларга ажратмаган ҳолда ишчи юзадаги чўкмани механик услубда тозалаш мумкин; қурилма тез ва ишончли даражада жипслаб йиғиш учун қулай. Шу билан бирга, ушбу типдаги қурилмаларда мембрананинг бирлик ишчи юзаси кичик – $60 \div 200 \text{ м}^2/\text{м}^3$.



20.5-расм. Цилиндр шаклида ишланган фильтрловчи мембранали элементлар: а- мембрана дренаж каркасининг ички юзасида жойлаштирилган вариант; б- мембрана дренаж каркасининг ташқи юзасида жойлаштирилган вариант; в- мембрана комбинацияланган ҳолатда жойлаштирилган ҳолат; 1-дренаж трубкаси; 2-мембрана; 3-ғовак қистирма.

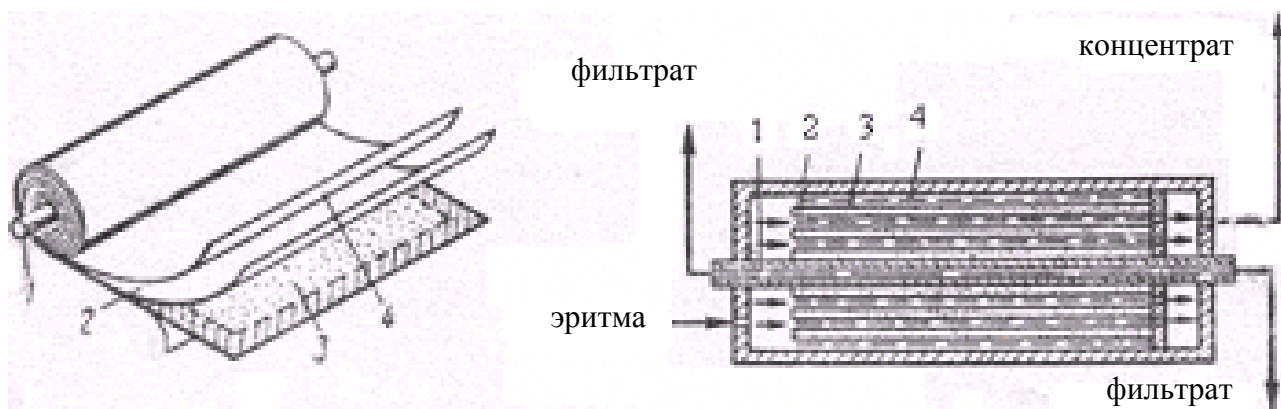
Дренаж каркасининг ташқи юзасига жойлаштирилган мембранали модуллардан (14.5-расм, б-схема) ташкил топган қурилмаларнинг бирлик ишчи юзаси катта бўлади.

Бундай қурилмаларда суюқлик мембранали элементларнинг ташқи юзасидан берилиши сабабли филтрловчи пекет юқори босимларга чидамли корпус 4 ичига ўрнатилади. Филтрловчи элементларни механик услубда тозалашнинг деярли иложи йўқ.

Агар цилиндрик элементлар мембранаси комбинацияланган ҳолатда (14.5-расм, в-схема) жойлаштирилса, уларнинг филтрловчи солиштира ишчи юзалари юқорида кўриб чиқилган элементларга нисбатан деярли икки баробар катта бўлади. Бу пайтда филтратни ҳаракатланиш йўли узайиши сабабли қурилмаларнинг гидравлик қаршилиги сезиларли даражада ортади.

Филтрловчи цилиндрик модулли қурилмалар эритмаларни ультра- ва микрофилтрация йўли билан ажратиш жараёнида кенг қўлланилади. Мева шарбатларини ушбу усулда тиндириш жараёнида уларнинг таркибидан пектин, крахмал, юқори молекуляр дубил моддалар ва целлюлоза заррачалари ажратиб олинади. Тиндирилган шарбатдаги барча моддалар натурал таркибда сақланиб қолади.

Ўрама мембранали элементлардан ташкил топган қурилмаларни принципиал тузилиш схемаси 14.6-расмда тасвирланган. Ушбу қурилмалар трубасимон секциялардан иборат бўлади. Трубалар ичига бир нечта ўрама мембранали элементлар жойлаштирилади. Ҳар бир элемент дренаж қувурига $300 \div 800 \text{ м}^2/\text{м}^3$ зичликда ўралган пакетдан иборат бўлади. Пакет таркиби иккита мембрана ва ғовак қистирма материалдан иборат бўлади (14.6-расм). Мембраналар оралиғида бўшлиқ ҳосил қилиш учун тўр (сепаратор) ўрнатилади.



14.6-расм. Ўрама мембранали элемент схемаси: 1- трубка; 2- мембрана; 3- қистирма; 5- тўр (сепаратор).

Ажратиладиган эритма мембраналар оралиғида ҳосил бўлувчи каналлар орқали бўйлама йўналишда ҳаракат қилади. Жараён пайтида ҳосил бўлган филтрат ўрамнинг спирал шаклидаги дренаж қатлами бўйича ҳаракатланиб, ички дренаж трубасига 1 қуйилади ва қурилмадан ташқарига чиқарилади.

Ўрам зичлигини орттириш йўли билан мембрананинг ишчи юзасини кўпайтириш мумкин. Ўрамдаги мембрана пакетининг эни 900 мм гача бўлиши мумкин. Пакетдаги материаллар узунлиги, дренаж қатламининг гидравлик қаршилигидан келиб чиқиб, 2 метрдан ортмайди.

Мембраналарни тозалаш усуллари. Тегишли тартибда тозаланмаган эритмани қайта ишлаш жараёнида мембраналар юзаси ифлосланиши сабабли улар тезда ишдан чиқиши ёки ажратиш самарадорлиги кескин пасайиши мумкин.

Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнида амалга ошириш пайтида мембрана деворлари юзасидаги чегара қатламда эриган моддалар концентрацияси ортади. Бу пайтда мембрананинг танловчанлик ва ўтказувчанлик хусусиятлари пасаяди, унинг хизмат муддати эса қисқаради.

Эритмаларнинг бирламчи тозалаш усуллари (коагуляция, чўктириш, фильтрлаш) танлаш пайтида мембрана тури, қурилманинг тузилиши ва ундаги гидродинамик режим каби бир қатор омиллар эътиборга олинади.

Кўриладиган чора тадбирларга қарамасдан мембраналарнинг ишчи юзаси қисман ифлосланиб, уларнинг технологик кўрсаткичлари ёмонлашади. Мембраналарнинг бирламчи хоссаларини тиклаш учун уларнинг ишчи юзаларини механик, гидромеханик, физик ва кимёвий усулларда тозаланади.

Механик тозалаш усулида трубкали мембраналарнинг юзаси совунли губка ёрдамида тозаланади.

Гидродинамик усулда мембраналар оралиғидаги бўшлиққа сув, ювувчи эритма ёки газ-суюқлик эмульсияси юбориш, оқимнинг турбулентлигини ошириш, уни пульсациялаш, фильтрат йўналишига тескари йўналишда ҳаво ёки тоза суюқлик юбориш йўли билан мембраналар юзаси тозаланади.

Мембранага электр, магнит ва акустик майдонлар билан таъсир кўрсатиш физик тозалаш усуллари мажмуини ташкил этади.

Кимёвий тозалаш пайтида кимёвий жиҳатдан барқарор мембраналар каустик сода ва айрим кислоталарнинг кучсиз эритмаларида ювилади.

Ультрафилтрация ва тескари осмос усуллари истиқболли усуллар ҳисобланади: қурилмалар содда, жараён оддий ҳароратларда олиб борилади, энергия сарфи кам. Шунинг учун ҳам иқтисодий жиҳатдан тежамли. Масалан, 1 м³ денгиз сувини чучуклаштириш учун тескари осмос усулида 7 кВт соат энергия сарфланади, агар бу жараён буғлатиш йўли билан амалга оширилса 80 кВт·соат энергия сарф бўлади.

Мавҳум қайнаш жараёнлари

Мавҳум қайнаш ҳолати «қаттиқ жисм - газ» ёки «қаттиқ жисм - суюқлик» системаларида кузатилади. Ушбу жараён пайтида газ ёки суюқлик оқимидаги заррачалар муаллақ ҳолатда бўлиб, бир-бирига нисбатан бетартиб равишда эркин ҳаракат қилади. Шунинг учун ушбу ҳолат адабиётларда мавҳум қайнаш қатлами, донатор қатламини қайнаши ёки муаллақ қатлам ҳолати деб юритилади.

Мавҳум қайнаш қатлами донатор материал қатламидан юқорига йўналган газ (ёки суюқлик) оқимини ўтказиш йўли билан ҳосил қилинади. Бу пайтда оқим тезлиги заррачаларни муаллақ ҳолатда тутиб туриши лозим.

Абсорбция, қуриштириш, иссиқлик алмашилиш, экстракциялаш, сочилувчан материалларни аралаштириш ва узатиш каби жараёнларни амалга оширишда мавҳум қайнаш қатламини қўллаш истиқболли усул ҳисобланади.

Мавҳум қайнаш жараёнида қаттиқ заррачалар ва газ (суюқлик) фазалари ўртасидаги узлуксиз контакт юзаси катта бўлади. Бу пайтда барча заррачаларнинг контакт юзалари муҳит оқими билан ювилиб туриши сабабли жараён ҳарорати ва концентрацияси тез ростланади. Натижада амалга ошириладиган жараён тезлашиб, жиҳознинг иш унумдорлиги кескин ортади. Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик бўлганлиги учун технологик жараёнга сарфланадиган энергия миқдори кам бўлади.

Донатор маҳсулот қатламини тавсифлаш учун заррачаларни ўлчами, солиштира юзаси, улар оралиғидаги бўшлиқ ҳажм улуши ва материал қатламининг гидравлик қаршилиги каби катталиклардан фойдаланилади.

Донатор материал заррачалари орасидаги бўшлиқ ҳажм улуши ε қуйидагича аниқланади

$$\varepsilon = (V - V_3)/V = V_6/V, \quad (14-10)$$

бу ерда V - маҳсулот қатламининг умумий ҳажми; V_3 - қатламдаги донатор заррачалар эгаллаган ҳажм; V_6 - қатламдаги заррачалар оралиғидаги бўшлиқ (эркин) ҳажм.

Агар маҳсулот зичлигини ρ_3 ва унинг эркин тўкилган ҳолатдаги зичлигини ρ_t деб белгиласак, у ҳолда

$$\varepsilon = 1 - \rho_3 / \rho_T. \quad (14-11)$$

Диаметри d бўлган заррачанинг солиштирма юзаси

$$f_c = 6(1-\varepsilon)/d. \quad (14-12)$$

Маҳсулот заррачалари орасида ҳосил бўладиган каналларнинг эквивалент диаметри d_3 қуйидагича ифодаланади

$$d_3 = (2/3) d \varepsilon / (1-\varepsilon). \quad (14-13)$$

Ушбу каналлар узунлигини (L) қатлам баландлиги (H) орқали ифодалаш мумкин

$$L = \varphi H,$$

бу ерда φ - тажрибавий коэффицент, $\varphi > 1$.

Донадор материал қатламидаги оқимнинг ҳақиқий тезлиги

$$\omega = \omega_0 / \varepsilon.$$

ω , d_3 ва L катталиклар ифодаларини ҳисобга олган ҳолда, донадор материал қатламининг гидравлик қаршилиги ΔP тенгламаси қуйидагича ёзилади

$$\Delta P = 3\lambda\varphi H(1-\varepsilon)\omega_0^2 K_{ш} / (4d \varepsilon^3), \quad (14-14)$$

бу ерда λ - қатламнинг қаршилиқ коэффиценти; $K_{ш}$ - заррачалар учун шакл коэффиценти.

Ушбу (21-5) тенгламадан оқимнинг турли режимлари учун эмпирик ҳисоблаш тенгламалари ишлаб чиқилади.

Суюқлик ва газлар ҳаракатини донадор қатламдаги ламинар режими учун

$$\Delta P = 72(1-\varepsilon)^2 \varphi \omega_0 \mu H / (\varepsilon^3 d^2). \quad (14-15)$$

Агар қатламдаги оқим режими турбулент бўлса, у ҳолда қатламнинг гидравлик қаршилиги

$$\Delta P = [150(1-\varepsilon)^2 \mu \omega_0 / (\varepsilon^3 d^2) + 1.75(1-\varepsilon) \rho \omega_0^2 / (\varepsilon d)] H K_{ш}. \quad (14-16)$$

Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси

Мавҳум қайнаш қатлами қуйидагича ҳосил қилинади. Ихтиёрий шаклдаги вертикал идиш (масалан, цилиндр) тубига сим тўр ўрнатилиб, унинг юзасига муайян қалинликда сочиловчан донадор қаттиқ материал заррачалари тўкилади. Шундан сўнг аппарат тубидан юқорига, тўр орқали ҳаво (ёки суюқлик) оқими юборилади.

Дастлаб, ҳаво оқимини тезлиги (сарфи) кичик бўлганда, тўр устидаги материал қатлами қўзғалмас бўлади. Ҳавонинг тезлиги маълум бир қийматларга эга бўлганда қатламдаги материалнинг оғирлиги газ оқимининг гидродинамик босимига тенг бўлиб қолади. Натижада, гидродинамик мувозанат юзага келиб, заррачалар бир-бирига нисбатан турли йўналишлар бўйича силжий бошлайди.

Газ тезлиги янада оширилса, заррачалар ҳаракати тезлашади, қатлам кенгаяди ва у худди қайнаётгандек бўлиб кўринади. Қатламни бундай ҳолати мавҳум қайнаш ҳолати дейилади.

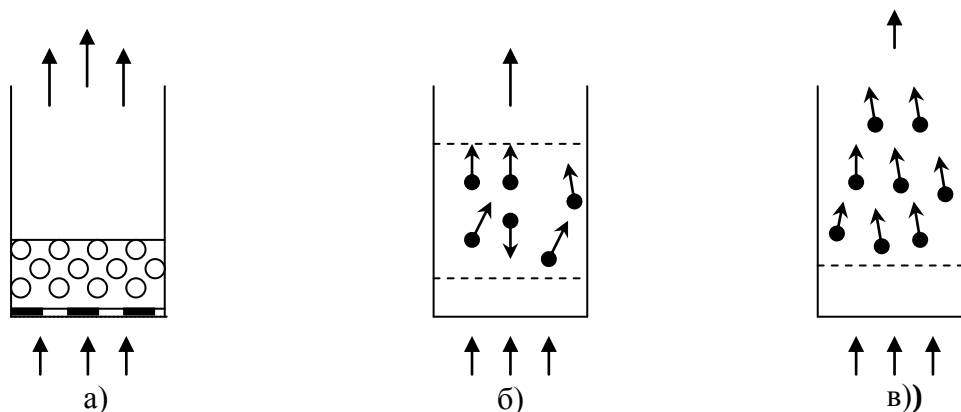
Материал қатламини ўзгармас ҳолатдан мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш жараёнига тўғри келувчи ҳавонинг (суюқликнинг) тезлиги мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик $\omega_{кр1}$ деб юритилади.

Келгусида, ҳаво тезлиги янада оширилса, гидродинамик босим кучлари қиймати материалнинг оғирлик кучлари қийматидан ортиб кетади. Бу пайтда материал доналари ҳаво оқими билан аппаратдан учиб чиқиб кетиши мумкин. Ушбу ҳолатга мос келувчи

оқим тезлиги материалнинг учиб чиқиб кетиш тезлиги ёки иккинчи критик тезлик $\omega_{кр2}$ деб юритилади.

Газ (суюқлик) оқимининг тезлигига кўра донатор материал қатламининг асосий ҳолатларини таҳлил қиламиз.

1. Оқим тезлиги $\omega_0 < \omega_{кр1}$ бўлганда донатор материал қатлами қўзғалмас ҳолатда бўлади (14.7-расм, а- схема). Бу пайтда қатламнинг гидравлик қаршилиги ортиб боради (14.7-расм, а-схемадаги АВ чизик), унинг бўшлиқ ҳажми ва баландлиги деярли ўзгармайди (14.7-расм, б-схемадаги АВ чизик). Оқимни қўзғалмас донатор қатламдаги ҳаракатининг асосий қонуниятлари 21.1 бандда кўриб чиқилган.



14.7-расм. Газ (суюқлик) оқимини қаттиқ заррачалар қатламида ҳаракатланиш схемаси: а- қўзғалмас қатлам; б- мавҳум қайнаш қатлами; в- маҳсулот заррачаларининг қурилмадан учиб чиқиб кетиши.

2. Оқим тезлиги $\omega_0 = \omega_{кр1}$ бўлса қурилмада мавҳум қайнаш қатлами юзага келади (21.1-расм, б-схема; 21.2-расм, а- ва б- схемалардаги С нукта). Бу пайтда мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги

$$\Delta P = G/F, \quad (14-17)$$

бу ерда G - қатламдаги заррачаларнинг оғирлиги; F - қурилманинг кўндаланг кесим юзаси.

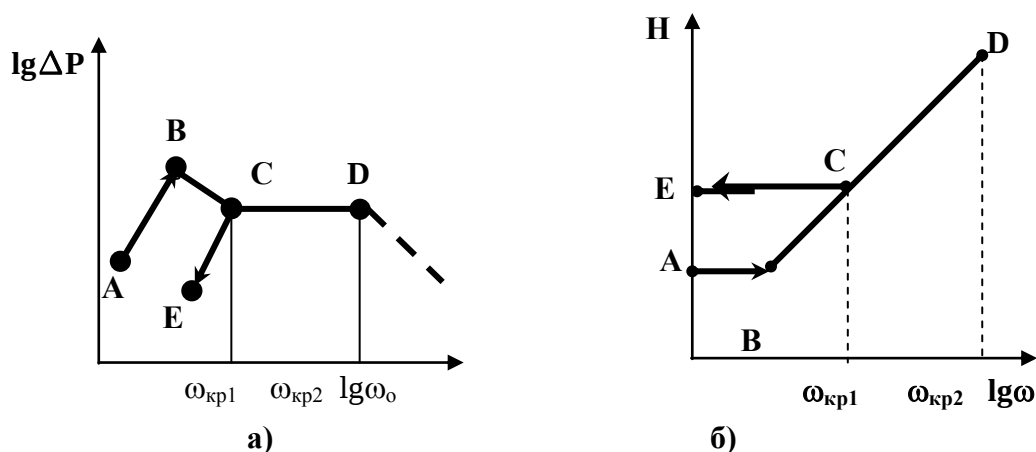
Донатор қатламдаги заррачаларнинг оғирлигини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$G = FH(1-\varepsilon)(\rho_3 - \rho)g, \quad (14-18)$$

бу ерда H - заррачалар қатламининг баландлиги; ρ_3 ва ρ - қаттиқ заррачалар ва ишчи муҳитнинг зичликлари; g - эркин тушиш тезланиши.

(14-8) тенгламага асосан

$$\Delta P = H(1-\varepsilon)(\rho_3 - \rho)g. \quad (14-19)$$



14.8-расм. Қаттиқ заррачалар қатламининг гидравлик қаршилиги ва қатлам баландлигини оқимнинг тезлигидан боғлиқлиги: а- қатламнинг гидравлик қаршилигини оқим тезлигидан боғлиқлиги $\Delta P = f(\omega)$; б- қатлам баландлигини оқим тезлигидан боғлиқлиги $H = f(\omega)$.

Мавҳум қайнаш ҳолатида маҳсулот қатламидаги заррачалар турли йўналишлар бўйлаб силжиб, интенсив аралаша бошлайди (14.7- расм, б-схема). Қатламнинг эркин юзасида тўлқинланиш ва чайқалишлар кузатилади. Бу пайтдаги қатлам ҳолатининг манзараси худди қайнаётгандек куринади.

Мавҳум қайнаш ҳолатида заррачалар қатламининг баландлиги ўсади ва ундаги бўшлиқ ҳажм улуши ортади (14.8-расм, а-схемадаги ВС чизик). Ушбу тасвирдаги ВС чизик қаттиқ заррачалар ўртасидаги тортишиш кучларининг таъсирини ифодалайди.

3. $\omega_{кр1} < \omega_o < \omega_{кр2}$ чегараларда оқим тезлигини ортиши туфайли заррачалар янада интенсивроқ аралашади, қатлам баландлиги (14.8-расм, б- схемадаги ВС чизик) ва ундаги бўшлиқ ҳажм улуши ҳам ортиб боради. Бу пайтда қатламнинг гидравлик қаршилиги деярли ўзгармайди (14.8-расм, а-схемадаги СД чизик).

4. Оқим тезлиги $\omega_o \geq \omega_{кр2}$ бўлганда мавҳум қайнаш қатлами бузилади. Қатламдаги заррачаларни оқим билан бирга қурилмадан учиб чиқиб кетиш ҳолатлари кузатилади. Заррачаларнинг массавий равишда қурилмадан учиб чиқиб кетиш ҳолати пневмотранспорт (гидротранспорт) жараёнларига монанд бўлади. Ушбу услубдан техникада сочилувчан материалларни қувурлар бўйлаб узатишда фойдаланилади. Дон маҳсулотлари корхоналарида унни қопсиз ташиш ва силосларга юклаш каби жараёнлар бунга мисол бўла олади.

Қаттиқ заррачаларни қурилмадан чиқиб кетиш тезлиги $\omega_{кр2}$ эркин шопирилиш $\omega_{ш}$ тезлиги деб ҳам юритилади. $\omega_o = \omega_{ш}$ бўлган ҳолатда қаттиқ заррачалар қатламининг бўшлиқ ҳажми жуда катта бўлади ($\varepsilon \approx 1$). Бу пайтда заррачаларнинг оғирлиги оқимнинг кўтариш кучи билан мувозанатда бўлиши сабабли улар бир-биридан боғлиқ бўлмаган ҳолатда ҳаракатланиб, эркин учиб юради, чўкмайди ва оқим билан қурилмадан чиқиб ҳам кетмайди (21.2-расм, а- ва б- схемалардаги Д нуқта). Шунинг учун заррачаларни ушбу ҳолатдаги тезлигини чўкиш жараёни учун тавсия этилган

$$Ar = \zeta(3/4)Re^2 \text{ ва } Re = Ar/(18+0.61Ar^{1/2})$$

тенгламалар ёрдамида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, ишчи муҳит тезлигига кўра мавҳум қайнаш қатламининг уч хил режимлари мавжуд:

- филтрлаш режими $\omega_o < \omega_{кр1}$;
- мавҳум қайнаш қатлами $\omega_o > \omega_{кр1}$;
- пневмотранспорт режими $\omega_o > \omega_{кр2}$.

5. Мавҳум қайнаш жараёнидан сўнг, оқим тезлигининг сусайиши пайтида, қатламнинг гидравлик қаршилиги ВА чизик бўйича эмас, аксинча СЕ чизиги билан (14.8-расм, а-схема) тавсифланади. Ушбу гистерезис кўйидагича тушунтирилади: мавҳум қайнаш қатламида бўлган заррачалар қатламининг эркин бўшлиқ ҳажми жараёндан аввалги ҳолатга нисбатан катта бўлади. Шу сабабдан, жараён сўнгида ҳосил бўлган қатламнинг гидравлик қаршилиги ҳам кичик бўлади. Мавҳум қайнаш қатлами иккинчи бор такрорланса, ушбу гистерезис ҳолати қайта кузатилмайди.

Шундай қилиб, мавҳум қайнаш қатламидаги оқимнинг ишчи тезлиги $\omega_{кр1} < \omega_o < \omega_{кр2}$ чегараларда бўлиши керак.

Мавҳум қайнаш жараёни қатламдаги заррачаларнинг аралашуви интенсивлигини кўрсатувчи мавҳум қайнаш сони K_ω билан тавсифланади

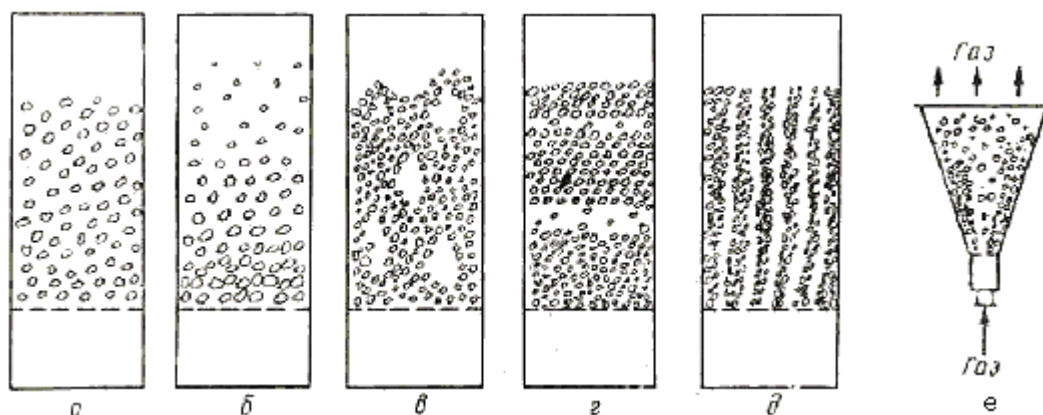
$$K_\omega = \omega_o / \omega_{кр1}, \quad (14-20)$$

бу ерда ω_o - оқимни қурилманинг кўндаланг кесим юзасига нисбатан олинган ишчи тезлиги.

Тажрибалар ўтказиш йўли билан ҳар бир жараён тури учун K_ω қийматларининг оптимал чегаралари аниқланади. Одатда, $K_\omega = 2$ бўлган ҳолларда заррачаларнинг интенсив аралашувига эришиш мумкинлиги аниқланган.

Мавҳум қайнаш қатламининг структураси ишчи муҳит туридан (газ ёки суюқлик) боғлиқ бўлади. Техникада мавҳум қайнаш қатлами асосан газ оқимида ташкил этилади.

$\omega_{кр1} - \omega_{кр2}$ тезликлар оралиғида донадор материалларнинг мавҳум қайнаш ҳолати бир жинсли ёки турли жинсли бўлиши мумкин.



14.9-расм. Курилмалардаги мавҳум қайнаш қатламининг ҳолатлари: а- бир жинсли қатлам; б- сийраклашган турли жинсли қатлам; в- пуфакчали барботаж қатлами; г- поршенли қайнаш қатлами; д- каналли қайнаш қатлами; е- фавворали қайнаш қатлами.

Бир жинсли мавҳум қайнаш қатламида (14.9-расм, а-схема) материал заррачалари қатлам баландлиги бўйича бир хилда тарқалган бўлади. Аксинча ҳолларда, заррачалар қатлам бўйича нотекис ҳолатда тарқалган бўлади. Бу пайтда заррачаларнинг ҳолати турли жинсли мавҳум қайнаш қатлами кўринишида (14.9-расм, б-схема) бўлади.

Саноат курилмаларида турли жинсли қатлам ҳолатларини ҳосил бўлиши курилма ва заррачаларнинг шакли, ўлчами ва юзасига, заррачалар ва оқим зичликларининг нисбатига, оқим тезлиги ва газ тарқатувчи тўрнинг турига боғлиқ бўлади.

K_0 сони қийматини ортиши билан қатламнинг турли жинслилик даражаси ортади. Бу пайтда қатламдаги газ оқими нафақат узлуксиз оқим, балки пуфакча шаклида ҳам ҳаракатланиши мумкин (14.9-расм, в-схема). Ҳаракатдаги газ пуфакчалари қатламдаги заррачаларнинг аралашувини тезлаштиради. Келгусида, газ сарфининг ортиши билан пуфакчалар ўлчами курилма диаметригача катталашуви мумкин. Бу пайтда газ пуфакчаси устидаги заррачалар қатламининг поршенли ҳаракати кузатилади (14.9-расм, г-схема). Бу пуфакчалар қатламдан чиқиш пайтида ёрилиб, қатлам баландлигини тўлқинланишига ва ундаги маълум бир қисм заррачаларнинг юқорига иткитилишига сабаб бўлади. Шу тариқа заррачаларнинг газ оқими билан курилмадан чиқиб кетиш эҳтимоли ортади.

Поршенли қайнаш режимида газ оқими ва материал заррачалари ўртасидаги контакт юзанинг бир хиллиги бузилиб, қаттиқ фазани вертикал йўналишда аралашуви ёмонлашади, газ оқими ва заррачалар ўртасидаги контакт юза қисқаради. Поршенли режим курилма диаметри кичик, заррачалар ўлчамлари катта ва газ оқими тез бўлган ҳолларда кузатилиши мумкин.

Ўта кичик ўлчамли (масалан, кукунсимон), намлиги юқори ва зичлашувчанлик хусусиятига эга бўлган материал заррачаларига мавҳум қайнаш қатламида ишлов бериш жараёнида каналли қатлам ҳолати (14.9-расм, д-схема) кузатилиши мумкин. Бу пайтда газ оқимининг асосий қисми ҳосил бўлган каналлар орқали, қатламдаги маҳсулот заррачалари билан ўзаро контактга киришмасдан, эркин ўтиб кетади. Газ оқими тезлигининг ортиши билан бу каналлар тўла йўқолиши ёки газ тарқатувчи тўр устидаги қатламдагина қисман сақланиб қолиши мумкин.

Конуссимон тубли курилмаларда каналли мавҳум қайнаш қатлами фавворали қатламга айланади (14.9-расм, е-схема). Бундай режимда курилманинг ўқи бўйлаб ҳаракатланаётган газ оқими қаттиқ материал заррачаларини фаввора шаклида юқорига отади.

Ҳозирги кунда мавҳум қайнаш қатламини ҳосил қилишнинг илмий жиҳатдан асосланган янги усуллари мавжуд. Бундай усуллар қаторига босим таъсиридаги юқори

хароратли қатлам, марказдан қочма куч майдонидаги қатлам, оқимни импульсли циркуляциясига эга қатлам, вибрация таъсиридаги қатлам ва уюрмавий қатлам ҳосил қилиш усуллари мисол қилиб келтириш мумкин.

Шарсимон ва унга яқин бўлган шакллардаги заррачалар қатламини мавҳум қайнаш ҳолатига келтирувчи оқимнинг биринчи критик тезлиги аналитик услубда, Re критерийсининг критик қиймати бўйича, аниқланиши мумкин

$$Re_{кр} = Ar / (1400 + 5.22 Ar^{1/2}), \quad (14-21)$$

бу ерда $Re_{кр1} = \omega_{кр1} d \rho_3 / \mu$; $Ar = (d^3 \rho^2 g / \mu^2) (\rho_3 - \rho_m)$; d - заррачаларнинг ўртача диаметри; μ - ишчи муҳитнинг динамик қовушқоқлиги.

$Re_{кр}$ критерийсининг сон қиймати бўйича $\omega_{кр1}$ аниқланади. Шундан сўнг, (14-15) тенгламадан K_ω қийматлари учун оқимнинг ишчи тезлиги ω_o ҳисобланади. ω_o қийматлари бўйича қурилманинг диаметри аниқланади:

$$D = [4Q / (\pi \omega_o)]^{1/2}. \quad (14-22)$$

Маҳсулот заррачаларининг қатламда бўлиш вақти

$$\tau_{ўрт} = m / G, \quad (14-23)$$

бу ерда m - қатламдаги қаттиқ материалнинг массаси, кг; G - материал сарфи, кг/сек.

Майда донадор материалнинг мавҳум қайнаш қатламини гидравлик қаршилиги қуйидаги тенглама асосида аниқланади

$$\Delta P = 150(1-\epsilon)^2 \mu N \omega_o (K_{ш} \epsilon^3 d^2). \quad (14-24)$$

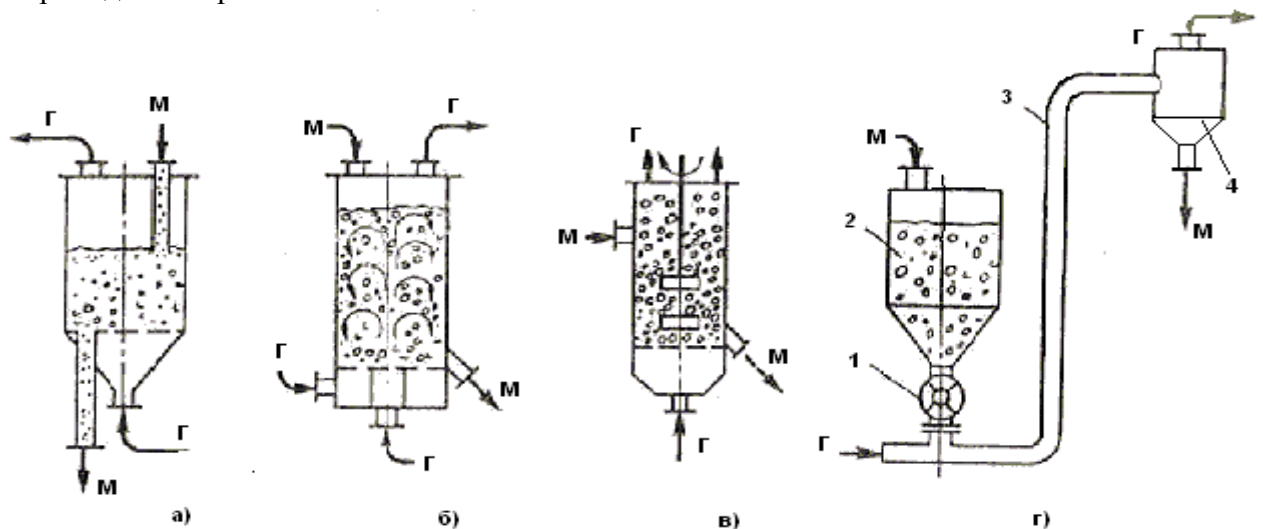
Мавҳум қайнаш қатламида маҳсулот заррачаларининг учиб чиқиш тезлиги $\omega_{кр2}$ ҳам (21-12) тенгламадан аниқланиши мумкин. Бунинг учун $Re_{кр}$ ифодасидаги $\omega_{кр1}$ ўрнига $\omega_{кр2}$ қуйилади.

Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар

Жараёни амалга оширилиш шароитлари, маҳсулот сифатида кўрсатиладиган талаблар ва маҳсулот ҳамда ишчи муҳит ўртасидаги таъсирнинг специфик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг кўплаб турлари яратилган.

Даврий ва узлуксиз режимда ишловчи бундай қурилмаларда маҳсулот газ оқими билан параллел, қарама-қарши ва кесишувчан йўналишларда контактда бўлади.

Мавҳум қайнаш қатламли айрим қурилмаларнинг принципаиал тузилиш схемалари 14.10-расмда тасвирланган.



14.10- расм. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг принципаиал схемалари: а- узлуксиз ишловчи адсорбер; б- цилиндрик силос; в- аралаш-тиргичли қурилма; г- пневмотранспорт; 1- шлюзли затвор; 2- бункер; 3- қувур; 4- циклон; шартли белгилар: Г- газ оқими М- донатор материал

14.10-расмнинг а-схемасида тасвирланган цилиндрик адсорбер узлуксиз режимда ишлайди. Адсорбент курилманинг юкори қисмидаги патрубкдан газ таксимловчи панжара устига узлуксиз тўкилиб туради. Панжара остидан юкорига қараб йўналтирилган газ оқими материал қатламидан ўтиб, уни мавҳум қайнаш ҳолатига келтиради. Курилмада ишлов берилаётган материал сатхи қуйилиш патрубкasi воситасида ростланади.

Ушбу типдаги курилмадан газларни тозаловчи адсорбер ёки сочилувчан материаллар учун курутгич сифатида фойдаланиш мумкин.

Вертикал ҳолатда ўрнатиладиган цилиндрик силослар (14.10-расм, б-схема) кўп миқдордаги дон маҳсулотларини йиғиш, уларни сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш ва мажбурий усулда шамоллатиш учун қўлланилади. Ушбу мақсадларни амалга ошириш учун силоснинг туби, думалок концентрик тўсиқ ёрдамида, иккита алоҳида қисмларга - ташқи ва ички ҳалқасимон камераларга ажратилган. Ушбу қисмларга ўрнатилган патрубклар орқали курилмага ҳаво берилади. Ташқи ҳалқага бериладиган ҳаво миқдори, ички ҳалқага нисбатан, икки марта ортиқ бўлади. Шу сабабдан, силосдаги донни девор четидан унинг марказий ўқи томон йўналган циркуляциявий ҳаракати юзага келади. Дон қатламининг мавҳум қайнаш ҳолатидаги бундай ҳаракати технологик мақсадни тезда амалга оширилишига имкон беради.

Заррачаларининг ўлчамлари кичик, ёпишувчан ва электростатик хусусиятга эга бўлган материалларни аралаштириш, уларнинг зичлашган қатламларини бузиш ва бундай муҳитда иссиқлик (модда) алмашиниш жараёнларини тезлаштириш учун пневмомеханик усулдан (14.10-расм, в-схема) фойдаланилади. Бу пайтдаги маҳсулотнинг мавҳум қайнаш қатлами механик аралаштиргичлар ёки вибраторлар ёрдамида кўшимча равишда аралаштирилади.

14.10-расмнинг г-схемасида тасвирланган курилма сочилувчан материалларни пневматик услубда масофага узатиш ёки уларни иссиқ ҳаво оқимида куритиш учун қўлланиши мумкин. Қаттиқ материал заррачаларини ҳаво оқимидаги концентрацияси шлюзли затвор воситасида ростланади.

Умуман олганда, мавҳум қайнаш қатламли курилмалар адсорбция ва куритиш жараёнларини амалга ошириш учун кенг қўлланилади.

Назорат саволлари. 1. Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараёнларда қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд? 2. Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясида тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? 3. Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини ҳаракатлантирувчи кучга таъриф беринг. 4. Ультрафилтрация анъанавий филтрлаш жараёнидан нимаси билан фарқ қилади? 5. Ультрафилтрация ва тескари осмос жараёнларида қандай турдаги мембраналардан фойдаланиш мумкин? 6. Мембраналарнинг технологик хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? 7. Мембрана орқали суюқликни ўтказиш учун сарфланган иш миқдорини қандай аниқлаш мумкин? 8. Эритмани мембрана воситасида ажратиш жараёни механизмини биласизми? Ушбу механизмнинг капиляр-филтрация моделини тушунтириб беринг. 9. Мембранали курилмаларнинг қандай турларини биласиз? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 10. Мембранали курилмаларни қай тартибда ҳисоблаш мумкин? 11. Донадор материалларни мавҳум қайнаш ҳолатига таъриф беринг. Мавҳум қайнаш қатлами қандай ҳосил қилинади? 12. Нима сабабдан мавҳум қайнаш қатламида амалга ошириладиган жараёнлар интенсив кечади? Сабабларини тушунтириб беринг. 13. Донадор қатламни тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? 14. Донадор материал қатламининг бўшлиқ ҳажмини қандай аниқлаш мумкин? 15. Газ оқими тезлигининг биринчи ва иккинчи критик тезликлари ҳақида нималарни биласиз? 16. Қаттиқ заррачалар қатламининг газ оқимидаги қандай ҳолатлари мавжуд? 17. Газ оқимининг қандай тезлигида заррачалар курилмадан учиб чиқиб кетади? Ушбу ҳолатни салбий ва ижобий томонларини изоҳланг. 18. Мавҳум қайнаш сони қандай катталик? 19. Саноат курилмаларида мавҳум қайнаш қатламининг қандай ҳаракат режимлари мавжуд бўлиши

мумкин? 20. Газ оқимининг биринчи критик тезлиги қандай аниқланади? 21. Мавхум қайнаш қатламли қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Улардан қайси бир технологик жараёнларни амалга ошириш учун фойдаланиш мумкин?

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. 3. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик. Т.1. - Тошкент: Ўзбекистон, 1994. - 366 б.
2. 3. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашиниш жараёнлари. Олий ўқув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон, 1995. - 238 б.
3. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1999. - 551 с.
4. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 400 с.
5. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 368 с.
6. Юнусов И.И., Артиков А.А., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овқат технологиясида ЭХМ қўллаш фанидан ўқув қўлланма. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 145 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овқат саноати жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва масалалар. - Тошкент: ТошКТИ, 1999. - 351 б.
8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва б. Кимё ва озик-овқат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 231 б.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/Под ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 574 с.
10. Романков П.Г., Курочкина М.И. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1994. – 232 с.
11. Н.Юсуфбеков, Б.Муҳамедов, Ш.Ғуломов. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. - Тошкент: Ўқитувчи, 1997. - 704 б.
12. Лунин О.Г., Вельтишев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1987. - 239 с.
13. Стахеев И.В. Пособие к курсовому проектированию процессов и аппаратов пищевых производств. – Минск: Выща школа, 1975. - 285 с.

Мавзу	Мундарижа	Саҳифа
	Кириш	3
1	«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанининг мазмуни ва вазифалари	3
2	Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари	7
3	Технологик жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари	14
4	Қаттиқ материалларни майдалаш	23
5	Сочилувчан материаллар ва донали маҳсулотларни саралаш	29
	ГИДРОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР ВА АППАРАТЛАР	
6	Гидромеханик жараёнлар ва аппаратлар. Гидростатика асослари	36
7	Гидродинамика асослари	43
8	Суюқликларни насослар ёрдамида узатиш	47
9	Газларни сиқиш ва узатиш	54
10	Суюқлик муҳитларини аралаштириш	60
11	Турли жинсли системаларни ажратиш	67
12	Суспензияларни филтрлаш	73
13	Турли жинсли газ системаларини тозалаш	81
14	Тескари осмос ва ультрафилтрация. Мавҳум қайнаш жараёнлари	87
	Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	101