

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ҚАРШИ МУХАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

«НЕФТ ВА ГАЗ» ФАКУЛЬТЕТИ
«ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ
ВА БОШҚАРИШ» КАФЕДРАСИ

Абдузоиров Ислон Абдурахмоновичнинг

«Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш
системаларини синтезлаш» мавзули

5311000 –Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни
автоматлаштириш ва бошқариш (ишлаб чиқариш) йўналиши
бўйича бакалавр даражасини олиш учун

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

Кафедра мудири

Хусанов С.Н.

Раҳбар

т.ф.н., доц. Севинов Ж.У.

Тошкент – 2016 й.

МУНДАРИЖА

бет.

КИРИШ.....

I БОБ. АБСОРБЦИЯ ЖАРАЁНЛАРИ ХУСУСИЯТЛАРИНИНГ ТАХЛИЛИ ВА АБСОРБЕРЛАРНИНГ АСОСИЙ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ

- 1.1. Абсорбция жараёнининг физик – кимёвий асослари
- 1.2. Абсорберларнинг асосий конструкциялари
- 1.3. Абсорбция ускуналарининг технологик схемалари

II БОБ. АБСОРБЦИЯЛАШ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИНГ КЎПКОНТУРЛИ РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИ СИНТЕЗЛАШ

- 2.1. Абсорбция ускуналарнинг технологик схемаси ва
абсорбентларнинг сифатига бўлган асосий талабларни
шакллантириш
- 2.2. Абсорбция жараёнининг механизмини таҳлил қилиш
- 2.3. Абсорбция қурилмасини автоматлаштиришнинг типик
схемалари
- 2.4. Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш
схемаси
- 2.5. Каскадли автоматик ростлаш системасида ростлагич
параметрларини ҳисоблаш

III БОБ. ХАЁТ ФАОЛИЯТИ ХАВФСИЗЛИГИ

IV БОБ. ТЕХНИК-ИҚТИСОДИЙ ҲИСОБ

ХУЛОСА

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

К И Р И Ш

*Ўзбекистон амалда Форс кўрфази,
Каспий денгизи ҳавзаси ва Тарим
ҳавзасининг нефт ва газга жуда бой
конлари жойлашган ярим ҳалқанинг
стратегик марказидир.*

И.Каримов

Мамлакатимиз мустақилликка эришган йиллардан бошлаб ишлаб чиқаришнинг асосий соҳаларидан ҳисобланган нефт ва газ саноатига катта эътибор қаратилди. Бу борада Президентимиз И.Каримовнинг 1992 йилдаги нефт ва газ соҳасини ривожлантириш тўғрисидаги қарор ва фармонлари соҳада қилиниши керак бўлган ишлар кўлами аниқлаб олинди. Республика ёқилғи-энергетика мустақиллигига эришиш мақсадида мавжуд ишлаб турган заводлар қаторига янги заводлар қуришга киришилди. Янги қуриладиган заводлар ишга туширилиши билан ички бозордаги ёқилғи маҳсулотларига бўлган талабни қондириш билан биргаликда ташқи бозорга ҳам маҳсулот чиқариш кўзда тутилган эди.

Республикамызда нефт кимёси ва органик синтез моддалар олишни кўпайтириш мақсадида 17-феврал 1998-йил “Ўзбекнефтегаз” ва “ABB Lummus Global “(АҚШ), “ABB Soimi” (Италија), “Nisho Iwai”, “Toyo injiniring” (Япония) компаниялари ўртасида газ кимё мажмуасини лойиҳалаш, қурилмаларини етказиш, ўрнатиш ва ишга тушириш бўйича шартнома имзоланди. 2001 йил охирида Шўртан газ кимё мажмуаси ишга туширилди ва 2002- йил 15- августидан биринчи ўзбек полиэтилен чикарилди. Газ кимё мажмуаси умумий қуввати йилига 4,2 млрд.м³ табиий газни қайта ишлашга мўлжалланган бўлиб, қуйидаги маҳсулотлар олинади:

Донадор полиэтилен (125 минг. тонн.);

Суюлтирилган газ (137 минг.тонн.) ;

Газ конденсати (103 минг.тонн.);

Донадор олтингугурт (4 минг.тонн.).

Шўртан газ кимё мажмуасида ишлаб чиқарилаётган барча полиэтилен маҳсулотлари экологик ва гигиеник сертификатларга эгадир. Завод маҳсулотларига 2005-йил Халқаро ISO-9001 сифат сертификати берилди. Хозирги вақтда Шўртан ГКМ маҳсулотларининг 70% экспортга чиқарилмоқда.

Шўртон газ-кимё мажмуасининг қурилмаларига хом ашё газлари - «Ғармистон», «Шимолий Шўртон», «Феруза-1», «Феруза-2» «Феруза-3» газ конларидан таркибида олтингугурт бирикмалари 1-3,0 фоизгача бўлган табиий газлар юборилади.

Нефт-газ маҳсулотларини самарали қайта ишлаш ҳамда ишлаб чиқариш фойдаланувчиларга қулай шароитларда етказиб беришда албатта муҳандис ходимлар ва уларнинг тажрибалари муҳим аҳамият касб этади. Кимё ва нефткимё технологияларини электрон ҳисоблаш машиналаридан фойдаланган ҳолда автоматик бошқариш орқали сифтли маҳсулотларни олишга эришилаётгани бизга сир эмас. Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш системаларини синтезлаш долзарб мавзулардан бири ҳисобланади.

I-БОБ. АБСОРБЦИЯ ЖАРАЁНЛАРИ ХУСУСИЯТЛАРИНИНГ ТАХЛИЛИ ВА АБСОРБЕРЛАРНИНГ АСОСИЙ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ

1.1. Абсорбция жараёнининг физик – кимёвий асослари

Абсорбция деб, берилган компонент эрийдиган, суяк ҳолда ютувчи, буғ ёки газ аралашмасидан компонентларни танлаб олиб ютиш жараёнига айтилади. Физикавий ва кимёвий абсорбция билан фарқланади. Физикавий абсорбцияда газ (буғ) ни эриши кимёвий реакциясиз кузатилади. Абсорбция жараёни газли (буғли) фазада ютилувчи компонентни парциал босими эритма босими мувозанатидан юқори бўлгунча амалга оширилади. Кимёвий абсорбцияда (кимёвий реакция орқали кузатиладиган – абсорбция жараёни) ютилувчи компонент ютувчи компонент билан қайтарилмас кимёвий реакцияга киришади ва кимёвий бирикма ҳосил қилади.

Физикавий абсорбция одатда қайтарилувчи ҳисобланади. Абсорбция жараёнларни бундай таркиби, десорбция – эритмадан ютувчи газни ажратишга асосланган. Газ десорбцияси абсорбентдан босимни пасайиши ёки абсорбентни иситиш шароитида сув буғини ёки тоқдаги инерт газига уни ҳайдаш орқали ўтказилади. Кимёвий абсорбциядан кейин ишлатилган абсорбентлар одатда кимёвий усуллар ва иситишлар орқали регенерацияланади (қайта тикланиш).

Абсорбция ва десорбциянинг бирикуви ютувчи моддани кўп марта ишлатиш ва ютилган газни тоза кўринишда ажратиш имконини беради. Кўпинча десорбцияни амалга ошириш шарт эмас, чунки эритма абсорбция натижасида кейинчалик фойдаланишга яроқли, якуний маҳсулот ҳисобланади.

Абсорбция жараёнларини амалга ошириш уларни статика ва кинетикалари билан ҳарактерланади. Абсорбция статикаси, яъни газ ва суяк фаза орасидаги мувозанат, фазаларни тегишини давомийлиги натижасида

ўрнатиловчи, ҳолатни аниқлайди. Абсорбция кинетикаси жараёни ҳаракатланувчи кучи, яъни компонент ва инерт газини, шунингдек, фазаларни тегиш усули, ютувчи эритма хусусиятлари, тизимни мувозанат ҳолатдан бузилиш даражаси орқали аниқланади.

Абсорбция жараёнлари ўтказиловчи ускуналар абсорберлар деб аталади. Абсорбция жараёнларини ўтказиш учун асосий элементлари абсорбция компонентлари ҳисобланган, абсорбция ускуналар қўлланилади. Абсорбция ускуналар газ (буғ) ва суюқликни алоқасини таъминловчи, ускунанинг босими ва ички кўриниши, технологик вазифасига боғлиқ равишда синфланади. Технологик вазифаси бўйича абсорбция ускуналар қуритиш, газни тозалаш, газни тақсимлаш ва б. ларга бўлинади.

Ички тузилишига боғлиқ равишда ускуна тарелкасимон, ўрнатиловчи, пуркагичли, роторли (маханикавий) каскадли ва юзали абсорберларга бўлинади. Кенг тарқалганларидан, тарелкасимон ва ўрнатиловчи ускуналар ҳисобланади.

Қўлланиловчи босимга боғлиқ ҳолда ускуналар вакуумли, атмосферали ва атмосфера босимидан юқори бўлган босим остида ишловчи ускуналарга бўлинади.

Ускуна турини танлашда жараёнга технологик талабларни ва унинг иқтисодий кўрсаткичларини ҳисобга олиш зарур.

Шунингдек, ростловчи насадкали абсорберларга тегишли бўлган, плёнкали ускуналар, ажратиш шароитида жараёни ўтказишда алмаштириб бўлмайди, чунки уларнинг гидравлик қаршилиги энг паст ҳисобланади. Плёнкали ва насадкали колонналар шунингдек, кўпирувчи суюқликларни ва коррозияли муҳитларга ишлов беришда афзаллироқ ҳисобланади.

Тарелкасимон колонналар катта оғирликдаги маҳсулотларни учун қулай ҳисобланади, суюқликларни нисбатан кичик сарфларда, насадкаларни бир хил ҳажмда етарли даражада намлантира олмаслиги, шунингдек, ҳароратни тебраниши мавжуд бўлган жараёнларга мўлжалланган, чунки

корпусни вақти – вақти билан кенгайиш ва сиқилиши мўрт насадкани бузилишига олиб келиши мумкин. Тарелкаларга иссиқликни олиб бориш ва олиб чиқиш учун спирал найча ўрнатиш осонроқ. Тарелкасимон колонналар шунингдек, қаттиқ аралашмали оқимларга ишлов беришда ёки қаттиқ чўкиндени ажратиб олишда ишлатилади.

Тарелкасимон абсорберлар одатда ичида бир - биридан маълум масофада колонна баландлиги бўйича горизонтал тўсиқлар – тарелкалар жойлаштирилган, вертикал цилиндрлар – колонналарни ифодалайди. Тарелкалар газ ва суюқликни кўп мартали ўзаро таъсири ва фазаларни ҳаракат йўналишида (суюқлик юқоридан пастга қараб, газ эса пастдан юқорига ўтади) боғланувчи фазалар юзасини кенгайиши учун хизмат қилади.

Шундай қилиб, тарелкасимон колонналарда моддаларни ўтказиш тарелкаларда яратилган, асосан газ суюқлик тизимларда амалга оширилади, шунинг учун бундай ускуналарда жараён қадамма – қадам бажарилади, ва тарелкасимон колонналар насадкали колонналардан фарқли равишда, моддаларни ўтказиш узлуксиз ўтиши натижасида пағонали ускуналар гуруҳига киради. Ҳар бир тарелкада, унинг тузилишига боғлиқ равишда, одатда кесишувчи ток ёки суюқликни тўлиқ аралаштириш, фазаларни у ёки бу ҳаракатини таъминлаш мумкин.

Насадкали абсорберлар саноатда энг кўп қўлланилувчи ускуналар ҳисобланади. Бу абсорберлар турли шаклдаги қаттиқ юзали – насадка билан тўлдирилган колонналар ҳисобланади. Насадкали колоннада газ ва суюқлик оқиб ўтиши учун тирқиш ва тешикка эга бўлган, тутиб турувчи панжарага ётқизиб қўйилган. Бу эса юпқа плёнка кўринишда пастга насадка юзалари бўйича оқиб ўтади ва тақсимлагич ёрдамида насадкани етарли даражада бир мейёнда намлантиради.

Нефт ва газ саноатида абсорбция жараёни углеводород газларни тозалаш, қуритиш ва ажратиш учун ишлатилади. Табиий ва кўп учрайдиган нефт газларини абсорбция йўли орқали этан, пропан, бутан ва бензин

компонентларини ажратиб олилади; абсорбцияни углерод диоксида, углерод серооксида, углерод сулфида, тиолларни (меркаптанлар) ва б. лардан, олтингугурт ишлаб чиқаришда қўлланиладиган водород сулфидидан, табиий газларни нордон компонентлардан тозалашда ишлатилади; абсорбция ёрдамида газларни пиролизи ва каталитик крекингга бўлади ва газларни санитарияли ва зарарли аралашмалардан тозалашни амалга оширади.

Абсорбция (десорбция) – газ ва суюқ, иккита фаза иштирок этувчи, диффузияли жараён ҳисобланади. Абсорбция (десорбция) жараёнининг ҳаракатланувчи кучи, мувозанат шартлари бўйича талаб этилган бўйича, унинг концентрацияси кам бўлган, ўша фазага ўтишга ҳаракат қилувчи, газ ва суюқ фазаларда ютувчи компонентларни парциал босимини фарқи ҳисобланади.

Газли фазадаги ютувчи компонентларни парциал босимини p_g орқали, газ фазасидаги, абсорбент билан мувозанат ҳолда турувчи, худди ўша компонентни парциал босимини эса p_r орқали белгилаймиз. Агар $p_g > p_r$ бўлса, унда газ компоненти суюқликка айланади, яъни абсорбция жараёни бўлиб ўтади. Агар $p_g < p_r$ бўлса, унда газ компонентларини ютилиши абсорбентдан газли фазага ўтади, яъни десорбция жараёни амалга ошади.

Газ – суюқлик тизимида иккала фазада ҳам ҳарорат, босим ва концентрация ўзгарувчан ҳисобланади. Шундай қилиб, мувозанат ҳолатида ҳароратни ва умумий босимни доимий қийматларида газни парциал босимини (ёки унинг концентрацияси) ва суюқ фаза таркиби орасидаги боғлиқлик бир хил. Ушбу боғлиқлик суюқликда газни берилган ҳароратда эриши (ютилувчи компонент) унинг суюқликдаги парциал босимига пропорционал ёки эриган газни парциал босимини эритмада унинг мол улушига пропорционаллилигига мувофиқ ҳолда, Генри қонуни орқали ифодаланади: $p_A = P \cdot x_A$.

Ушбу газ учун Генри коэффициентини қиймати табиий ютувчи газ ва ҳароратга боғлиқ, аммо тизимдаги умумий босимга боғлиқ эмас.

Диаграммадаги идеал эритмалар учун босим бўйича мувозанат концентрацияларни боғлиқлиги, Генри коэффициентига тенг бўлган, қияликка эга бўлган, тўғри чизик кўринишида тасвирланади. Ҳароратни ошиши билан Генри коэффициентини қиймати катталашади ва мувофиқ равишда суюқликдаги газнинг эриши ҳам камаяди. Шундай қилиб, суюқликда газни эриши босимнинг ошиши ва ҳароратни пасайиши билан ошиб боради.

Қачонки, газ аралашмаси суюқлик билан мувозанат ҳолатда бўлса, аралашма компонентларининг ҳар бири алоҳида Генри қонуни бўйича кузатилиши мумкин.

Генри қонуни критик ҳарорати эритма ҳароратидан юқори бўлган газ эритмаларига қўлланилади, ва фақат идеал эритмалар учун тўғри ҳисобланади. Шунинг учун, у таркиби бўйича идеал эритмаларга яқин бўлган, яъни эриган газни кичкина концентрацияси бўйича ёки унинг кам эришида амал қилувчи, фақат кучли аралашмали реал эритмага етарли аниқликда қўлланилади. Яхши эрувчи газлар учун, уларни аралашмада катта концентрацияларда, Генри қонуни кузатишлари бўйича, эриш камроқ бажарилади. Бу қонунга бўйсунмайдиган тизимлар учун, одатда тажриба маълумотлари бўйича қурилувчи, мувозанат чизиги эгри кўринишда ифодаланади.

1.2. Абсорберларнинг асосий конструкциялари

Физикавий абсорбциялар ва кимёвий абсорбциялар (кимосорбция) мавжуд. Физикавий абсорбцияда газни эриши кимёвий реакция (ёки, ҳеч бўлмаса, бу реакция жараёнга билинадиган даражада таъсир қилмайди) орқали амалга оширилмайди. Ушбу ҳолатда эритма устида ортиқроқ ёки кичикроқ маълум мувозанатли компонент босими мавжуд, ва охириги ютилиш фақатгина газли фазадаги парциал босими эритма устундаги мувозанат

босимидан юқори бўлгунга қадар содир бўлади. Газдан компонентни тўлиқ ажратиш олиш, фақатгина қарши ток натижасида ва таркибида компонент мавжуд бўлмаган, абсорбердаги тоза ютгичга узатиш орқали амалга ошириш мумкин.

Кимосорбция натижасида (кимёвий реакция орқали амалга ошириладиган абсорбция) абсорбирланувчи компонент кимёвий бирикма кўринишда суюқ фазада боғланади. Қайтарилмас реакция натижасида эритма устунидаги компонентни мувозанат босимини салмоғи кам ва унинг ютилиши тўлиқ амалга оширилиши мумкин. Қайтарилувчи реакцияда эритма устунида, гарчи кам бўлса ҳам, физикавий абсорбцияга қараганда компонентни билинадиган босими мавжуд.

Абсорбентлар – ўзининг бутун массаси бўйича газдан моддаларни шимиб олиш, ютиш қобилиятига эга модда ҳисобланади. Бу газ ва суюқликлардаги моддаларни яхши ютувчи (абсорбцияловчи), кристаллик қафасдан ёки капиллярлар орқали яратилувчи, сунъий ёки кенг юзали табиий жисмлардир.

Абсорбентларга талаблар: атроф муҳит ва одамлар учун зарарсизлиги; самарадорлик (юқори сорбцияли қобилияти); вазифаси бўйича уни қўллашда юқори танловга эгалиги; иқтисодий талабларни қондирилиши.

Бундан ташқари, баъзи сорбентлар учун унинг регенерациядан кейинги қайта қўллаш имконият талаблари сурилиб боради. Ва, натижада, қимматбаҳо маҳсулотларни ютилиши (сорбция) учун ишлатилувчи сорбентлар учун кейинги регенерация жараёнида уларни ажратиш имконияти ва уларнинг сифатини сақлаш талаби кўрсатилади.

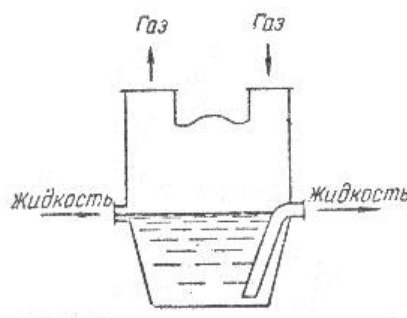
Углеводород газларни ажратишда абсорбент сифатида бензинли ва керосинли фракция, охириги йилларда эса газли конденсат, қуриштишда – диэтиленгликоль (ДЭГ) ва триэтиленгликоль (ТЭГ) ишлатилади. Газларни нордон компонентлардан абсорбцион тозалаш учун N-метил-2-пирролидон,

гликол, пропиленкарбонат, трибутилфосфат, метанол ишлатилади; кимёвий ютувчи модда сифатида моно- и диэтаноламинлардан фойдаланилади.

Абсорбция жараёнлар амалга ошириладиган ускуналар, абсорбер деб аталади. Шаклланиш усули бўйича суюқлик ва газ орасидаги юзаларнинг бир – бирига тегиши натижасида абсорберлар қуйидагиларга бўлинади:

- 1) юзали ва плёнкали;
- 2) насадкали;
- 3) барботажли (тарелкасимон);
- 4) арраланган.

Юзали абсорберлар яхши эрувчи газларни ютиш учун ишлатилади. Газ ҳаракатланмайдиган юза ёки секин ҳаракатланувчи суюқлик орқали ўтади. Тегувчи юза кичкина, шунинг учун газ ва суюқлик бир – бирига қарама – қарши оқим бўйича ҳаракатланувчи, бир нечта кетма – кет уланган ускуналар ўрнатилади (1.1 расм).

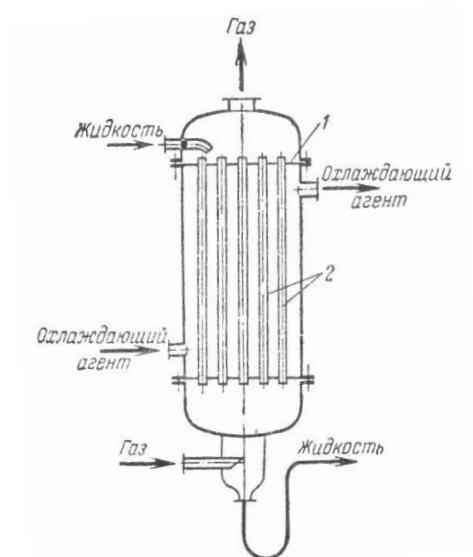


1.1 расм. Юзали абсорберлар

Плёнкали абсорберлар юзали абсорберларга қараганда, компактлди ва самаралироқ ҳисобланади, фазаларни контакт юзаси бўлиб, суюқликни одатдаги плёнка юзаси ҳисобланди. Ушбу турдаги ускуналарни қуйидаги турлари мавжуд:

- 1) трубапи абсорберлар;
- 2) ясс – параллелли ёки лист насадкали абсорберлар;
- 3) суюқлик плёнкасини юқорига ҳарактланувчи абсорберлари.

Трубали абсорберларни мисолда кўриб чиқамиз (1.2 расм).

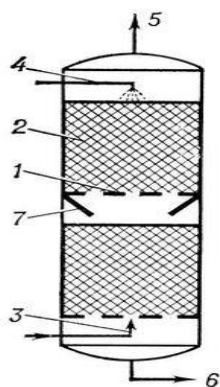


1.2. расм. Трубали абсорберларни

Абсорбент юқорги трубали қафас 1 га келиб тушади, трубалар 2 бўйича тақсимланади ва юпқп плёнка шаклида уларнинг ички юқори томонидан оқиб ўтади. Газ трубалар бўйича оқиб келаётган суюқликка қарама – қарши томонган ҳаракатланади.

Насадкали абсорбер газ билан суюқлик туташиш юзасини катталаштириш учун мўлжалланган, ичига бир нечта горизонтал қафаслар 1 га эга бўлган уларга қатлам қилиб насадкалар 2 (кокс, металл ёки керамик доира, ёғқочли қафаслар, тошлар ва б.) жойлаштирилган, металл ёки керамик колоннани ифодалайди. Газ аралашмаси қувур 3 орқали колоннанинг пастги қисмига келиб тушади, қувур 4 орқали берилувчи, абсорбент эса, насадка орқали кўтариловчи газ аралашмасига қарама – қарши оқади. Натижада газ ва суюқликни туташишига қаршилик қилувчи абсорбентда газ аралашмасининг ютилувчи компонентларини энг кўп тўлиқ эриши амалга оширилади. Газ аралашмасини ютилмаган компонентлари қувур 5 орқали олиб ташланади, тўйинган абсорбент эса пастдан қувур 6 орқали оқиб ўтади. Конуслар 7 насадка 2 секциялари орасидан абсорбентни сиқиб чиқарувчи газ

орқали, бир текис намлантириш мақсадида абсорбер деворларига, йўналтиради (1.3 расм).



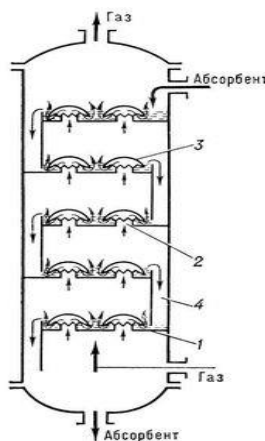
1.3 расм. Насадкали абсорбер.

Барботажли (тарелкасимон) абсорберлар бу ичида бир – биридан маълум масофада горизонтал тўсиқлар – тарелкалар жойлашган, вертикал клонналарни ифодалайди. улар қуйидагиларга бўлинади:

- 1) қуювчи қурилмали тарелкали ускуна;
- 2) қуювчи қурилмасиз тарелкали ускуна.

Қолпоқсимон тарелкали ускунани мисол сифатида кўриб чиқамиз. (1.4 расм).

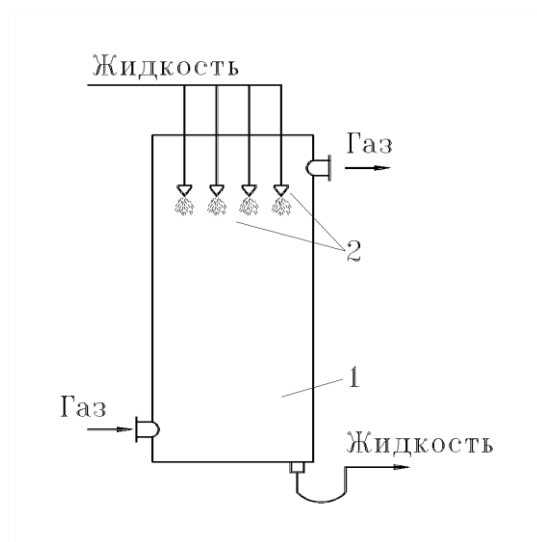
Газ кўп сонли алоҳида тизиллаб оқувчи, қалпоқ 3 тешиклари орқали ажралиб, кейин тарелка 1 га қувур 2 орқали келиб тушади. Кейин газ тарелка бўйича бир қуювчи ускуна 4дан бошқасига оқиб ўтувчи, суюқлик қатлами орқали ўтади.



1.4 расм. Қолпоқсимон тарелкали ва қуёвчи қурилмали барботабли абсорберлар

Пуркагичли абсорберларда фазалар орасидаги зич алоқа пуркаш орқали ёки газ оқимидаги суюқликни турли усуллар билан сачратиш орқали амалга оширилади. Мисол сифатида ковакли пуркагичли абсорберларни кўриб чиқамиз (1.5 расм).

У суюқликни пуркаш учун корпус 1 ни юқорги қисмида форсунка 2 лардан иборат бўлган колоннадан иборат. Корпусни пастки томонидан газ аралашмаси берилади. Ускунанинг афзаллиги шу турдаги абсорберлар конструкциясининг оддийлигидадир.



1.5 расм. Ковакли пуркагичли абсорберлар

2.3. Абсорбция ускуналарининг технологик схемалари

Икки колоннали абсорбция ускуналар. Биринчи абсорбция ускуналарни схемалари икки колоннани – абсорбер ва десорберни ўз ичига олган, шунингдек, бир қатор рекуператив иссиқлик алмашувчи қурилмалардан иборат.

Абсорберда одатий ҳароратда газдан зарурий компонентларни ажратиб олиш амалга оширилган. Тўйинган абсорбент ютилувчи углеводородларни десорбциялаш учун иккинчи колоннага келиб тушади.

Шуни таъкидлаш керакки, бундай схемани қачонки абсорбент юқори танлашга эга бўлган ҳолдагина фойдаланса бўлади ва жараёни вазифаси бўлиб – аралашмадан битта компонентни ёки битта зарурий фракцияни ажратиш олиш ҳисобланади. Бундай схемали абсорбция ускуналар газдан нордон компонентларни ва газни қуриштириш жараёнида ишлатилади. Табиий ва нефть газларни қайта ишлаб чиқаришда бундай схемалар самарали эмас, чунки конденсацион товар маҳсулотини олишни таъминламайди.

Ҳозирги вақтда саноатда абсорбция ускуналарни қуйидаги технологик схемалари ишлатилади: қисман буғлатилган енгил углеводородларни абсорбциялаш; айланиб юрувчи конденсатланмайдиган газларни абсорбциялаш; икки пағонали абсорбция; дастлабки тўйинган бўш абсорбентларни абсорбциялаш.

Қисман буғлатилган енгил углеводородларни абсорбциялаш. Метанни (баъзида этан ҳам) қисман буғлатиш мақсадида, паст қисмини истиш орқали ишлайдиган абсорбер, амалиётда абсорбция – буғлатиш колоннаси (АБК) дейилади.

Абсорберда доимий босимни таъминлаш учун, тўйинган абсорбентни ҳароратини ошириш натижасида, асосан метан ва этандан ташкил топган, газ оқимини ҳосил қилишга олиб келади. Бунда абсорбент ёрдамида ушлаб қолиниш зарур бўлган, пропан ва оғирроқ углеводородларни қисман десорбциялаш амалга оширилади. Бунинг учун колоннани юқори қисмига бўш абсорбентлар берилади ва колоннанинг юқорги қисми абсорбция режимида, пастки қисми эса буғлатиш режимида ишлайди.

Ҳозирги вақтда барча амалдаги абсорбция ускуналарни технологик схемалари абсорбция – буғлатиш колонналаридан ташкил топган. АБК мувофиқ режимни танлаш давомида амалиётда тўлиқ дегидратациялаш,

качонки абсорбентни деэтанациялаш талаб қилинган бўлса, таъминлаш мумкин.

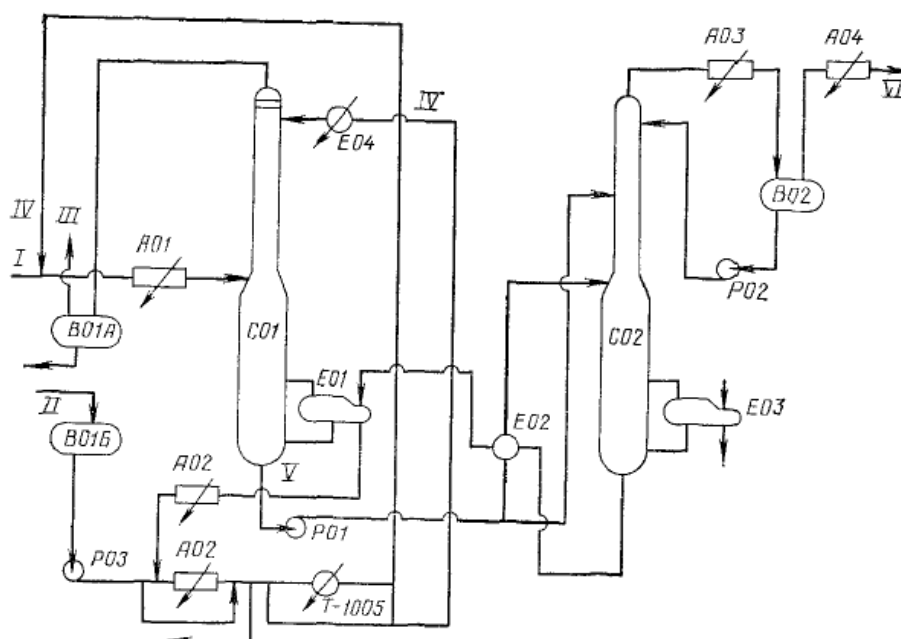
Юқори босимда тўйинган абсорбентдан метан ва этанни ажратиш бу газларни сиқишга кетадиган энергия сарфини бир неча мартага камайтиришга имкон беради.

Стабиллаштириш газларидан биринчи навбатда енгил углеводородларни кенг фракцияси (ЕУКФ) ни ажратиб олиш, абсорбер АБК режимида ишлаётган вақтда, оқувчи схема (1.6-расм) бўйича ишловчи, абсорбция ускунада амалга оширилади.

Абсорбент сифатида ускунада стабил конденсатдан фойдаланилади. Хом ашё газни бўйича ускунанинг ҳисоб унумдорлиги 11,4 минг. м³/с ни ташкил қилади. Лойиҳа бўйича пропанни ажратиб олиш даражаси 90% қабул қилинган.

Келтирилган схемани асосий фарқларидан бири бўлиб, абсорбентни унда янгиланиши амалда узлуксиз амалга оширилишидадир. Айланиб турувчи абсорбентни бир қисми доимий равишда тизимдан чиқарилиб турилади, унинг ўрнига В01Б сиғимидан стабил конденсат узатилиб турилади.

Ютувчи моддани яниглаб турувчи бундай тизим абсорбентда айланиб турувчи оғир углеводородларни фракцияларининг йиғилиб қолишини, механик аралашмаларни ва смолаларни инкор этади.

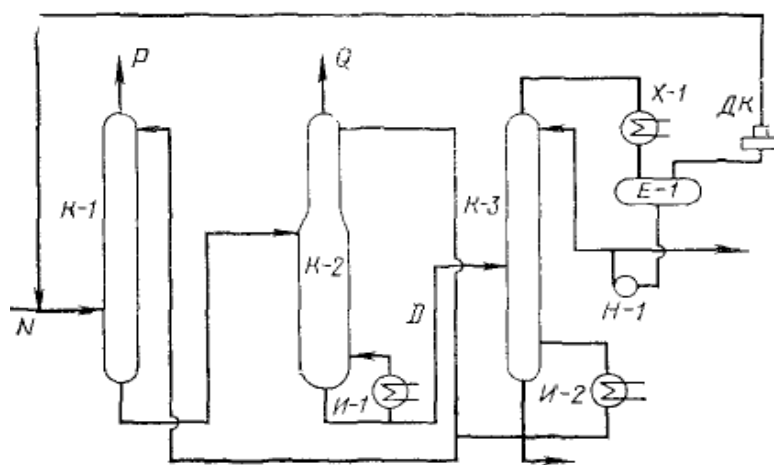


1.6 - расм. Абсорбцили ускунасининг технологик схемаси:

V01A, V01B, V02 – ажратгич – сепараторлар; A01, A02, A03, A04 – ҳаво музлатгичлари; T-1005, E04 – сув музлатгичлари; E01, E03 - буғлатгич; E02 – рекуператив иссиқлик алмаштиргич; C01 – абсорбция – буғлатиш колоннаси; C02 - дебутанизатор; P01, P02, P03 – насослар; I – хом ашё газ; II – стабил конденсат (абсорбент); III – бензинланган газ; IV - абсорбент; V – тўйинган абсорбент; VI - ЕУКФ

Десорбция газларини рециркуляцияли абсорбция тизими. Абсорбция ускунани ўрта ва юқори босим остида, пропан билан бир қаторда абсорбентни олий углеводородларини ҳамда, метан ва этанни маълум миқдори ишлаши натижасида ютилади. Бу десорбция схемасини мураккаблаштиради. Маҳсулотларни тўйинган буғ босимни катталиги туфайли, колоннани (1.7-расм) юқори қисмида конденсацияланиш қийинлашади, чунки паст ҳароратлар талаб қилинади. Сув чиқарувчи E-1 сиғимда маҳсулотлар иккита фазада жойлашади. Суюқлик фракцияси асосан зарурий компонентлардан ташкил топган аралашмадан иборат, у газ фракционланувчи ускунага йўналади. Газли фракция амалда дастлабки газнинг ҳамма компонентларидан ташкил топган. Бу аралашмадан зарурий

компонентларни ажратиб олиш абсорбция ускунанинг самарадорлигини ошириш йўлларида бири ҳисобланади. Шу мақсадда Е-1 сифимидаги қолдиқ газни алоҳида колоннада такроран қайта ишлаш мумкин, ёки асосий абсорбер К-1 га бу оқимни рециркуляциясини амалга ошириш мумкин. Бу ёки у схемани қўллашда иқтисодий мақсадга мувофиқлик ишлаб чиқаришни асосий конкрет шартлари орқали, биринчи навбатда газ оқимларининг миқдори ва таркиби билан ва жараён босими орқали аниқланади.



1.7- расм. Абсорбция ускунанинг газ десорбцияси билан рециркуляциялаш жараёнининг технологик схемаси.

К-1 - абсорбер; К-2 - аб абсорбция – буғлатиш колоннаси; К-3 - десорбер; Е-1 - сув чиқарувчи сифим, И-1, И-2 - буғлатгич; Х-1 – музлатгич; ДК – сиқувчи компрессор; Н-1 - насос

Саноат ишлаб чиқаришларида қолдиқ газлар билан рециркуляциялаш схемалари қўлланилади, шунга ўхшаш схема 1.7-расмда келтирилган. Бу ускунани ишлаш шартларини оптимал аниқлаш қийин. Бир томондан қолдиқ газни сиқиш кучини пасайтириш учун, юқори босим остида тўйинган абсорбентни деметанизациялаш ўтказиш мақсадга муваффиқ бўлади, иккинчи томондан – босимнинг ошиши абсорбентни регенерациялашга кетадиган иссиқлик сарфи ва колоннани металл сифимини оширади.

[12-14] ишларда газ десорбцияси билан рециркуляцияловчи абсорбция ускунанинг оқимини аниқлашга имкон берувчи, тенгламалар тизими ва уларнинг ечими берилган.

Сўнги кўринишда тенгламаларнинг қуйидаги кўринишга эга:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{N_i \varphi_i Z_i S_i}{L + (F - L)k_i(1 - \varphi_i Z_i S_i)} - 1 \right] = 0, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{N_i \varphi_i Z_i S_i}{L + (F - L)k_i(1 - \varphi_i Z_i S_i)} \right] \frac{(F - L)k_i}{F} - 1 = 0, \quad (10)$$

бу ерда N_i - абсорберга келиб тушувчи, дастлабки газдаги i - чи компонентнинг мол миқдори; φ_i - абсорбердаги i - чи компонентини ажратиш олиш коэффициенти; Z_i - абсорбция – буғлатиш колоннасидаги i - чи компонентини ажратиш олиш коэффициенти; S_i - десорбердаги i - чи компонентни десорбция даражаси; k_i - Е-1 сув чиқарувчи сифим шароитида i - чи компонентини мувозанат константаси.

(9) ва (10) тенгламаларида

$$F = L + V, \quad (11)$$

бу ерда L ва V - суюқ ва газли фазадаги компонентларнинг мол миқдорини мувофиқлиги.

Газ ва суюқ фазадаги компонентларнинг моляр концентрацияси суюқ буғ мувозанат тенграмаси бўйича аниқланади, кейин фазадаги ҳар бир компонентни миқдори ҳисобланади:

$$L_i = \frac{N_i \varphi_i S_i Z_i}{1 + \frac{V}{L} k_i(1 - \varphi_i Z_i S_i)}, \quad (12)$$

$$V_i = \frac{V N_i k_i \varphi_i Z_i S_i - L_i V_i}{V k_i(1 - \varphi_i Z_i S_i)}. \quad (13)$$

колоннанинг К-1 ва К-2 юқорги қисмидаги маҳсулотлар қуйидаги тенгламалар орқали аниқланади:

$$P_i = (N_i + V_i)(1 - \varphi_i), \quad (14)$$

$$Q_i = (N_i + V_i)(1 - Z_i)\varphi_i. \quad (15)$$

Колонна К-2 нинг пастки қисмидаги маҳсулот куйидаги тенглама билан аниқланади:

$$D_i = (N_i + V_i)\varphi_i Z_i S_i. \quad (16)$$

Кўрсатилган тизимнинг тенгламаларининг ечилиши ректификацион ва абсорбция колонналарни термодинамик ҳисоботларида ўзини яхши кўрсатган, чизиқлантириш усули орқали амалга оширилган. Агарда оқимнинг V и L қийматлари ҳақиқий қийматдан ўн мартадан кўп бўлмаган, нолга яқинлашиш учун қабул қилинган, битта вариантнинг ҳисоботи ЭХМ да 30-40 с ташкил қилади. V ва L қийматлари аниқлангандан кейин рефлекс сиғимдаги буғ ва суюқ фазалардаги компонентларнинг мол миқдори ҳисобланади.

Икки пағонали абсорбция. Абсорбция жараёнини қўллаш натижасида бир қатор саволлар туғилади, шу жумладан, енгил абсорбентадан фойдаланишда майда томчи кўринишида оқиб кетиши ҳисобига, ҳамда унинг газда эриши ҳисобига ютувчи моддани газ билан ҳайдаши ошади. Қуруқ газ билан ютилиш сарфни камайтириш учун икки пағонали абсорбция схемалари қўлланилади; енгил абсорбент абсорбцияни – I пағонасига узатилади, нисбатан оғирлари эса абсорбцияни – II пағонасига узатилади.

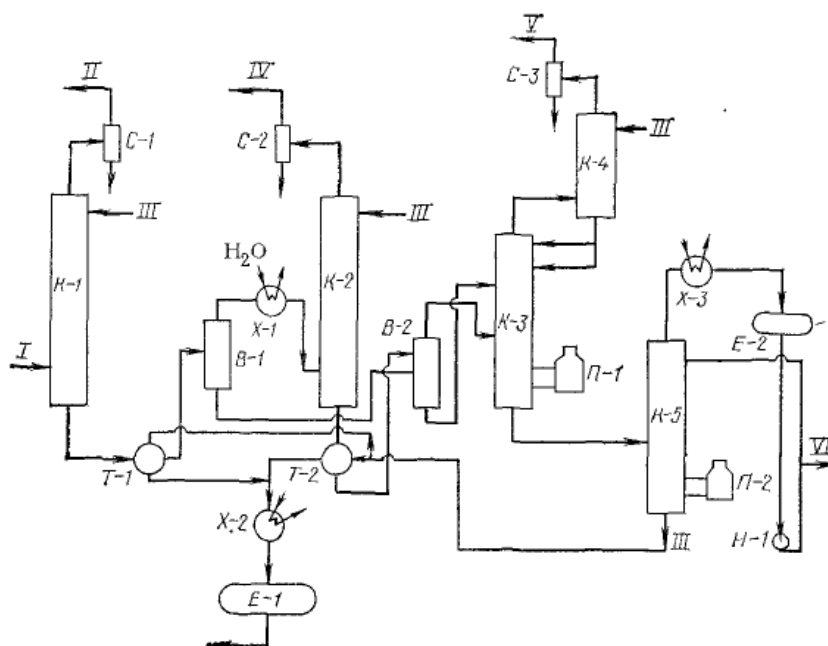
Шунингдек, алоҳида пағоналардаги турли ҳарорат ва босимдаги кўп пағонали абсорбция схемалари қўлланилади. Мисол сифатида абсорбция ускунанинг схемасини (1.8-расм) кўриб чиқамиз.

Ускунада пропанни 40% гача, бутанларни 75-80 ва C_{5+} 90-95% атрофида ажратиб олиш даражаси эришилади.

Кўриб чиқилган схема мукамалликдан анча узоқда, унда газни қуритиш ва дастлабки сепарациялаш тугунлари мавжуд эмас, абсорбциядаги ҳароратни пасайиши ҳисобига реабсорбциялаш ва шамаллатиб қуритишни бир пағонасини олиб ташлаш мумкин.

Дастлабки тўйинган бўш абсорбентли абсорбция. Турли ускуналардаги абсорбер баландлиги бўйича ҳароратни тақсимлаш тахлили шуни

кўрсатдики, абсорбентни интенсив исиши кўпроқ ускунанинг юқорги ва пастки қисмида амалга оширилган, чунки метан ва этаннинг асосий миқдори колоннанинг юқорги қисмида ютилади, пастки тарелкаларда эса бутан ва пентанларни эриши амалга оширилади. Шунинг учун абсорбернинг юқори ва пастки қисмида ўрнатилган, ораликлардаги музлатгичларда эриш жараёнининг иссиқлик миқдорини олиб ташлаш мақсадга мувофиқ бўлади. Аммо оралик музлаткичли схемалар бир қатор камчиликларга эга: абсорберда ноаниқ ишлайдиган тарелкаларнинг мавжудлиги, совутилган абсорбентни киритиш жойини аниқ танлашнинг мураккаблиги, иссиқлик коэффициентларини пастлиги.



1.8 расм. Абсорбция ускунанинг принципиал схемаси:

К-1, К-2, К-4 - абсорберлар; К-3- абсорбция – буғлатиш колоннаси; К-5- десорбер; В-1, В-2 - дегазаторлар; С-1, С-2, С-3 - сепараторлар; Х-1, Х-2, Х-3 - музлатгичлар; Т-1, Т-2 – рекуператив иссиқлик алмаштиргич; П-1, П-2 - қозон, Е-1 – йиғувчи сиғим; К-2 – суғориш сиғим, Н-1 - насос; I – хом ашё гази; II, IV, V – юқори, ўрта ва паст босимли қуруқ газ; III – регенерирланган абсорбент; VI – ностабил бензин.

Келтирилган камчиликларни тузатиш учун бўш абсорбентни тўйинтириш ва нам газни дастлабки бензинлаштирилувчи схема қўллаш орқали амалга ошириш мумкин. Абсорбердан узоклашувчи, куруқ газ орқали бўш абсорбентни дастлаки тўйиниши, абсорбердаги газни зарурий компонентларини ажратиб олиш даражасини ошишига олиб келади, шу сабабли бундай схемада нам газ билан тўйинган абсорбентни тутатиши, абсорберга қараганда, нам газни музлатгичда анча паст ҳароратда амалга оширилади. Бу музлатгичда бир вақтнинг ўзида абсорберда абсорбция иссиқлигини пасайишига олиб келувчи, оғир углеводородларни қисми конденсирланади.

Абсорбентни дастлабки метан билан тўйиниши туфайли, абсорберни ўзида газдан асосан зарурий углеводородларни ажратиб олиш амалга оширилади.

Газдан компонентларни ажратиб олиш коэффициенти қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\varphi' = \varphi(1 - \frac{KX_0}{Y}), \quad (17)$$

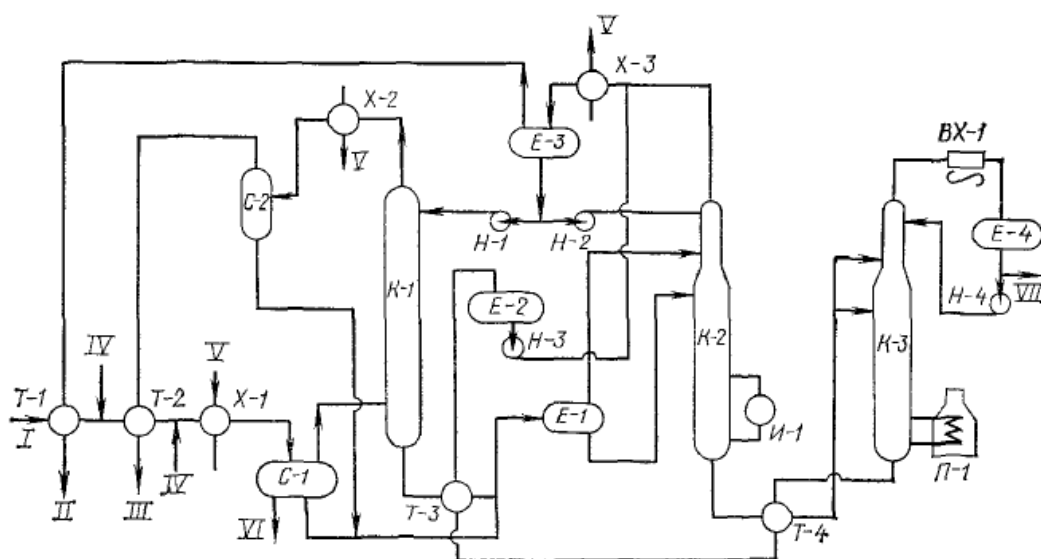
бу ерда φ - (17) тенглама орқали аниқланувчи, компонентни ажратиб олиш даражаси; K - мувозанат компонентини константаси; X_0 - бўш абсорбентдаги компонентнинг моляр концентрацияси; Y - абсорберга келиб тушувчи, газдаги компонентнинг моляр концентрацияси.

(17) тенглама тахлили абсорбция шартларига боғлиқ ҳолда бўш абсорбентни таркибини ажратиб олиш коэффициентига таъсирини ўрнатишга имкон беради.

Ҳисоботлар асосида қуйидагилар, нам газда оғир углеводородларни таркиби қанча кам бўлса, бўш абсорбентда уларни ажратиб олиш чуқурилигидаги қолдиқ компонентларни салбий таъсири шунча катта бўлиши ўрнатилди. Бўш абсорбентда пропан ва бутанни бир хил миқдорий таъминланиши натижасида, пропан учун ажратиб олиш коэффициентини даражасини камайиши бутанга қараганда, юқори.

Абсорбция босимининг ошиши қолдиқ компонентларни салбий таъсирини камайтиради.

Масалан, 15°C ҳарорат 1,5 ва 3 МПа ва босим остида 1% (масс.) иштирокида бўш абсорбентдаги пропан ва бутан биринчи ҳолатда пропаннинг - 15% га, иккинчи ҳолатда эса бутаннинг 10% га, абсорбентнинг тўлиқ буғлантирилиши натижасида, режим билан солиштириши бўйича 5 ва 3,5% га мувофиқ ажралиш пасаяди. Бўш абсорбентни дастлабки тўйинишли НТА схемаси шунингдек, саноат ишлаб чиқаришида ҳам қўлланилган (1.9-расм). Газ ускунага 35-39 °C ва 3,5-3,7 МПа да келиб тушади.



1.9-расм. Абсорбция ускунанинг технологик схемаси:

Т-1, Т-2, Т-3, Т-4 - рекуператив иссиқлик алмаштиргич; Х-1, Х-2, Х-3 - пропанли музлатгичлар; ВХ-1 – ҳаволи музлатгичлар; С-1 – уч фазали ажратгич; С-2 - сепаратор; Е-1, Е-2, Е-3 –буферли сиғим; Е-4 - суғориш сиғими; П-1 - буғлатгич; П-1 - қозон; К-1 - абсорбер; К-2 - абсорбция – буғлатиш колоннаси; К-3 - десорбер; Н-1, Н-2, Н-3, Н-4 – насослар; I - хом ашё гази; II - паст босимли газ; III – маҳсулот гази; IV - регенерирланган эритма; V - хладоагент; VI – ДЭГ тўйинган эритма; VII – углеводородларнинг кенгайтирилган фракцияси.

НТА механизми қуйидаги схема бўйича ишлайди. Газ абсорберга узатилишидан олдин (минус 40 °C) ҳарорат нуқтасигача абсорбент қуритилади. Қуритилган газ абсорбер юқори қисмидан рекуператив иссиқлик алмаштиргич ва пропанли музлатгичлар орқали ўтиб, ноаниқ тарелкалар билан ажратилган, иккита секцияли паст ҳароратли абсорберга келиб тушади. Абсорбердаги зарурий компонентларни ажратиб олиш 7,4 МПа ва 40 °C ҳароратда амалга ошади. Абсорбернинг юқорги секциясида зарурий компонентларни ажратиб олиш билан бирга газдан енгил абсорбент буғлари ҳам ютилади.

Тўйинган енгил абсорбент абсорбернинг пастки қисмидан насос орқали олинади, 7,6 МПа гача сиқилади, 38 °C ҳароратгача иситилади ва бирламчи деметанизаторга узатилади, у ерда абсорберга қараганда босим анча юқори. Босимлар фарқи деметанизатор газларини абсорберга қайтариш ва ундан зарурий компонентларни яна ажратиб олиш мақсадида рециркуляция қилиш учун қўлланилади.

Деметанизиранган абсорбент қисман гидравлик турбина қиришига узатилади, у ерда унинг босими 3,6 МПа (бунда бўш абсорбент узатилувчи, рекуператив қувват насос ўтказгичи учун ишлатилади) гача пасаяди, кейин абсорбентнинг якуний деметанизациялаш жараёни амалга оширилади. Деметанизациялаш абсорбент десорберга узатилади, у ердан регенириланган абсорбент насос оқали олинади, деметанизатор юқорги қисмида газ билан аралаштирилади, кейин пропанли музлатгичга ўтииб ажратгичга келиб тушади. Метанли фракция ажратувчи сепараторнинг юқорги қисмида ёқилғи манбага йўналтирилади, ундан олдин эса тўйинган абсорбент абсорберга узатилади.

Десорбернинг юқорги қисимдаги маҳсулот совитилгандан кейин кондесирланади ва йиғилувчи сиғимга келиб тушади, у ердан насос орқали фракциялаштиришга узатилади.

Абсорбентнинг деэтанизацияланиши колоннанинг пастки ҳарорати 102 °C ва 3,5 МПа бўлганда амалга оширилади. Депронизатор 1,4 МПа ва пастки ҳарорати 107 °C да ишлайди. сепараторнинг пастки қисмидан олинган, суюқ углеводородларни фракциялашган аралашмаси 1,4 МПа ва пастки ҳарорати 232 °C колоннада амалга оширилади. Стабилизаторнинг пастки қисмидаги маҳсулот C_{4+} фракцияси билан бирлаштирилади ва ускунадан чиқарилади. Стабилизаторнинг юқорги қисмидаги маҳсулот компрессор билан сиқилади ва деэтанизаторда рециркуляцияланади.

27,2 млн. m^3 номинал қувватда заводнинг максимал унумлиги суткада 36 млн. m^3 . Ни ташкил қилади. Этан ва пропанни мос равишда ажратиб олиш даражаси 60 ва 98% ни, бутан ва олий углеводородлар эса тўлиқ равишда ажратиб олинади. Заводнинг номинал унумдорлигида этан, пропан, бутан ва олий углеводородларни ишлаб чиқариш йиғиндиси суткада 6 минг m^3 ни ташкил қилади. Абсорбент ва газнинг совуши иккита пропанли музлатгичлар орқали таъминлади.

II – БОБ. АБСОРБЦИЯЛАШ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИНГ КЎПКОНТУРЛИ РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИ СИНТЕЗЛАШ

2.1. Абсорбция ускуналарнинг технологик схемаси ва абсорбентларнинг сифатига бўлган асосий талабларни шакллантириш

Абсорбция жараёнлар нефт ва табиий газларни қайта ишлашда асосий жараёнлардан бири ҳисобланиди.

Газни қайта ишлашда ундан пропан ва бутанларни ажратиб олиш асосий масалалардан бири бўлган бўлган бир вақтларда, абсорбция газни қайта ишлашда етакчи жараёнлардан ҳисобланган. Фақат этандаги пиролиз ҳом ашёсига бўлган талабни ошириш билан – турли музлатувчи цикли паст ҳароратли конденсациялаш жараёни, билан бирга изоэнтропияли кенгайтириш асосида турбодетандерли агрегатларни қўллаш натижаси, абсорбция жараёнларни иккинчи даражага олиб қўйди.

Шунга ўхшаш жараёнларга қарамай, абсорбция жараёнлар нефт ва табиий газларни қайта ишлашда юқори самарали жараён ҳисобланади; масалан, ҳом ашёда юқори ҳароратли совуқ қотиб қолувчи парафинли углеводородларни мавжудлиги. Бундай газларни паст анча ҳароратгача совутиш газ ишлаб чиқариш ускуналарини ишлашини мураккаблаштириши мумкин. Шу вақтнинг ўзида мос келувчи абсорбентни ва жараён режимини танлашда, плус ҳароратда газдан зарурий компонентларни юқори даражада ажратиб олишга эришиш мумкин. Абсорбция жараёни сайклинг – жараён билан газ конденсат конини эксплуатация қилишда самарали ҳисобланади. Бундай ҳолатда жарённи, газни қатламга ҳайдашда, шунингдек газни чуқур тозалаш учун қуруқ газни сиқишда энергияни тежашга имкон берувчи, 10-12 МПа босим остида олиб бориш мумкин.

Оғир углеводородларни ажратиб олиш даражасини ошириш учун амалиётда оқимда абсорбция жараёни ҳам қўлланилади, бу ерда абсорбер

сифатида қувур хизмат қилади, абсорбент сифатида эса - қисман газланган ностабил конденсат хизмат қилади.

Абсорбентлар арзон бўлиши зарур ва имконият даражасида ишлаб чиқилган кон маҳсулотидан ҳосил бўлиши керак. Кўпчилик конларнинг конденсатлари ёки уларнинг фракциялари у ёки бу даражада кўрсатилган талабларга жавоб беради ва абсорбент сифатида ишлатилиши мумкин. Кон эксплуатациясининг бошланғич даврида, конденсат фракциясини чиқиши, абсорбентга мувофиқ, қоида бўйича, маълум даражада юқори. Коннинг берилган аниқ қийматидан қатлам босимининг пасайиши натижасида, абсорбентга мос равишда, конденсатнинг чиқиш фракцияси камаёди.

Абсорбент сифатини ушлаб туриш. Деярли барча ускуналарда абсорбентнинг механик аралашмалар, смола, коррозия маҳсулотлари, ингибиторларнинг парчаланиш маҳсулотлари ва ҳ.к. лар билан ифлосланиши кузатилмоқда. Ундан ташқари, абсорбентнинг кўплаб маротаба циркуляцияланганида унинг таркибидаги енгил фракцияларининг йўқотилиши ва оғир фракциялар миқдори ошгани сабабли унинг ютиш хусусиятининг сустлашишига олиб келади. Ушбу кўрсаткич ва абсорбентнинг бошқа хусусиятларини ушлаб туриш учун лойиҳалаш босқичида тегишлича чора тадбирларни кўриш даркор.

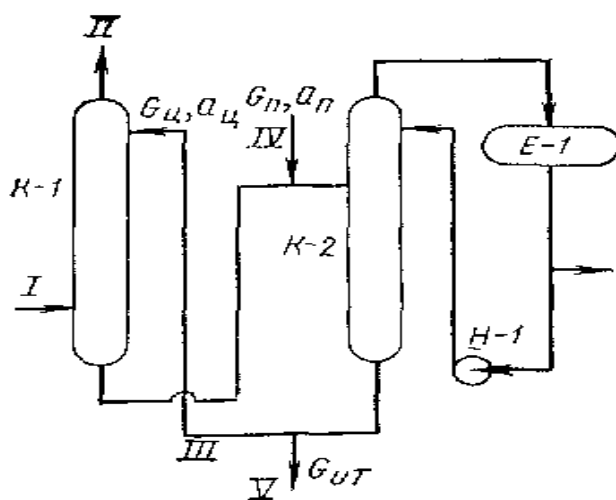
Конденсатни абсорбент сифатида ишлатилишида эксплуатациядаги ускунанинг режими ўзгаришига олиб келадиган қатлам босимининг пасайиши билан унинг енгиллаштирилишини инобатга олиш керак. Абсорбентнинг молекуляр массасининг камайиши унинг тўйинтирилган бўғларининг босими ошишига олиб келади, демак ишлатилган газ билан йўқотишлар ошишини ҳам инобатга олиш керак. Аммо енгиллаштирилган абсорбентнинг ишлатилиши аралашмадан углеводородларни ажратиб олиш даражасини оширади.

Абсорбентнинг молекуляр массасини назорат қилиш имкони мавжуд бўлмаганлиги абсорбент сифатида стабил конденсат ишлатадиган оқар циркуляция схемасининг камчилигидир.

Бир қатор схемаларда газнинг абсорбентгача совутилиши орқали олинган ностабил конденсат тўйинтирилган абсорбент билан бирга деэтанизаторга узатилади.

Регенерация циклида конденсатнинг стабиллаштирилиши ҳам вужудга келади.

Одатда сепарациянинг I босқичдаги ностабил конденсат таркибида казиб олиш, коррозия ва гидратлар пайдо бўлишига қарши кураш интенсивлаштиришда қўлланиладиган ингибиторлар ва бошқа аралашмаларнинг бир оз миқдори мавжуд. Шундай маҳсулотнинг тўйинтирган абсорбент билан ишлов берилиши бир қатор негатив ҳодисаларни келтириб чиқаради. Биринчи навбатда иситишда ингибиторларнинг парчаланишини айтиб ўтиш даркор. Парчаланиш маҳсулотлари абсорбентнинг смоллашишига олиб келади ва системадаги коррозиянинг тезлигини оширади. Булар сабабли ингибиторларни танлаш газга бутун ишлов бериш цикли – қудукдан магистрал газопроводигача инобатга олиш керак.



Расм. 2.1. Абсорбент циркуляциясининг принципиал схемаси:

К-1 - абсорбер; К-2 - десорбер; Е-1 – суғориш идиши; Н-1 -насос; I – ҳомашё газ II - тозаланган газ; III - регенерацияланган айланадиган абсорбент; IV – подпиткага узатиладиган конденсат (абсорбент); V – системадан кайтариладиган абсорбент

Умумий ҳолатда айланадиган абсорбентда аралашмаларнинг йиғилиши расм 1 га мос амалга оширилади. Абсорбент К-1 колоннада регенерацияланади. Йўқотишларни тўлдириш учун К-2 колоннага подпитка (абсорбентни олиш учун ҳомашё, масалан стабил конденсат) узатилади. Абсорбентнинг енгил фракцияси колоннанинг юқори қисмидан чиқарилади, оғир фракцияси эса абсорбентнинг циркуляция оқими билан аралашиб кетади.

Системадан механик аралашмалар ва оғир фракцияларининг ҳаддан ташқари тўпланмаслиги учун циркуляция оқимининг бир қисми ҳам чиқарилади.

Кўрсатилган системанинг моддий баланси қуйидаги кўринишга эга:

$$V_{II}a_{II}t + V_0a_0 - V_Ba_Bt = V_u a_u, \quad (2.1)$$

бу ерда V_{II} - подпитка миқдори, м³/с; V_0 - усқунанинг иши бошида бошланғич абсорбент миқдори, м³/с; V_u - циркуляция абсорбентининг миқдори, м³/с; V_B - системадан чиқариладиган абсорбент миқдори, м³/с; a_{II} - подпиткада аралашмалар концентрацияси, г/м³; a_0 - бошланғич абсорбентда аралашмалар концентрацияси, г/м³; a_B - системадан чиқариладиган абсорбентда аралашмалар концентрацияси, г/м³.

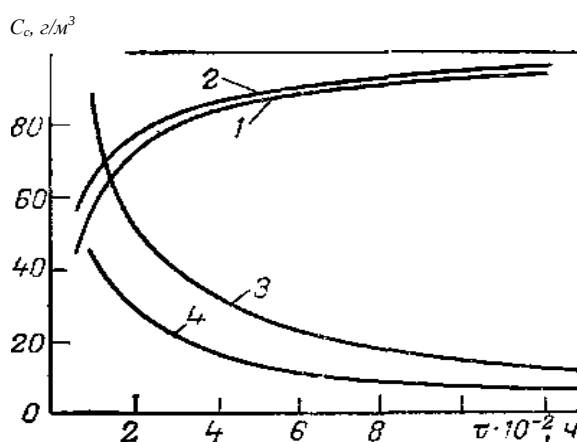
Системада мувозанат бўлганида $a_B = a_u$ ва (2.1) тенгламани a_u га нисбатан ечилишини инобатга олганда, қуйидагиларга эга бўламиз

$$a_u = \frac{V_{II}a_{II}t + V_0a_0}{V_0 + V_Bt}. \quad (2.2)$$

Тенглама (2.2) орқали ҳисоб китоб қилинганида, тизимга киритиладиган подпитка ҳамма ҳолатда ҳам айланган абсорбентга

тўлалигича ўтмаслигини инобатга олиш керак. Шунинг учун a_{II} қийматини айланадиган абсорбентга ўтадиган подпитка миқдориغا кўра аниқлаш керак. Кўриб чиқилган ҳолат ҳисоб мисоли сифатида тасдиқлаймиз.

2.2-расмда айланадиган абсорбентдаги тузлар концентрациясига турли параметрларнинг таъсири акс этаилган. Айланадиган абсорбентдаги тузлар концентрацияси асосан усқунани ишлатишда бошланғич даврига тўғри келади. Маълум вақтдан кейин a_{II} миқдори a_{II} катталиги миқдориغا яқинлашади, ва вақтнинг кейинги ошиши a_{II} га деярли таъсир қилмайди.



2.2 - расм. Қуйидаги бошланғич маълумотларда айланадиган абсорбентда тузлар концентрацияси C_c га ишлатиш вақти τ нинг таъсири:

$$1 - a_0 = 0; a_n = 100 \text{ г/м}^3; 2 - a_0 = 20; a_n = 100; 3 - a_0 = 200; a_n = 0; 4 - a_0 = 100; a_n = 0$$

Подпиткада тузлар миқдори абсорберга нисбатан кўпроқ бўлган ҳолатларда бошланғич абсорбентда уларнинг миқдориغا қарамасдан a_{II} қиймати кўпайиб a_{II} қийматига яқинлашади (чиз. 1, 2). Бундан хулоса қилиш мумкин ки, абсорбентдагига кўра камроқ туз миқдориغا эга подпиткани узатиш усқунанинг нормал ишини таъминлаб бериши мумкин.

Подпиткада тузлар бўлмаган ҳолатларда тенглама (2.2) орқали системани ишлатиш вақтида туз таркиби камайишини аниқлаш мумкин.

Тоза подпиткани ишлатиш сабабли айланадиган абсорбентда тузлар ва бошқа аралашмаларнинг камайиш имкони 2.2 - расмдаги 3 ва 4 чизиқла

ифода этмоқдалар. Абсорбентдаги аралашмаларнинг бошланғич миқдорига қарамай тоза подпиткани ишлатиш вақт ўтгани сайн айланадиган абсорбентда уларнинг миқдорини минималга олиб келади. Абсорбент ва абсорбция установкани танлашда барча юқорида кўриб ўтилган факторларни инобатга олиш керак.

2.2. Абсорбция жараёнининг механизмини таҳлил қилиш

Абсорбция – бу газларнинг суюқлик билан ютилиш жараёнидир. Жараёни ҳаракатга келтирувчи куч – бу газ ва суюқ фазалардаги компонентларнинг парциал босимлари фарқи. Суюқликнинг юзасидан ютилган молекулалар суюқликнинг юза таранглиги σ ни аниқлайди. Углеводородлар молекуляр массаси ошгани сари уларнинг юза таранглиги камайяди. Демак, аралашмадан энг биринчи суюқликнинг юза таранглигини камайтиради, яъни катта молекуляр массага эга компонентлар ютилади.

Абсорбция жараёни эффектив кечиши учун газ ва абсорбентнинг қарши оқими ва катта тегиш фазаси вужудга келиши керак.

Абсорбцияда абсорбент ва газни ажралган иссиқлик билан иситилади, бу ерда иссиқлик абсорбентга бевосита узатилгани сабабли унинг ҳарорати газ ҳароратига нисбатан юқорироқ, газ эса фақат абсорбент билан иссиқлик алмашинуви орқали иситилади.

Колоннадан чиқишда тўйинган абсорбент ҳароратини қуйидаги тенглама орқали аниқлаш мумкин

$$t_H = t_B + \frac{\sum g_i q_i - G_T C_T (t_i - t_2)}{G_a C_a}, \quad (2.3)$$

бу ерда t_B -колоннага киришда абсорбент ҳарорати, °С; C_a – абсорбент иссиқлик сиғими, кДж/кг-град; G_a - колоннага киришда абсорбент миқдори, кг/ч; q_i – ютинган компонентлар сорбциясининг иссиқлиги, кДж/кг; g_i – ютилган компонентлар миқдори, кг/соат; G_T – абсорбердан чиқишда газ

миқдори, кг/соат; C_{Γ} - газ иссиқлик сиғими, кДж/кг-град; t_1 и t_2 – тегишлича кириш ва чиқишда газ ҳарорати, °С.

$G_{\Gamma}C_{\Gamma}(t_2-t_1)$ кўпайтмаси абсорбентда газга узатилган иссиқлик миқдорини таърифлайди. Юқорига кўтарилиш бўйлаб газда компонентларнинг миқдори камаяди, тегишлича абсорбентда газнинг ҳар бир компоненти миқдори кўпаяти. Газда компонент молларининг V_H энг катта қиймати абсорбер пастки қисмида, энг кичик қиймати эса – абсорбердан чиқишда V_B .

Ютилган газнинг миқдори (моль) V_H-V_B ҳом газда компонентлар миқдорига (моль) V_H нисбати тортиш коэффициенти φ деб аталади.

Абсорбердан олдин ва кейин газ ҳажмлари ва мақсадли компонентнинг улардаги концентрациялари маълум бўлганида, тортиш коэффициенти қуйидаги тенглама орқали аниқланади

$$\varphi = \frac{V_H y_1 - V_B y_2}{V_H y_1}, \quad (2.4)$$

бу ерда V_H ва V_B - абсорбер кириши ва чиқишидаги газ ҳажми; y_1 ва y_2 – тегишлича абсорбердан олдин ва кейин газда компонентнинг молли (ҳажмий) концентрацияси.

Тортиш коэффициентини колоннада назарий зиналар, газ ва абсорбент сарфи ҳамда жараеннинг термодинамик шароитлар учун Крейсер қуйидаги боғлиқликни аниқлаган

$$\varphi = \frac{A^{n+1} - A}{A^{n+1} - 1}, \quad (2.5)$$

бу ерда n - абсорберда назарий зиналар сони; A - абсорбция фактори.

Компонент K мувозанат константаси ва абсорбентнинг солиштирма рафми ўртасидаги ўзаро боғлиқлик қуйидаги тенглама билан абсорбция фактор орқали аниқлаладиган

$$A = \frac{L}{KV}, \quad (2.6)$$

бу ерда L ва V - абсорбернинг юқори кесимидаги абсорбент ва газнинг моллар сони.

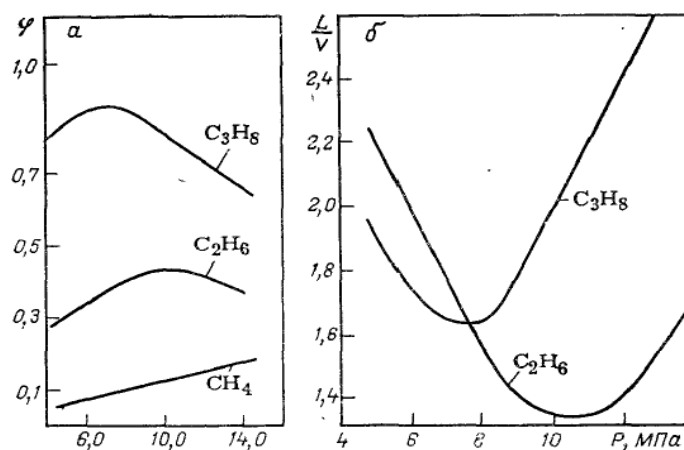
Тенглама (2.6) дан келиб чиқиши ча, абсорбция фактори компонентнинг мувозанат константасига тескари пропорционал боғлиқ. Демак, компонент қанчалар катта учувчанлик билан таърифланса, у шунчалар кам ютилади. Ушбу усул таъбий ва нефт газларидан оғир углеводородларни танлаб тортишда амалиётда кенг қўлланади.

(2.5) ва (2.6) тенгламалар асосида икта катталик берилганида учинчисини аниқлаш мумкин. Амалиётда асосан жараеннинг шароитлари ва компонентларнинг тортиш даражаси берилганда ва берилган тарелкалар сони учун абсорбент миқдорини аниқлаш лозим.

(2.5) ва (2.6) тенгламаларга асосан газдан компонентларини тортиш даражасиги таъсир қиладиган асосий параметрлар бу уларнинг мувозанат константаси, тарелкалар сони ва абсорбентнинг солиштирма сарфи. Охириги энг асосий кўрсаткич бўлиб, биринчи навбатда системанинг ҳарорати ва босимига боғлиқ.

Ҳар бир айтиб ўтилган параметрнинг углеводородларни тортиш даражасига таъсири турли таркибдаги газлар ва турли молекуляр масса ва фракцион таркибга эга абсорбентлар учун экспериментал ўрганилган.

Абсорбент сифатида молекуляр массаси 127 ва зичлиги $0,787 \text{ г/см}^3$ бўлган конденсат ишлатилган. Абсорбент таркибида 24,4% ароматик, 52,4% нафтенли ва 23,2% парафинли углеводородлар мавжуд. Ўртача ҳарорати 20°C ва 5-14 МПа босимлар интервалида ўтказилган тажрибалар натижалари 2.3-расм. келтирилган.



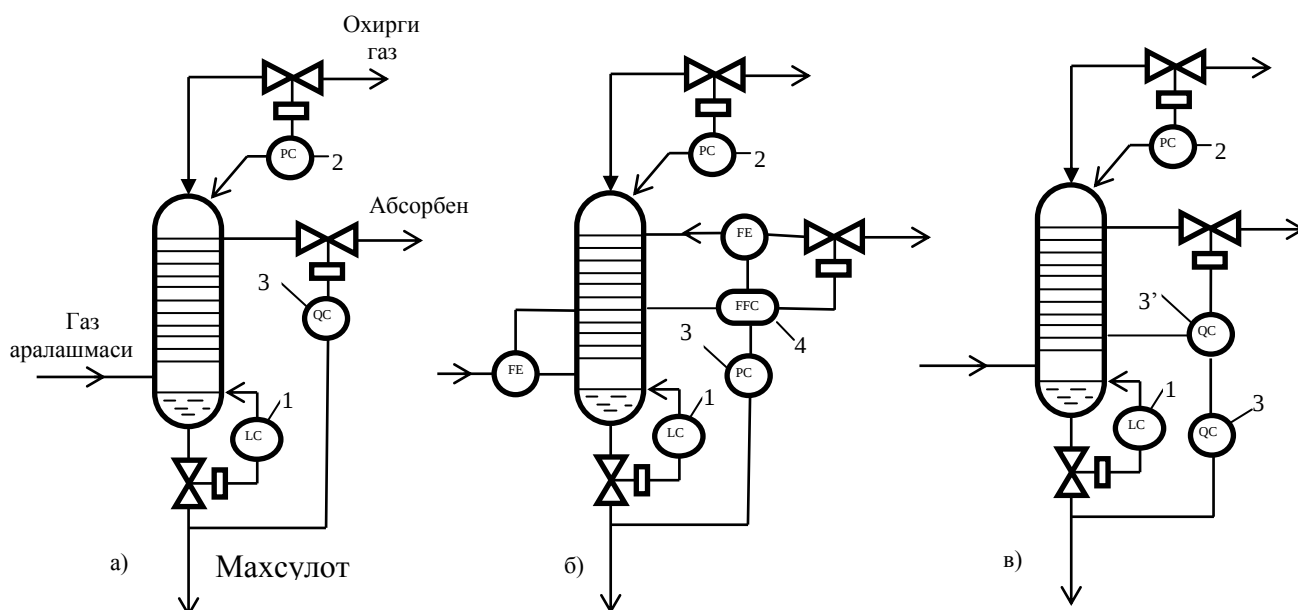
2.3 - расм. Босим P нинг тортиш даражаси (а) ва абсорбентнинг солиштирма сарфи (б) га таъсири.

2.3. Абсорбция қурилмасини автоматлаштиришнинг типик схемалари

Абсорбцион қурилма технологик жараёнда оралиқ босқич ҳисобланганлиги сабабли оптимал бошқариш масаласида у билан бутун жараёни умумий бошқариш масаласи бўйсунди. Абсорбцион қурилманинг аниқ ишлаш шароитига боғлиқ ҳолда шундай масалага келинадики, аралашмани ажратишда ёки абсорбция даражасини максималлаштирилади ёки энергия сарфини минималлаштирилади.

Абсорбция жараёнида ғалаённинг асосий манбаси – сарф, таркиб ва абсорбцияда тушувчи газнинг ҳарорати, шунингдек, баъзи ҳолларда абсорбентнинг ҳарорати ва таркиби ҳисобланади. Асосий бошқариш параметрлари сифатида абсорбентнинг сарфи, колоннаги бериладиган сув ва колоннадан қайтиб чиқаётган кубли хом ашёнинг сарфи ҳисобланади.

Колоннанинг газ ва суюқ фазаларида материал баланси ушлаб туриш учун кубда босим ва сатҳни стабиллаштириш масласи қўрилади.

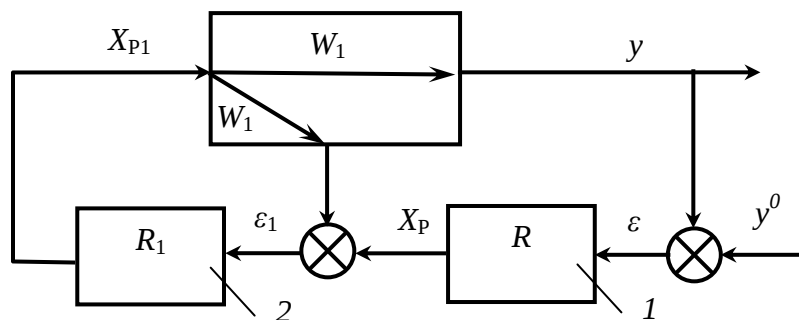


2.4-расм. Абсорбцион колоннани автоматлаштириш системаларига мисоллар:
а – бир контурли APC; *б* - кубли хом ашёнинг таркиби бўйича коррекциялаш билан абсорбент сарфи ва газ аралашмасининг ўзаро нисбатларини ростлаш;
в - кубли хом ашёнинг таркибини каскадли APC; 1, 1' – сатҳ ростлагичлари;
 2 – босим ростлагичи; 3 – таркиб ростлагич.

2.4-расмда абсорбцион қурилмани автоматлаштириш системасига мисоллар келтирилган. Бир контурли APCда (2.4*а*-расм) қурилган автоматлаштириш системаси қурилмада материал ва иссиқлик балансларини бир маромда сақлашни таъминлайди (сатҳ 1 ва босм 2 ростлагичлари) ва хом-ашё таркибини стабиллаштиради (ростлагич 3). Ростлагич орқали манбаа сарфи бўйича ғалаён орқали корректловчи сигнал кирганда сарфлар 4 (2.4*б*-расм) нисбати бу ғалаёнларни баъзан компенсация қилишга имкон беради ва ростлаш сифатини оширади. 2.4*в*-расмда ёрдамчи ростланувчи ўзгарувчини назорт ликобчаси таркибидан танлаш орқали каскадли APC келтирилган.

Ростлаш канали бўйича юқори инерционлика эга бўлган объектларни автоматлаштириш учун каскадли системалар қўлланилади. Ушбу ҳолатда ростлаш системасида (2.5-расм) иккита ростлагич (R_1 , R_2) – асосий (ташқи)

ростлагич (объектнинг асосий чиқиши y ни стабиллаш) ва ёрдамчи (ички) ростлагич (ёрдамчи координаталар y_1 ни ростлаш) учун мўлжалланган. Ёрдамчи ростлагич учун топшириқ сифатида асосий ростлагичнинг кириш сигнали хизмат қилади.



2.5-расм. Каскадли APC нинг структурали схемаси.

Юқорида келтирилган APC таққослаганимизда каскадли APC ўтиш жараёнининг сифатини оширади, айниқса ростлаш канали бўйича тушувчи ғалаёнларни (2.5-расм) компенсация қилиб беради.

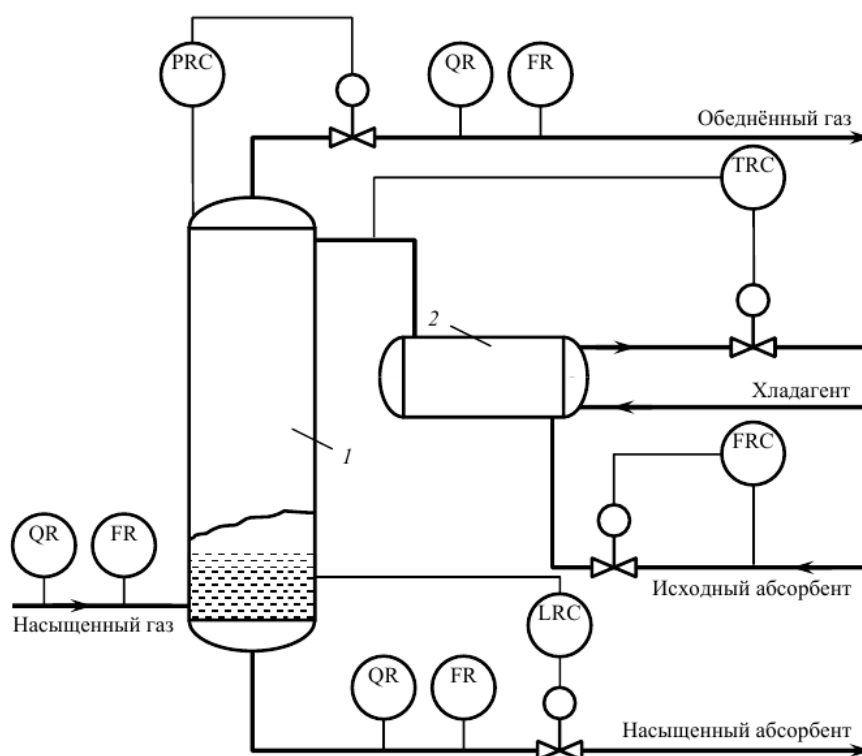
2.4. Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш схемаси

Абсорбциялаш жараёнида хал қилувчи таъсир нисбатан жойлашган ишчи ва турғун жараён тизими орқали аниқланувчи ҳаракатланувчи куч ҳисобланади.

Ишчи тизимнинг ҳолати иккала фаза компонентининг бошланғич ва сўнгги концентрациясига, турғун тизим ҳолати эса аппаратдаги ҳарорат ва босимга боғлиқдир. Бундан келиб чиқадики, кучсизланган аралашма компонентидан олинган концентрация ундаги газ ва суюқ фазали концентрациянинг бошланғич ҳолатига, газ қоришмасидан келиб чиқаётган сарф-харажатга, абсорбент сарф-харажатиға ҳамда адсорбердаги ҳарорат ва босимга боғлиқ.

Газ аралашмасини истеъмол қилишнинг ўзгариши ва фазалардаги компонентлардан олинган концентрация ўзида аввалги технологик аппаратлар ўлчамларини (катталикларини), яъни абсорбция жараёнининг асосий ғалаёнларини намоён этади. Ушбу таъсирларни бошқарувчи омил янги абсорбент, кучсизланган газ ва тўйинган абсорбентларни сарфлаш ҳисобланади.

2.7-расмда абсорбция жараёнининг барқарорлик схемаси келтирилган



2.7-расм. Абсорбция жараёнининг барқарорлик схемаси

1-абсорбер, 2-совутгич

Таъсир этувчи омиллар, яъни кучсизланган газ компонентида олинган концентрация микдорларини асосий бошқарувчиси бўлиб? сарфлашни тартибга солишни амалга оширувчи янги абсорбент сарфининг ўзгариши ҳисобланади. Ушбу схема чиқаётган маҳсулот ҳамда газ ва суюқ фазадаги компонентдан олинган бошланғич концентрациянинг доимийлиги бир меъёрга амалга ошгандагина сифатли бошқаришни тامينлай олади.

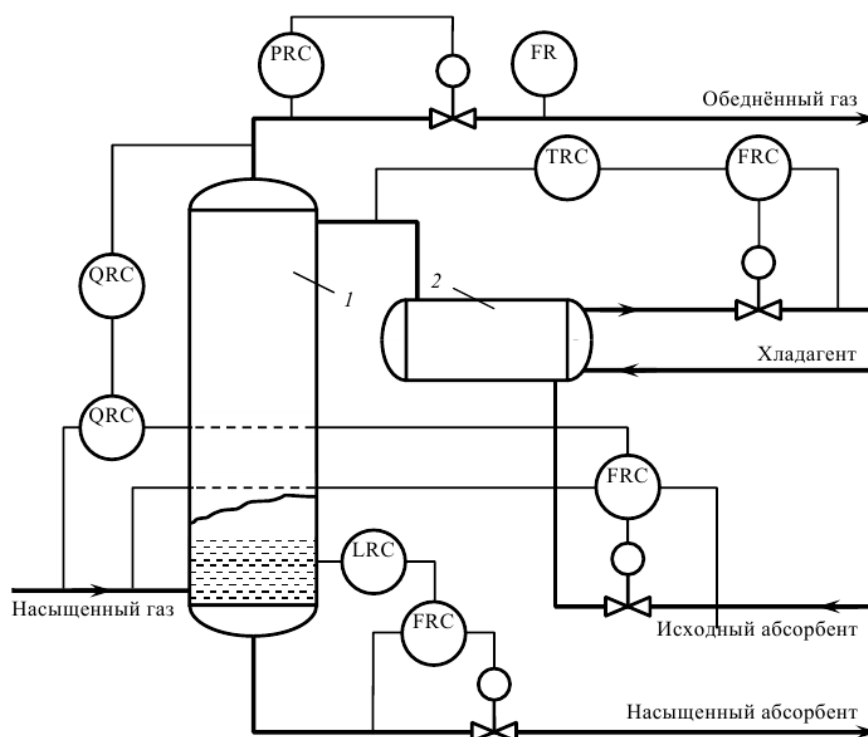
Абсорбердаги ҳарорат иссиқлик сиғимидаги ҳароратга, газ ҳамда кўп ҳолда суюқ фаза сарфланишига, шунингдек абсорбция жараёнида иссиқликнинг ажралиб чиқиши ва атроф-муҳитда иссиқликнинг йўқолишига боғлиқдир. Қийматларнинг катта қисми вақт давомида тебраниб туради, бу эса абсорбердаги иссиқлик балансининг бузилишига ва ҳароратнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Ҳароратнинг ошиши жараён ҳаракатини секинлаштиради. Буни олдини олишда жараённи жадаллаштириш учун абсорбент абсорбер 1 га узатилишдан музлатгич 2 да совутилади.

Босимнинг ортиши чиқаётган газ аралашмасидан қимматли компонентларнинг ажралиб чиқишига ёрдам беради. Колоннанинг юқори қисмига берилган босим қийматининг турғунлигини сақлаб туриш абсорберда ўрнатилган кучсизланган газ қувиридаги клапанга таъсир этувчи босим регуляторини ишлатишни талаб этади.

Газ аралашмасининг абсорбердан тўйинган абсорбентга чиқиб кетиши олдини олиш учун бироз микдордаги суюқлик, сатҳни қуллаб қувватловчи ростлагич, десорберга тўйинган абсорбентни қабул қилмаслик учун ўрнатилган бошқарувчи клапан орқали сатҳни йиғиб олинади. АСР абсорбернинг материал балансини кузатишни таъминлаб беради.

Қурилмани эксплуатация қилиш назоратига барча материал оқимларнинг сарфлари ва ҳарорати, чиқувчи газ аралашмаси ва кучсизланган газнинг таркиби, абсорбер кубидagi сатҳ, босим ва ундаги босимнинг тушиб кетиши кабилар киради.

Абсорберга келиб тушадиган чиқувчи газ аралашмасининг сарфи ва таркиби ўзгарганда, ундан ажратиб олинadиган компонентларнинг берилган босқичдаги бошқариш сифатини оширишда кўп контурли тизимлар қўлланилади.



2.8-расм. Абсорбция жараёнининг кўп контурли ростлаш схемаси

1 – абсорбер; 2 – совуткич.

Чикувчи тўйинган газ сарфи ўзгаришини компенсация қилиш газ ва янги абсорбент сарфининг ўзаро боғлиқлиги кўрастувчи регуляторни қўллаш усули билан таъминланади. Чикувчи газ аралашмаси компонентидан ажратиб олинган концентрациянинг ўзгариши натижасида тўйинган газ ва янги абсорбент сарфлари орасидаги боғлиқлик коррективкасини қайта кўриб чиқиш талаб этилади. Лекин, ушбу тизимда асосий бошқарувчи катталик бўлиб кучсизланган газ компонентидан олинган концентрация ҳисобланади. Берилган катталикнинг ҳозирги қиймати ўзининг сигнал ишлаб чиқарувчи регуляторига келиб тушади, яъни қиймат сифатида чикувчи газ аралашмаси компонентидан олинган концентрация регуляторига берилади ва бу абсорберга келиб тушадиган модда сарфининг ўзаро боғлиқлиги ўзгаришига олиб келади.

Кўриб чиқилган схема ёрдамида кетаётган кучсизланган газ таркибидаги қимматли компонентларни йўқотиш минималлаштирилади.

Абсорбер кубидан олинadиган тўйинган абсорбентни десорбцияга йўналтиради, яъни ундаги қимматли компонентни ажратиб олинади. Шунинг учун тўйинган абсорбент таркибининг сифатли бошқарилиши, агар у тугайдиган маҳсулот ҳисобланмаса, у ҳолда десорберга тўйинган абсорбентни деярли бир текис узатади ва бир вақтнинг ўзида абсорбер кубидagi сатҳнинг доимийлигини етарлича таъминлайди. Бунинг учун эса икки контурли каскадли тизим ростлагичидан фойдаланилади. Ростловчи ушбу регулятор бу тизимда тўйинган абсорбент сарфини бошқариб туради, кубли абсорбентдаги сатҳни бошқаришда эса туғриловчи регулятордан фойдаланилади.

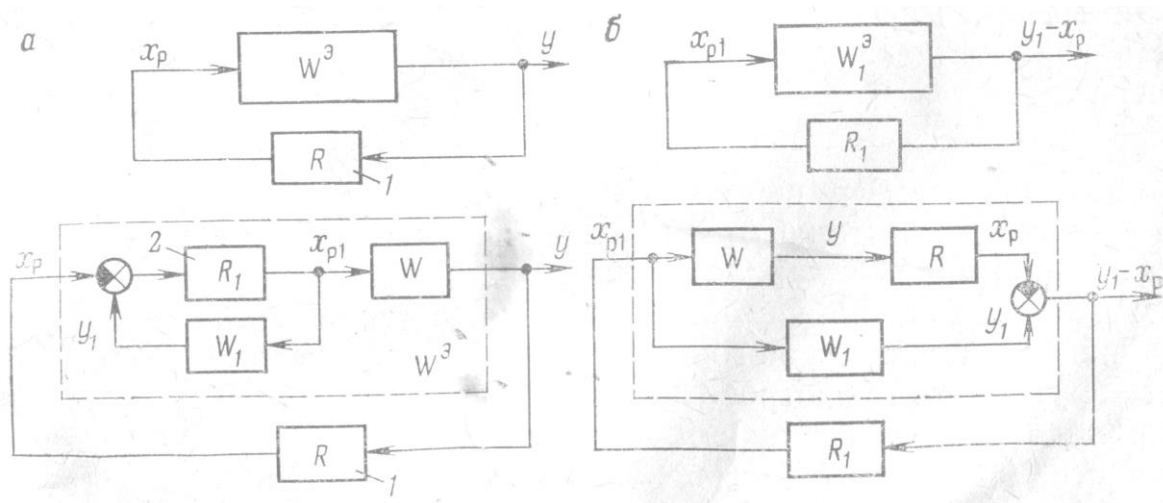
Хладогент сарфини камайтириш учун совутиладиган абсорбент ҳароратини туғрилаб туриш орқали хладогент сарфини бошқаришнинг каскадли тизимидан фойдаланилади.

2.4. Каскадли автоматик ростлаш системасида ростлагич параметрларини ҳисоблаш

Каскадли APC асосий ва ёрдамчи канал бўйича объектнинг берилган динамик характеристикаларини орқали асосий ва ёрдамчи ростлагичларни созлашга мўлжалланган. Модомики асосий ва ёрдамчи ростлагичларни созлаш бир бирига боғлиқ экан, уларни ҳисоблаш итерация усулида амалга оширилади.

Хар бир қадамда итерация келтирилган объектга деярли эквивалент шартли ростлагичлардан бири бир контурли APCда ҳисобланади. 2.9-расмдаги структурали схемадан кўриниб турибдики, асосий ростлагич 1 (2.9а-расм) учун эквивалент объект ўзида кетма-кет боғланган берк ёрдамчи

контур ва ростлашнинг асосий контурларини акс эттирган. Унинг узатиш функцияси қуйидагича



2.9-расм. Асосий (а) ва ёрдамчи (б) ростлагич билан эквивалент бирконтурли ростлаш системаларининг структурали схемалари: тепада – эквивалент бирконтурли схема; пастда бирконтурли ўзгартирилган каскадли АРСи.

$$W^3(p) = \frac{-R_1(p)}{1 - W_1(p)R_1(p)} W(p). \quad (2.7)$$

Ёрдамчи ростлагич 2 учун эквивалент объект ёрдамчи канал ва асосий очик системаларнинг параллел боғланиши орқали ташкил этилади. Унинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$W_1^3(p) = W_1(p) - W(p)R(p). \quad (2.8)$$

Итерациянинг биринчи қадамга боғлиқ ҳолда каскадли АРСларини ҳисоблаш иккига бўлинади:

Биринчи усул. Ҳисоблаш асосий ростлагичдан бошланади. Ушбу усулдан шундай ҳолатда фойдаланилади-ки, ёрдамчи каналнинг инерционлиги асосий канална инерционлигидан кам бўлганда.

Биринчи қадамда асосий контурнинг ишчи частотаси (ω_p) ёрдамчиникидан (ω_{p1}) биров кам бўлган деб фараз қиламиз ва $\omega = \omega_p$ да

$$\frac{1}{|R_1(i\omega)|} \ll |W_1(i\omega)|. \quad (2.9)$$

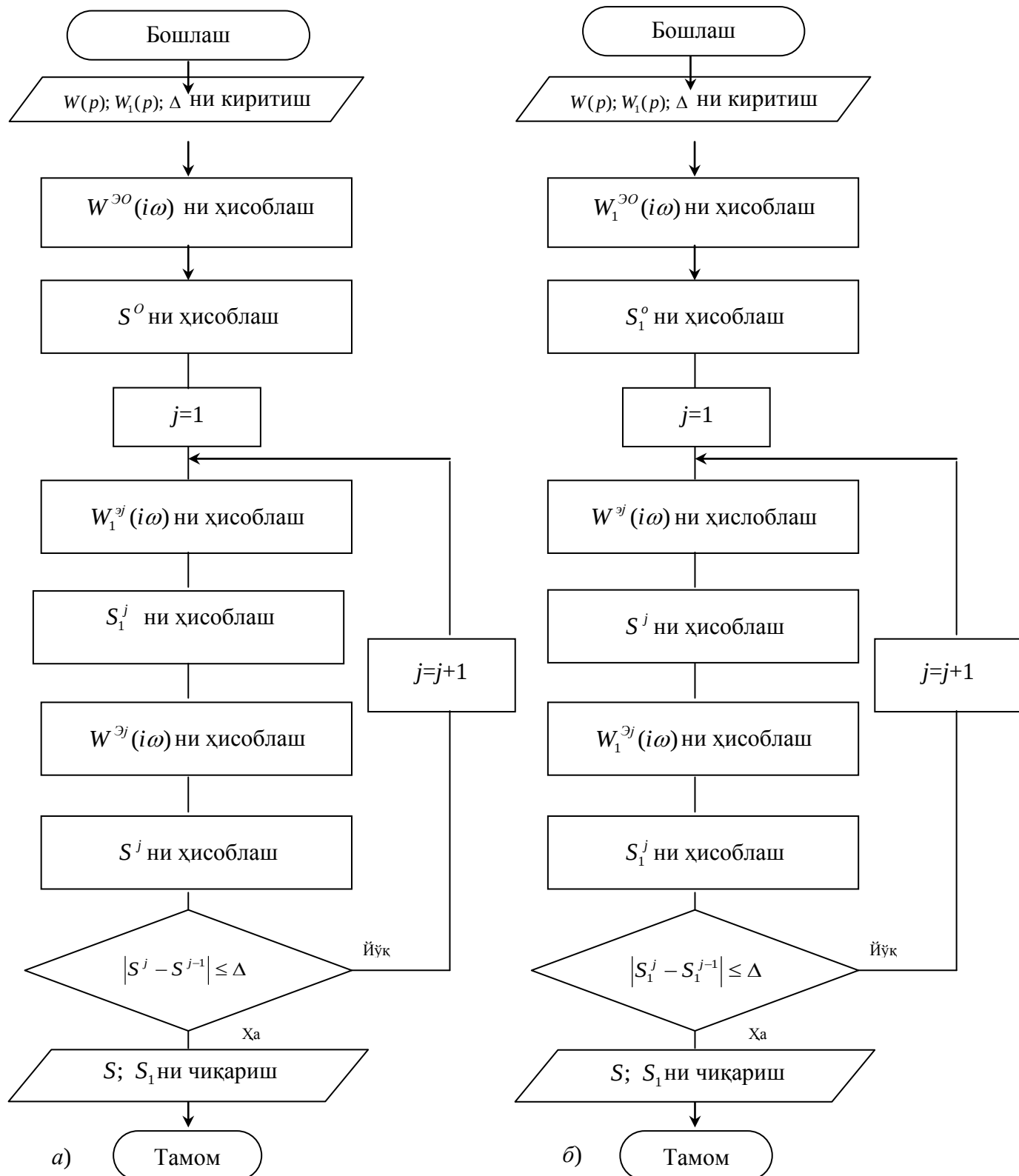
Унда

$$W^{\circ}(p) = \frac{-1}{1/R_1(p) - W_1(p)} W(p) \cong \frac{W(p)}{W_1(p)}. \quad (2.10)$$

Шундай қилиб, S^0 ни созлашнинг биринчи яқинлашишида асосий ростлагич 1 $R_1(p)$ га боғлиқ эмас ва $W^{\circ}(p)$ бўйича топлади.

Иккинчи қадамда ўрнига $R(p, S^0)$ ни қуйиб $W_1^{\circ}(p)$ узатиш функцияли (2.8)га эквивалент объект учун S_1^1 ёрдамчи ростлагични созлаш параметрлари ҳисобланади.

Ҳисобларни яқинлашиши ҳолатида биринчи икки қадам чегараланади. Уларнинг аниқ ҳисоблаш то ростлагични созлагунга қадар давом эттирилади, топилган иккита кетма-кет итерация берилган аниқликка мос келмайди. Ҳисоблаш алгоритм блок-схемаси 2.10,а-расмда келтирилган.



2.10-расм. Каскадли АРСни ҳисоблаш алгоритмининг блок-схемаси: *a* – юқори ҳаракат тезликлари бўйича ички контурларнинг ташқи контур билан

солиштириш шарти орқали; $\bar{b}$ – бошланғич яқинлашишда ташқи ростлагич
узиб қуйиш шарти орқали.

Иккинчи усул. Ҳисоблаш ёрдамчи ростлагичдан бошланади. Биринчи
кадамда ташқи ростлагич ажратилган, яъни

$$R(p) = 0 \text{ ва } W_1^{s0}(p) = W_1(p)$$

бўлади.

Шундай қилиб, биринчи яқинлашишда ёрдамчи ростлагич S_1^0 ни созлаш
ёрдмчи ростлаш канали учун бирконтурли АРС бўйича топилади. Иккинчи
кадамда $R(p, S^0)$ инобатга олган ҳолда эквивалент объект узатиш функцияси
 $W^{s1}(p)$ бўйича асосий ростлагични созлаш ҳисобланади. S_1^1 ёрдмчи
ростлагични созлашда аниқлик киритиш учун (2.8)да $R(p, S^1)$ ўрнига қуйиб
 $W_1^{s1}(p)$ узатиш функцияси бўйича ҳисоблаш амалга оширилади. Ҳисоблаш то
ёрдмчи ростлагични созлагунга қадар, топилган сўнгги икки кетма-кет
итерация берилган аниқлик билан мос келгунга қадар амалга оширилади.

Агар асосий канал бўйича объектнинг узатиш функцияси ва ёрдмчи
канал бўйича мос равишда ростлагичнинг узатиш функциялари қуйидагича
бўлса, каскадли АРСда ростлагични созлашни ҳисоблаймиз:

$$W(p) = \frac{0,5e^{-4p}}{4p+1}; \quad W_1(p) = \frac{e^{-0,4p}}{1,2p+1};$$

$$R(p) = -S_1 - \frac{S_0}{p}; \quad R_1(p) = -S_{11} - \frac{S_{01}}{p}$$

Бирконтурли АРСни ҳисоблаш учун ЭХМда MatLab6.5 дастуридан
фойдаланиб керакли характеристикаларни кураимиз.

$W(p)$ ва $W_1(p)$ таққослаганимизда кўриниб турибдики, ёрдмчи канал
инерционлиги асосий каналга нисбатан кам ($\tau_1 < \tau$), шунинг учун каскадли
АРСни 1-чи усул бўйича ҳисоблаймиз.

1. Асосий ростлагични созлашни ҳисоблаш (S_1^0, S_0^0, ω_p^0). (2.10) ифодадан
объектга эквивалент узатиш функцияни топамиз

$$W^{\circ 0}(p) = \frac{0,5(1,2p+1)}{4p+1} e^{-3,6p}$$

ва унинг частотавий характеристикаси (2.8-расм)

$$W^{\circ 0}(i\omega) = A^0(\omega) e^{i\varphi^0(\omega)},$$

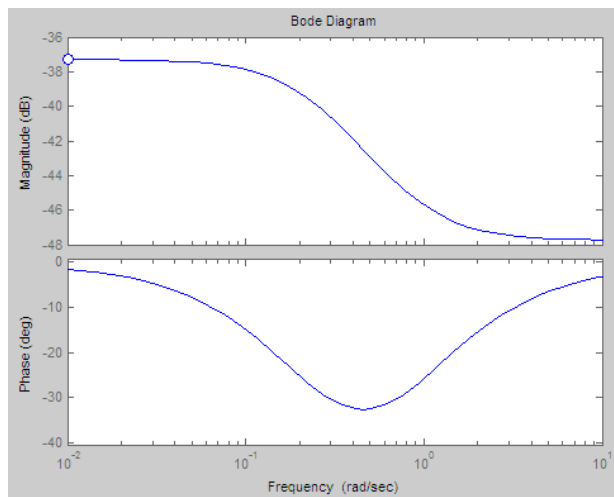
$$\text{бу ерда } A^0(\omega) = \frac{A(\omega)}{A_1(\omega)} = 0,5 \sqrt{\frac{1,2^2 \omega^2 + 1}{4^2 \omega^2 + 1}}.$$

$$\varphi^0(\omega) = \varphi(\omega) - \varphi_1(\omega) = -3,6\omega + \arctg 1,2\omega - \arctg 4\omega.$$

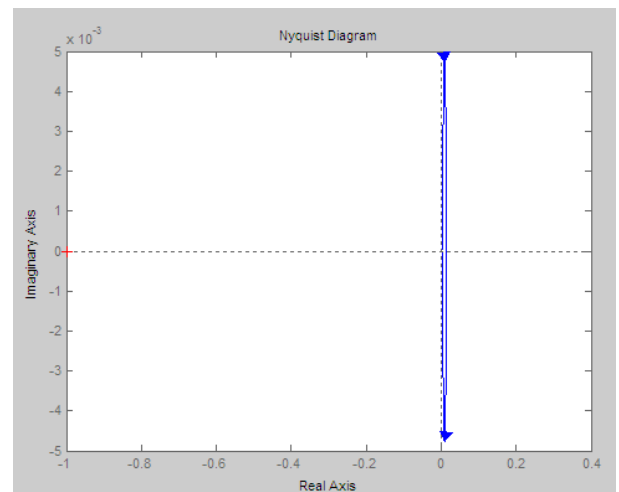
ПИ ростлагичнинг ишчи қиймати сифатида

$$\omega_p^0 = 0,73; \quad S_1^0 = 2,23; \quad S_0^0 = 0,31$$

қабул қиламиз.



а)



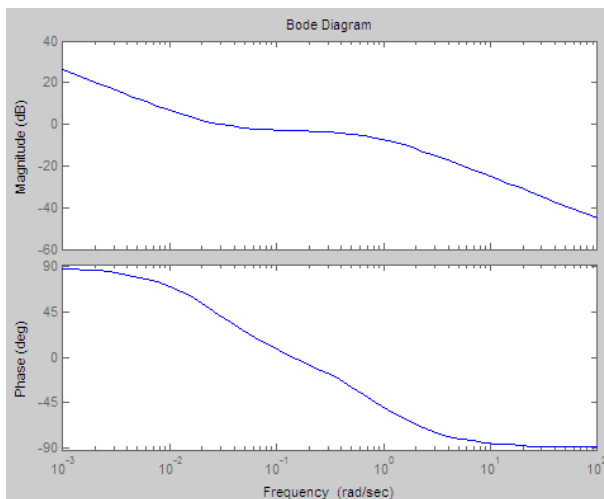
б)

2.11-расм. Бошланғич яқинлашишда асосий ротлагич учун эквивалент объектнинг частотавий характеристикаси: а – ЛАЧХ и ЛФЧХ; б – АФХ.

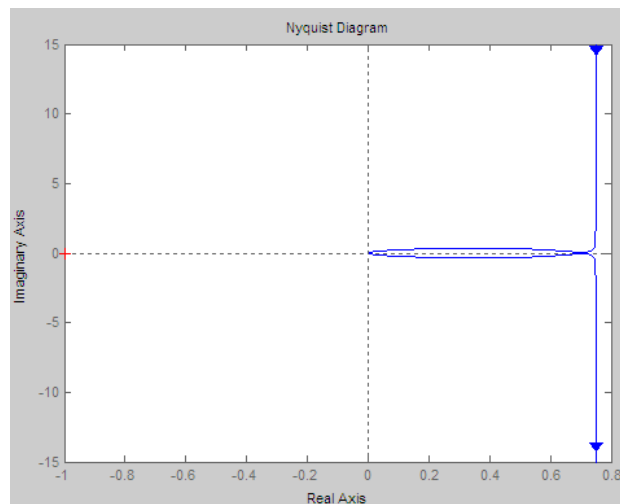
2. Ёрдамчи ростлагични созлаш ҳисоби ($S_{11}^1, S_{01}^1, \omega_{p1}$). (2.8) эквивалент объектнинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$W_1^{\circ 1}(p) = W_1(p) - W(p)R(p, S^0) = \frac{e^{-0,4p}}{1,2p+1} - \frac{0,5e^{-4p}}{4p+1} \left(-2,23 - \frac{0,31}{p} \right).$$

Частотавий характеристикалари 2.12-расмда келтирилган



a)



б)

2.12-расм. Ёрдамчи ротлагич учун эквивалент объектнинг частотавий
характеристикаси: *a* – ЛАЧХ и ЛФЧХ; *б* – АФХ.

Ишчи қиймати сифатида

$$\omega_{1p} = 3,8; \quad S_{11}^1 = 2,82; \quad S_{01}^1 = 2,05$$

қабул қиламиз.

III БОБ. ҲАЁТ ФАОЛИЯТИ ХАВФСИЗЛИГИ

Ҳаёт фаолияти деб инсонни ҳар кунги фаолияти, дам олиши, яшаш тарзига айтилади.

Инсонларни техносферадаги фаолиятининг хавфсизлигини асосларини ўрганишга киришишни аввало тирик мавжудотларнинг ўзаро ва атроф-муҳит билан бир-бирига муносабати тўғрисидаги умумий билимларда ҲФХни ўрнини билишдан бошлаш керак.

Биосфера ўзининг ҳокимлигини аста-секин йўқота бошлаб, инсонлар яшайдиган жойларда ишлаб чиқариш ривожланиши ва табиатга таъсири натижасида техносферага айлана бошлади. Тирик ва тирик бўлмаган материядаги ўзаро биологик муносабатлар, физик ва кимёвий жараёнларга ўз ўрнини бўшата бошлади, жамиятда табиатни ва инсонларни техносферанинг негатив факторларидан муҳофазалаш талаби юзага келди.

Жамиятда ва табиатда юзага келган кўпгина негатив факторларнинг аввалам бош сабаби инсонларни антропоген фаолияти бўлиб, ҳозирги пайтда ушбу муаммоларни ечиш учун инсоният техносферани мукаммаллаштириб, одамларга ва табиатга салбий таъсирини йўл қўйилган даражагача пасайтириш ҳисобланади.

ҲФХнинг фан сифатидаги асосий мақсади- инсонларни техносферадаги негатив антропоген ва табиий таъсирлардан ҳимоялаш ҳамда ҳаёт фаолияти учун (қулай) комфорт шароитлар яратишдан иборат.

Яшаш циклида инсон ва атроф-муҳит доимо ҳаракатдаги «инсон-яшаш муҳити» тизимини ҳосил қилади.

Яшаш муҳити деб – ҳозирги пайтда инсон фаолиятига, унинг соғлиғига ва авлодига бевосита ёки билвосита ,шу заҳотиёқ ёки четдан таъсир кўрсатувчи шартлаб қўйилган физик, кимёвий, биологик, социал факторлар йиҳиндисини бўлган ўраб турган муҳитга айтилади.

Бу тизимда фаолият кўрсатиб, инсон узлуксиз енг камида иккита масалани ечади:

- овқатга, ҳавога ва сувга бўлган ехтиёжини қондиради;
- яшаш муҳитидаги ҳамда ўзига ўхшаганлар томонидан салбий таъсирларни йўқотади ва муҳофаза қилишни яратади.

Яшаш муҳитига тегишли табиий салбий таъсирлар дунё яратилибдики, мавжуд бўлиб, биосферадаги табиий офатлар ҳисобланувчи иқлимнинг ўзгариши, ер силкиниши, момақалдирок ва б. уларнинг манбалари ҳисобланади.

Яшаш учун кураш инсонни доимо ўзини муҳофазалаш борасида изланишлар олиб боришга ва мукаммаллаштиришга мажбур қилди. Бу ўз вақтида атроф-муҳитга ҳам салбий таъсир кўрсата бошлади. XX асрга келиб Ер юзида биосферанинг кучайган ифлос зоналари юзага келди, бу ўз навбатида қисман, баъзи ҳолларда бутунлай регионал инқирозга олиб келди. Бундай ўзгаришларга қуйидагилар таъсир кўрсатди:

- Ер юзи аҳолисини юқори темпларда ўсиши (демографик портлаш) ва шаҳарларга тўпланиши;
- энергетик ресурслардан фойдаланишни ва бир ерга жамланишини ўсиши;
- саноат ва қишлоқ хўжалигини интенсив ривожланиши;
- транспорт воситаларини кенг оммада фойдаланиш;

Демографик портлаш. Тиббиёт соҳасидаги ютуқлар, фаолият ва турмуш тарзини комфортлаш, қишлоқ хўжалиги интенсивлашиши ва маҳсулотларини ўсиши Ер юзи аҳолисини ўсишига имкон берди. Яшаш даврининг ўсиши билан бирга туғилиш ҳам кўпгина регионларда юқори даражада (1000 кишига 40 та бола) бўлиб келмокда. Аҳолини ўсиши Африка, Марказий Америка, Яқин ва Ўрта Шарқ, Жанубий-Шарқий Осиё, Ҳиндистон, Хитой давлатлари халқларига хосдир.

Энергетика, ишлаб чиқариш, транспорт воситаларининг ўсиши. Ер юзи аҳолисининг ўсиши ва ҳарбий ехтиёжлар енергетика, ишлаб чиқариш, транспорт воситаларининг ўсишини рағбатлантиради. Дунё миқёсидаги автомобил паркининг ўсиши 1960 йилдан 1990 йилгача 120 дан 420 млн.автомобилга ошди.

Кимёвий элемент бирикмаларидан фойдаланиш ҳам ошди

Йил	1869	1906	1917	1937	1985	2000
Маълуми	62	84	85	89	104	850
Фойдаланилган	35	52	64	73	90	500
и						

Қишлоқ хўжалигида ҳам тупроқ унумдорлигини ошириш ва зараркуандалар билан курашиш мақсадида кўп йиллар мобайнида сунъий ўғитлар билан биргаликда турли токсикантлардан фойдаланиб келинди. 1986 йилда ер юзида 1 га хайдалган ерга 90 кг минерал ўғит тўғри келди, бу ўз йўлида тупроқни нитрат, фтор, стронсий билан юқори даражада тўйинишига олиб келди.

Пестисидлар билан захарланишдан ҳар йили 10 мингга яқин киши вафот этади, сув хавзалари захарланади, ўрмонларни, қуш ва ҳайвонларни қирилишига олиб келади.

Техноген авариялар ва фалокатлар. XX аср ўрталаригача инсонлар йирик миқёсдаги авария ва фалокатларни амалга ошира олмаган, техника ва ишлаб чиқаришни мукаммаллашуви натижада улар табиий офатлардан ҳам ўтиб кетди.

Ходиса деб—инсонларга, табиий манбаларга негатив таъсиридан зарар келтирувчи воқеага айтилади.

Авария деб – техник тизимдаги инсонларни вафотисиз юзага келган ходисага айтилади. Бунда техник воситаларни қайта тиклашни имкони бўлмайди ёки иқтисодий жиҳатдан самарасиздир. *Фалокат деб* – техник

тизимлардаги инсонларни ваофти ёки йўқолиши билан кузатиладиган ҳодисага айтилади.

Табиий офат деб – биосферани вайронловчи, ер юзидаги одамларнинг ўлими ёки саломатлигини йўқотишга олиб келувчи фавқулотдаги ҳодисага айтилади.

Инсон ўз фаолияти билан табиатга бевосита таъсирида ер юзининг бир неча регионларида биосферанинг бузилиши натижасида янги яшаш муҳити – техносфера яратилди.

Биосфера – Ер юзидаги ҳаётни тарқалиш майдони бўлиб, ўз ичига техноген таъсирга ёлиқмаган атмосферанинг қуйи қатламини, гидросферани ва ернинг юқори қатламини олади.

Техносфера – инсонларнинг ўзини моддий ва ижтимоий-иқтисодий еhtiёжларини қониқтириш мақсадида бевосита ёки билвосита техник воситалар ёрдамида ўзганган биосфера регионидир. *Ишлаб чиқариш муҳити* – инсон иш фаолиятини олиб борадиган бўшлиқдир.

Техносфера шароитида негатив таъсирлар техносфера элементлари ва инсонларнинг хатти-ҳаракати асосида бўлади. Хар бир оқимни ўзгаришига яраша «инсон-яшаш муҳити» тизимини қулай ҳолатдан ўта хавфли ҳолатгача ўзгартириш мумкин.

Хавф деб – тирик ва тирик бўлмаган материянинг шу материянинг ўзига, яъни одамларга, табиатга, моддий бойликларга зиён келтирувчи салбий хусусиятига айтилади. Хавф ҲФХнинг марказий тушунчаси ҳисобланади. Хавфларни табиий ва антропоген келиб чиқувчиларга ажратиш мумкин. Табиий хавфлар хароратни ўзгариши, табиий офатлар натижасида юзага келса, антропоген хавфлар инсон фаолияти натижасида ҳосил бўладиган чиқиндилар, механик, иссиқлик, электромагнит энергиясининг чиқиндиларини атмосферага, сув хавзаларига тушишидан ҳосил бўлади.

Меҳнат фаолиятини тавсифи ва уни ташкил етиш инсон организмнинг функционал фаолиятини ўзгаришига кучли таъсир кўрсатади. Меҳнат

фаолиятинин турли шакллари ақлий ва жисмоний меҳнатга бўлинади.

Жисмоний меҳнат биринчи навбатда таянч-ҳаракатланувчи, асабий-мускул, юракка кучайтирилган оғирлик бериш билан тавсифланади.

Ақлий меҳнат кўпгина ахборот қабул қилиш-узатиш ишларни диққатни, еслаб қолиш тизимини, иикрлаш тизимини активлашишини талаб қилади, натижада узок ақлий юклама инсоннинг асаб тизимига, юрак-томир тизимига салбий таъсир кўрсатади. Ушбу меҳнат турига *гипокинезия* яъни инсонни ҳаракатланиш активлиги пасайиши натижасида емоционал кучланишга қарши организмнинг реакциясининг ёмонлашуви кузатилади. Узок ақлий меҳнат билан шуғулланиш асаб тизимига салбий таъсир кўрсатади: диққат билан ишлаши (бир ишдан иккинчисига ўтиши, фикрни бир ерга жамлаш), хотираси (қисқа муддатни ва узок даврни еслаш), ахборотни қабул қилишида кўплаб хатоларга йўл қўяди.

Ҳозирги замонда тоза физикавий меҳнат айтарли роль ўйнамайди. Физиологик классификасияга кўра ишларни мускулларни сезиларли ҳаракати билан амалга ошадиган турига, меҳнатни механизасиялашган шаклига, автоматлашган ва ярим автоматлашган ишлаб чиқаришга, конвеерда ишлайдиган шаклига, узокдан туриб бошқарадиган ва интеллектуал меҳнат турларига бўлинади.

Оператор иши юқори даражадаги асабий- емоционал кучланишни ва жавобгарликни талаб қиладиган иш бўлиб, қисқа муддатда катта ҳажмдаги ахборотни қайта ишлашига тўғри келади.

Инсон энергиясининг сарфи мускулли ишларнинг интенсивлигига, ахборот билан тўйинганлигига, емоционал кучланишга боғлиқ бўлади. Кунлик энергия сарфи ақлий меҳнат қилувчиларники 10,5... 11,7 МДж; жисмоний меҳнат билан шуғулланувчиларники эса –12,5...15,5 МДж ни, ўртача оғирликдаги меҳнат билан шуғулланувчи хирурглар, станокда ишловчиларнинг энергия сарфи –12,5...15,5 МДж; оғир меҳнат билан банд одамлар - металлургллар, кон ишчилари, шахтерларнинг кунлик энергия

сарфи 16,3...18 МДж ни ташкил этади.

Меҳнатнинг жисмоний оғирлиги деб, одамдан меҳнат қилаётганда асосан мускулларининг зўриқишини ҳамда керекли энергияни талаб қилувчи юкламага айтилади. Улар статик ва динамик ишларга бўлинади.

Статик ишда меҳнат қуроли ва предметлари бир ерда қўзғалмас ҳолатда бўлиб, ишчи ҳам бир хил ишчи ҳолатда меҳнат қилади.

Динамик иш мускуллар қисқариши билан кечадиган жараён бўлиб, бунда инсон меҳнат қилиш жараёнида ўзи ҳаракатланиши ва маълум миқдордаги юкларни ташиши билан кечади, энергия сарфи мускулларни кучайган ҳолда ушлаб туришга ҳамда механик эффект учун сарфланади. Қўлда кўтарадиган юкнинг максимал оғирлиги аёллар учун 10кг дан, еркаклар учун 30 кг дан ошиқ ишлар оғир иш ҳисобланади.

Меҳнат зўриқиши деганда ахборотни қабул қилиш ва қайта ишлаш учун инсон миясининг зўр бериб ишлаши натижасида организмнинг емоционал юкламасига айтилади. Бундан ташқари, зўриқиш даражасини баҳолашда қуйидаги эргономик кўрсаткичлар назарда тутилади: ишнинг сменалиги, ишчининг иш ҳолати, ҳаракатланиш сони ва ҳ.к.

Меҳнатни гигиеник классификацияси бўйича 4 синфга бўлиш мумкин:

1. Оптимал иш шароитида меҳнат самарадорлигининг максимал, одам организмнинг минимал зўриқиши таъминланади.

2. Йўл қўйилган меҳнат шароитида атроф-муҳитнинг ва иш жараёнининг шундай даражаси билан тавсифланадики, у иш жойлари учун ўрнатилган гигиеник меёрларидан ошиб кетмаслиги таъминланади.

3. Зарарли иш шароитида инсон организмга қўнгилсиз таъсир етувчи зарарли факторлар гигиеник меёрлардан ошиб кетган ҳола тушунилади.

4. *Экстремал иш шароитида* иш сменаси ёки унинг бир қисмида ишчининг ҳаётига, кучли касбий жароҳатларга олиб келиши мумкин бўлган ишлаб чиқариш факторларининг даражаси билан тавсифланади.

Инсонни иш фаолиятини самарадорлиги кўп жihatдан иш қуролига,

организмнинг ишлаш қобилиятига, иш жойини ташкил этиш ва ишлаб чиқариш муҳитининг гигиеник факторларига боғлиқдир. Иш фаолиятининг самарадорлигини оширувчи энг муҳим факторлардан бири меҳнат фаолиятида кўникма ва моҳирликнинг такомиллашуви ҳисобланади.

Юқори даражадаги турғун иш самарадорлиги доимий меҳнат қилиш билан дам олишни узлуксизлиги таъминланиши натижасида юзага келади.

Ишлаш қобилияти деганда маълум муддатда ишнинг сони ва сифати билан тавсифланадиган инсон организмнинг функционал имкониятларининг катталигига айтилади. Меҳнат фаолиятида организмнинг ишлаш қобилияти вақт бўйича ўзгаради. Меҳнат қилиш жараёнида инсоннинг ҳолатини бир-бирини алмаштирувчи уч фазага ажратиш мумкин:

-ишлаш қобилиятини ошиш фазаси, бу вақтда ишлаш қобилияти бошланғич даврдан иш характери ва инсоннинг индивидуал хусусиятига қараб секин аста кўтарилиш даври бир неча минутдан 1.5-2 соатгача давом этади;

-юқори турғун ишлаш қобилияти фазаси, бу фазага юқори меҳнат кўрсаткичларига кам енергия сарфи билан еришиш ҳосдир, унинг давомийлиги ишнинг оғирлигига қараб 2-2.5 саот давом этади.

- ишчининг асосий ишчи органларининг чарчаш ҳисси билан кечадиган иш қобилиятининг пасайиш фазаси.

Иш жойини, иш қуролларини тўғри лойихалаш, еркин меҳнат шароитини яратиш иш самарадорлигини оширади, чарчашни камайтиради ва касбий касалликлар келиб чиқиш хавфини олдини олади.

Умумий бахтсиз ходисалар ичида, электр токидан жароҳатланиш тахминан 5% ни ташкил қилади. Лекин, электр жароҳатланиш ичида оғир турли, айниқса ўлим билан тугайдиган ходисалар 70-75% ни ташкил қилади. Электр ходисаларни асосий сони, кучланиши 1000В гача бўлган электр ускуналарга туғри келади. Бунинг сабаби кучланиши 1000В гача бўлган электр ускуналар кенг тарқалган бўлиб, уларни ишлатадиган ходимларни

электр техникавий тайёрланиши паст даражада. Кучланиш 1000 В дан ортик бўлган электр жароҳатларни сони анча кам, ва уларга хизмат қиладиган ходимлар махсус ўргатилган ва тайёрланган, шу сабабли бахтсиз ходисалар ҳам деярли кам содир бўлади.

Электр ток таъсири натижасида инсон танасини шикастланиши электр жароҳат деб аталади. Электр токнинг хатарлиги шуки, инсон ўз сезгувчи органлари билан, кучланишни бор-юқлигини аникламайди. Одам электр кучланиш остида қолгандан кейин химояловчи реакцияси кечикиб ишга тушади.

Инсонни электр токидан жароҳатланиши сабаблари қуйидагича: изолясия қилинмаган ток ўтказувчи қисмларга тасодифан тегиб кетиши; изолясияси лат еган сабаби метал қисмларга токни ўтиб кетиши; кучланиш остида қолган металмас буюмлардан, қадамли кучланишдан ва электр ёйи орқали.

Инсон танасидан ўтаётган ток термик, электролитик, биологик таъсирини ва механик жароҳатланиш олиши мумкин. Термик таъсирини тери туқимасининг хужайрасини қизишидан қуйдиришигача олиб келиши мумкин. Биологик таъсири-танани биоэнергетик жараёнини бузилиши, яъни тирик хужайраларни тўлқинланиши ва мушакларни кескин қисқаришига олиб келадиган ҳолат. Электролитик таъсирида эса организмнинг суюқликлари парчаланиши натижасида қоннинг ва хужайраларнинг кимёвий ва химик хусусиятлари ўзгариши кузатилади.

Электр ток билан шикастланишни икки турини кўрсатиш мумкин: электр жароҳат ва электр зарб.

Электр жароҳатланиши-инсонни танасини айрим жойларини шикастланиши, электр қуйиши, электр белгилари ва терини метاللанишини кўринишларига эга.

Инсон танасидан ток ўтиши натижасида танани қизиши-электр қуйиш деб аталади. Танани ички ва ташқи қисми қуйиши мумкин. Жароҳат

олиш шароитларига кўра контакт, ёйи ва аралаш куйишларга ажратилади.

Иш жараёнини ташкил етишда ишловчининг антропометрик ва психофизиологик хусусиятини еътиборга олиш керак, тик туриб ишлаш чоғида ишчи ускуналарни жойлаштиришда аёллар билан еркакларнинг бўйи ўртача 11,1 см га, ёнга чўзилган қўлларн 6,2 см га, тўғрига чўзилган қўллар фарқи 5,7 см га, ўтириб ишлаш чоғида эса аёлларнинг танаси еркакларникидан 9,8 см га паст еканлигини назарда тутиш керак.

Иш юзасининг баландлигини бажарилаётган ишнинг оғирлигига, характерига ва аниқлигига қараб 12.2.032–78 ва 21998–76 ДАВСТ да берилади.

Операторнинг ишлаш қобилиятига машина ва механизм пультаарини тўғри танлаш ва жойлаштириш салмоқли таъсир кўрсатади. Пультаарни ўрнатишда шуни яхши билиш керакки, бошини бурмай кўриш зонаси 120° ни, бошини буриб кўриши – 225° , тепага 30° ва пастга эса 40° ни ташкил етади.

Иш ва дам олишни навбатма-навбат амалга ошириш ишлаш қобилиятини юқори турғунлигини таъминлайди. Бундан ташқари иш давомидаги зарурий микропаузалаар бутун иш вақтининг 9...10 % ни ташкил етиши керак.

Инсоннинг фаолият кўрсатиши учун зарур шартлардан бири хонада ўзининг нормал тана ҳарорати $36,5^{\circ}\text{C}$ ни таъминловчи метеорологик шароитни яратишдан иборатдир. Бундай таъминланиш жисмоний иш қилганда танадаги иссиқлик балансини ва енергия таъминоти даражасини қай даражада бузилишига боғлиқ. Ўртача оғирликдаги ва оғир жисмоний ишни бажарганда тана ҳарорати ўзгариб туради. Инсон ички органлари $+43^{\circ}\text{C}$ дан минимал $+25^{\circ}\text{C}$ бўлган ҳароратни кўтара олади.

Иссиқликни сақлашда инсон териси муҳим роль ўйнайди. Нормал шароитда кийим остидаги тери ҳарорати $30...34^{\circ}\text{C}$ ни ташкил етади.

Микроиқлим технологик жараённинг физикавий иссиқлик ажратишига ҳамда иқлимга, йил фаслига, иситиш шароитига ва шамоллатишга

боғлиқдир.

Инсон ўзини яхши сезиши ундан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори $Q_{ин}$ бутунлай атроф-муҳитдаги иссиқлик $Q_{ат}$ орқали қабул қилинса, яъни $Q_{ин} = Q_{ат}$. Агар $Q_{ин} < Q_{ат}$ бўлса, организмнинг совиб кетиши кузатилади.

Одамни атроф-муҳит билан иссиқлик алмашинуви танани ҳаво билан ювиши, яъни конвексия $Q_{к}$, иссиқлик ўтказувчанлиги $Q_{ў}$, атрофдаги юзаларнинг нурланиши $Q_{ю}$, тер ажратувчи безлардан чиққан намлик $Q_{т}$ ва нафас олгандаги иссиқлик $Q_{н}$ дан иборатдир:

$$Q_{ин} = Q_{к} + Q_{ў} + Q_{ю} + Q_{т} + Q_{н}.$$

Бундан ташқари инсонни соғлиғига сезиларли таъсирни атмосфера босими ва ҳаво намлигининг функцияси ҳисобланган ҳавонинг нисбий намлиги ϕ кўрсатади.

Ўпка орқали танани шамоллатишнинг ўртача қиймати тинч ҳолатда тахминан 0,4...0,5 л/с бўлса, оҳир юкламалардан зўриққандагиси 4 л/с ни ташкил этиши мумкин.

Атрофдаги предметларнинг ҳарорати ва организмга физик юклама маълум ишлаб чиқариш муҳитини тавсифлайдиган параметрлар бўлиб, қолган параметрлар ҳисобланмиш одамни ўраб турган ҳаво ҳарорати, ҳаракати ва атмосфера босими *микроиқлим параметрлари* деб номланади.

Микроиқлим параметрлари инсонни саломатлигига ва ишлаш қобилиятига бевосита таъсир кўрсатади. Ҳаво ҳарорати 30 °C дан ошганда одамнинг ишлаш қобилияти пасая бошлайди. Кескин ҳавонинг ўзгариши натижасида инсон саломатлиги ёмонлашади, махсус мосламаларсиз инсон бир неча дақиқа 116 °C гача ҳаводан нафас ола олади. Шу билан бирга ҳаво ҳаракатининг тезлашиши ҳам конвектив иссиқлик ажралишини тезлаштириб, саломатлигига салбий таъсир ўтказди.

Саноат корхоналарининг иссиқ цехларида кўпгина технологик жараёнлар юқори ҳароратда амалга оширилади. 500°C гача қизиган юза

740...0,76 мкм тўлқин узунлигида инфрақизил иссиқлик нурларни сочади. Ундан юқори ҳароратларда эса ультрабинафша нурлар ҳам юзага келади.

Инфрақизил нурлар организмга асосан иссиқлик таъсирини ўтказди, натижада танада биокимёвий силжишлар пайдо бўлиб. Қон айланиши пасаяди, натижада юрак-томир ва асаб тизимларининг фаолияти бузулади

Атмосфера босими инсоннинг нафас олиш ва ўзини яхши хис қилишига катта таъсир кўрсатади. Босимнинг ўзгариши натижасида инсоннинг фаолиятини сустлаштириши ўпка ҳажмининг қисқаришига, нафас мускулатурасини олиш-чиқариш кучининг ошишига, бу ўз навбатида нафас олиш частотасининг ошишига сабаб бўлади.

Атроф-муҳит билан инсонларнинг ўзаро иссиқлик алмашинуви микроқлим параметрларига боғлиқ бўлиб, ҳарорат табиий шароитда -88 дан +60 °С гача, ҳаво ҳаракати 0 дан 100 м/с гача, атмосфера босими 680 дан 810 мм с.у. ўзгаради.

Термобошқарув деб, инсон танасининг ҳароратини ўзгармас миқдорда ушлаб туришни бошқариш жараёнига айтилади. Бу жараён асосан уч хил йўл билан амалга ошади: биокимёвий, яъни инсон танасидаги оксидланиш жараёнининг интенсивлигини ўзгариши натижасида, қон айланиш ва тер чиқиш интенсивлигини ўзгариши натижасида рўй беради. $t_{oc}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\phi = 60\%$, $w = 0$ да инсон ўз танасидаги намликни 18 % тер орқали йўқотса, +27 °С бу кўрсаткич 30 % ни ташкил етади. Микроқлим параметрлари организмдаги модда алмашинувида салбий таъсир қилмаса ва термобошқарув тизимида кучайганлик сезилмаса, бундай шароит комфорт ёки оптимал шароит дейилади.

Ишлаб чиқариш микроқлим меёрлари меҳнат хавфсизлиги стандартлари бўлган ДСТ 12.1.005–88 «Ишчи зона ҳавосидаги умумий санитар-гигиеник меёрлар»да қайд қилинган бўлиб, микроқлим кўрсаткичларининг ҳар қайсиси йил фаслига, совуқ +10 °Сдан паст ва илиқ +10°С юқори бўлган, кийиниш характерида, ишлаб чиқариш интенсивлигига,

яъни организмнинг энергия сарфига қараб, енгил (1 категория) 174 Вт энергия сарфланадиган ишлар, ўртача оғирликдаги ишлар (2 - категория) 175...232 Вт, 10 кггача юк ташувчи ишлар, оғир (3- категория) 290 Вт дан ортиқ энергия сарфи бўлган ишлар иссиқлик ажралишига кўра меёрланади.

Иссиқлик ажралиш интенсивлигига кўра саноат корхоналарининг хоналари аниқ ажралувчи иссиқлик бўйича гурухланади. Агар ажралиб чиқаётган иссиқлик хонанинг ички ҳажмида 1 м³ майдонга 23 Вт бўлса, нормал ҳолат ҳисобланади. Технологик ускуналарнинг юзаларини исиши натижасида ишловчиларнинг иссиқлик нурланиш миқдорининг интенсивлиги 35 Вт/м² дан ошмаслиги керак.

Очиқ иссиқлик манбаида (металлнинг қизиши, шиша еритишда, алангада) интенсивлиги 140 Вт/м² дан ошмаслиги керак.

12.1.005–88 ДАВСТ кўра ишлаб чиқариш хоналарининг иш зонасида оптимал ва йўл қўйилган микроиклим шароитлари ўрнатилиши керак.

Оптимал микроиклим шароити – микроиклим параметрларининг шундай қийматларики, уларнинг бутун иш мобайнида иш зонасидаги таъсири ишчига комфорт иссиқлик бериши натижасида ишлаш қобилиятини юқори даражада бўлишини таъминлайди.

Йўл қўйилган микроиклим шароитида – микроиклим параметрлари танада термобошқарув тизимига таъсир кўрсатиши натижасида ишлаш қобилиятини пасайиши билан бирга, инсон саломатлигига зарар келтирмайдиган шароитдир.

Микроиклим параметрларини бир текисда ушлаб туришда коллектив муҳофаза воситалари бўлган: иссиқлик ажралмаларини бир ерга жамлаш, хоналарни умумий вентилляциялаш ва кондиционерлаш муҳим роль ўйнайди.

*Ишлаб чиқариш хоналарида ҳаво алмаштиришнинг мақсади,
вазифаси ва турлари*

Ҳаво алмаштириш қурилмалари ишлаб чиқариш биноларида юзага келадиган ортиқча иссиқлик, намлик, чанг, газлар ва буғларни ҳайдаб

чиқариш ҳамда хона микроиклим ҳолатини санитар-гигиеник талаблар асосида меъёрлаштириш учун хизмат қилади. Ишлаб чиқариш хоналарида ҳаво алмашилиши табиий ва сунъий усулларда олиб борилади ва бу мақсадларда шамоллатиш қурилмаларидан фойдаланилади.

Шамоллатиш қурилмалари ҳаво алмашилиш усулига кўра умумий алмашинувчи ва маҳаллий турларга бўлинади.

Умумий ҳаво алмашилиш системасида хона ичидаги ифлос ҳаво хонанинг бутун ҳажми бўйича бир вақтда тоза ҳаво билан алмаштирилади. Маҳаллий ҳаво алмашилиш системаларида эса ифлос ҳаво бевосита ушбу ифлос ҳаво (чанг, газ, буғ ва б.) ҳосил бўладиган жойдан, яъни иш жойидан ҳайдаб чиқарилади.

Шамоллатиш қурилмалари ишлаш усулига кўра сўрувчи, ҳайдовчи ва сўрувчи- ҳайдовчи турларга бўлинади.

Сўрувчи шамоллатиш қурилмалари ифлос ҳавони фаол ҳайдаб чиқариш талаб этиладиган ишлаб чиқариш хоналарида ўрнатилади. Ҳайдовчи шамоллатиш қурилмалари эса сўрувчи қурилмалар мумкин бўлмаган хоналарда қўлланилади.

Сўрувчи-ҳайдовчи шамоллатиш қурилмалари эса интенсив ҳаво алмашилиш талаб этиладиган хоналарда ишлатилади.

Сунъий, яъни механик шамоллатиш системаларида ҳаво алмашилиши шамоллаткичлар ёрдамида амалга оширилади. Сунъий ҳаво алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари шундаки, улар ёрдамида хонанинг исталган жойидан ифлос ҳавони ҳайдаб чиқариш ёки хонага тоза ҳаво юбориш ҳамда бу қурилмаларга ҳавони иситиш, намлаш ва тозалаш мосламаларини ўрнатиш мумкин.

Бундай шамоллатиш қурилмалари шамоллаткичдан, ҳавони юбориш ёки ҳайдаб чиқариш қурилмасидан, ҳаво каналларидан ва филтрдан ташкил топган бўлади. Шамоллаткичлар сифатида марказдан қочма ва ўқли

шамоллаткичлардан фойдаланилади. Марказдан қочма шамоллаткичлар ҳосил қиладиган босимларига кўра қуйидаги 3 турга бўлинади:

- паст босимли -1000 Н/м² гача;
- ўрта босимли - 1000.. ..3000 Н/м² ;
- юқори босимли - 3000.... 15 000 Н/м².

Шамоллаткичларнинг маркасида кўрсатилган рақам шамоллаткич иш ғилдирагининг дм.да ифодаланган диаметрини билдиради. Масалан, Н5 вентилиаторидаги 5 сони шамоллаткич иш ғилдирагининг диаметри $D_{нг} = 5дм = 500$ мм эканлигини кўрсатади.

Ўқли шамоллаткичлар паст босимли ҳаво алмашилиш талаб этиладиган ишлаб чиқариш хоналарида ўрнатилади. Улар 250-300 Н/м² атрофида босим ҳосил қилади.

Сунъий шамоллатиш системаларининг ҳаво қувурлари пўлатдан тайёрланади. Агрессив кимёвий моддалар билан ифлосланган ҳаволи муҳит учун эса қувур материали сифатида зангламайдиган пўлат, винипласт ёки керамика танланади.

Ҳаво қувурларига хонага киритиладиган ҳаво миқдорини ростлаш, ҳавони тозалаш, иситиш, совутиш ва намлаш мосламалари ўрнатилади. Ҳавони иситишда калориферлардан фойдаланилади. Улар тузилиши ва ишлаш принципи жиҳатидан автомобилларнинг радиаторига ўхшаш бўлади.

Ҳавони совутиш мосламалари эса 2 хил: сирт бўйича совутиш ва контактли совутиш қурилмаларига бўлинади. Сирт бўйича совутиш қурилмалари калорифер шаклида бўлиб, совутувчи сифатида совуқ сув, аммиак ёки фреондан фойдаланилади. Контактли совутиш қурилмаларида ҳаво сув камерасида юзага келувчи ёмғирли муҳит орқали ўтиб совийди.

Ҳавони тозалашда эса турли хил материал филтрлардан, ёғ филтрларидан, электрик ва ультратовушли филтрлардан фойдаланилади.

Ишлаб чиқариш хоналарида ҳаво алмашилиш учун талаб этиладиган шамоллаткичлар иш унумдорлигини ҳисоблаш

а) Умумий ҳаво алмаштиришни ҳисоблаш

Ишлаб чиқариш хоналарида умумий механик ҳаво алмаштириш ҳаво алмашиш қарралиги асосида ҳисобланади. Шамоллаткич ёрдамида 1 соатда хонадан ҳайдаб чиқариладиган ёки хонага сўриладиган ҳаво ҳажмининг хона ҳажмига нисбати ҳаво алмашилиш қарралиги деб аталади ва қуйидаги формула асосида аниқланади:

$$k=L/V,$$

бу ерда L - шамоллаткичнинг иш унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{с}$; V - хона ҳажми, м^3 .

Юқоридаги формулага асосланган ҳолда ишлаб чиқариш хонасида умумий ҳаво алмаштириш учун талаб этиладиган шамоллаткич иш унумдорлиги қуйидагича аниқланади:

$$L=kV, \text{м}^3/\text{с}.$$

Ишлаб чиқариш хонасининг юзаси 40 м^2 , баландлиги $4,0 \text{ м}$, ҳаво алмашилиш қаррарлиги $k=3,0$ бўлса, талаб этиладиган шамоллаткич иш унумдорлигини аниқланг?

$$L= kV = k \cdot S \cdot H = 3 \cdot 4 \cdot 40 = 480 \text{ м}^3/\text{с}.$$

IV БОБ. ТЕХНИК-ИҚТИСОДИЙ ҲИСОБ

Ўзбекистон Республикаси давлат мустақиллигига эришгач, мамлакат ҳаётида ишлаб чиқариш кучларини янада ривожлантириш, фан-техника тараққиётини (ФТТ) жадаллаштириш, аҳолининг турмуш тарзини яхшилашга қаратилган улкан ижтимоий-иқтисодий ўзгаришлар рўй берди ва рўй бермоқда.

Корхоналар эндиликда Ўзбекистон Республикаси «Корхоналар тўғрисида»ги қонун ва бозор талабларига асосан фаолият юритмоқда.

Корхоналарнинг барқарорлиги иқтисодий фаолиятнинг ҳолатига, яъни ишлаб чиқаришни режалаштириш, ташкил этиш, меҳнатга ҳақ тўлаш, бозор талабларига ўз вақтида жавоб бериш, техник ва инвестицион қарорларни қабул қилиш ва ҳоказоларга боғлиқ бўлади.

Мустақиллик ҳамда барча хўжалик тизимларининг бозор муносабатларига ўтиши иқтисодиётнинг асосий бўғини ҳисобланувчи корхона мақомининг сезиларли равишда ўзгаришига сабаб бўлди. Улар ўзларига керак бўлган ишчи ва ходимлар сонини, ишлаб чиқариш техникаси ва технологияси, айланма маблағлар, асосий фондлардан самарали фойдаланиш масалалари билан шуғулланмоқдалар.

Малакавий битирув ишининг мақсади – Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш системаларини синтезлашдир. БМИ **«Шуртангаз Газ Кимё» ОАЖ (Ўзгор ш.)** мисолида кўрилган бўлиб, уни автоматик бошқариш жараёнини такомиллаштириш ва самарадорлигини ошириш бугунги кунда долзарб масалалардан бири бўлиб келмоқда.

Лойиҳани яратилишга сарфланадиган харажатлар ҳисоби

I. Лойиҳани техник-иқтисодий асослаш

II. Инвестиция ҳажмини аниқлаш

- Бино, иншоотлар, дастгоҳларнинг ижара қиймати инвестиция ҳажми
- Материал ишлаб чиқариш заҳираси қиймати инвестиция ҳажми
- Тез емириладиган ва арзон буюмларнинг ижара қиймати инвестиция ҳажми
- Назорат – ўлчов асбобларининг ижара қиймати инвестиция ҳажми
- Лойиҳани ишлаб чиқаришга сарфланган инвестиция ҳажми қиймати

III. Йиллик даромад, иқтисодий самарадорликни аниқланг

IV. Харажатларни қоплаш муддатини аниқланг

I. Лойиҳани техник-иқтисодий асослаш

- Лойиҳанинг мақсади, вазифалари, аҳамияти, ҳозирги талабларга жавоб бера олиши
- Лойиҳанинг иқтисодий самарадорлиги, қўлланиш сфералари.

II. Инвестиция ҳажмини аниқлаш

Битирув иши бўйича сарфланадиган харажатларни қуйида келтирилган жадвалларда келтирамиз:

4.1-жадвал

Материал, ишлаб чиқариш заҳираларини сотиб олиш инвестиция ҳажми жадвали (сўм ҳисобида)

№	Материал номи	Ўлчов бирлиги	Бирлик баҳоси	Нархи
1	Диэтаноламин	тонна	2746117	2746117
Жами:				2746117

4.2-жадвал

Арзон баҳоли инвентарлар ва ўлчов назорат асбобларини
сотиб олиш инвестиция ҳажми

№	Номи	Бирлик баҳоси	Нархи
1	Сепаратор	30.000.000	30.000.000
2	Босим датчиги	350.000	350.000
3	Сатҳ датчиги	300.000	300.000
4	Температура датчиги	130.000	130.000
5	Сарф датчиги	250.000	250.000
Жами:			31.130.000

4.3-жадвал

Асосий фондлар қиймати

№	Номи	Нархи
1	Иншоот	500.000
2	Қурилмалар	31.130.000
Жами:		31.680.000

Амортизация ажратмаси Асосий фонднинг 20% ни ташкил қилади

$$A = A\Phi * 20\% / 12 = 31.680.000 * 0,2 / 12 = 528000 \text{ сўм.}$$

Жорий таъмирлаш ва техник хизмат кўрсатиш учун харажатлар АФ қийматининг 12% ни ташкил қилади

$$P_T = A\Phi * 12\% / 12 = 316800 \text{ сўм}$$

Лойиҳани ишлаб чиқувчи ишчиларнинг иш ҳақини ҳисоблаш

№	Бажариладиган вазифалар номи	Лавозими	Кунлар сони	Бир кунлик иш ҳақи	Бажарилган ишнинг қиймати
1	2	3	4	5	6
1	Лойиҳа мавзусини шакллантириш ва уни тасдиқлаш	СНС	1	9000	9000
2	ИТА танлаш ва танишиш	МНС	2	6000	12000
3	Тадқиқот объектининг таҳлили	МНС	1	6000	6000
4	Информацион таълим билан танишиш	МНС	1	6000	6000
5	Ишнинг долзарблигини асослаш	МНС	1	6000	6000
6	Лойиҳанинг технологик жараёнларини ўрганиш	МНС	1	6000	6000
7	Бутловчи элементлар базасини танлаш	МНС	1	6000	6000
8	Материаллар ва бутловчи қисмларга буюртма	МНС	1	6000	6000
9	Материаллар ва бутловчи қисмларни олиш ва текш.	МНС СНС	1	6000 9000	6000 9000
10	Йиғиш усуллари ишлаб чиқиш	МНС	1	6000	6000
11	Тажриба ўтказиш	МНС	1	6000	6000
12	Тажриба ишларини таҳлил қилиш	МНС СНС	2 1	6000 9000	12000 9000
13	Мустаҳкамлигини текшириш	МНС СНС	1 1	6000 9000	6000 9000

1	2	3	4	5	6
14	Иқтисодий қисм	МНС СНС	1	6000 9000	6000 9000
15	Меҳнатни муҳофаза қилиш	МНС СНС	1	6000 9000	6000 9000
16	Тақриз бериш	СНС	1	9000	9000
17	Ишни шакллантириш ва ҳимоя	МНС	1	6000	6000
	Жами		24		165.000

Асосий иш ҳақи иштирокчиларнинг жами иш ҳақи ва 40% мукофот пули йиғиндиси сифатида аниқланади:

$$X_{ac} = (165000) * (1 + 0,4) = 231000 \text{ сўм.}$$

Иш ҳақи фонди – асосий ва қўшимча иш ҳақидан иборат. Қўшимча иш ҳақи асосий иш ҳақининг 10 фоизини ташкил қилади:

$$\text{ИХФ} = X_{ac} + 0,1 * X_{ac} = 1,1 * 231000 = 254100 \text{ сўм.}$$

Ижтимоий суғурта фондига иш ҳақи фондининг 25% ажратилади.

$$\text{ИСФ} = 0,25 * \text{ИХФ} = 0,25 * 254100 = 63525 \text{ сўм.}$$

Транспорт харажатлари асосий иш ҳақидан 20%

$$P_{\text{тр}} = 0,2 * 231000 = 46200 \text{ сўм}$$

Ишлаб чиқариш эҳтиёжлари учун иссиқлик харажатлари

Узунлиги – 30 м

Эни – 20 м

$$V = \text{узунлиги} * \text{эни} = 600 \text{ м}^2 * 787.95 = 261762 \text{ сўм}$$

Электр энергия харажатлари қуйидаги формуладан аниқланади:

$$X_{\text{э}} = W * T * S,$$

бу ерда W – истеъмол қуввати; T – қурилманинг иш вақти давомийлиги (соат); S – электр энергиянинг киловатт-соат миқдори.

$$W = 5 \text{ кВт}, T = 8000 \text{ соат};$$

Бир киловатт-соат электр энергия нархи 131.40 сўм.

$$X_{99} = 5 \cdot 8000 \cdot 131.40 = 5256000 \text{ сўм.}$$

Инвестиция ҳажми қуйидаги формуладан аниқланади:

$$K = \text{МПЗ} + \text{ИХФ} + A + X_6;$$

$$K = 2.746.117 + 254100 + 528000 + 675163 = 4203380 \text{ сўм}$$

4.5-жадвал

Ўрганилган ишнинг харажат сметаси

№	Харажатлар номи	Сўмма, Сўм
1	Бажарилган ишнинг қиймати	5375524,7
2	Ишлаб чиқариш харажатлари	4135018,99
3	Ишлаб чиқариш таннари	4109608,99
4	Давр харажатлари	25410
5	Материал харажатлари	2953755
6	Хом – ашё	2746117
7	Электр энергия харажати	3344000
8	Иш ҳақи фонди	254100
9	Ижтимоий суғурта	63525
10	Амортизация	596333,33
11	Бошқа харажатлар	195695,66
12	Асосий иш ҳақи	231000

Иқтисодий самарадорлик қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\mathcal{E} = (C1 - C2) \cdot Q$$

Бунда, $C1$ - аввалги таннари, $C2$ -кейинги таннарх;

Q – маҳсулот ҳажми. $C1 = 1,3C2$;

$$\mathcal{E} = (5375524,7 - 4135018,99) \cdot 1 = 1240505,71 \text{ сўм}$$

Рентабеллик:

$$P = \frac{\mathcal{E}}{K} \cdot 100\% = \frac{1240505,71}{4271713,33} \cdot 100\% = 29\%.$$

Қопланиш муддати:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}} = \frac{4271713,33}{1240505,71} = 3,4 \text{ ой.}$$

4.6-жадвал

Лойиҳанинг иқтисодий кўрсаткичлари

№	Кўрсаткичлар	Ўл. бирлиги	Қиймати	Изоҳ
1	Бажарилган ишнинг қиймати	сўм	5375524,7	Жадвал
2	Ишлаб чиқариш харажатлари	сўм	4135018,99	Жадвал
3	Инвестеция миқдори	сўм	4271713,33	Формула
4	Иқтисодий самарадорлик	сўм	1240505,71	Формула
5	Инвест. қоплаш муддати	ой	3,4	Формула
6	Рентабеллик	%	29	Формула

ХУЛОСА

1. Абсорбция жараёнлари хусусиятларининг тахлили ва абсорберларнинг асосий конструкциялари таҳлил қилиб чиқилган.
2. Абсорбция ускуналарнинг технологик схемаси ва абсорбентларнинг сифатига бўлган асосий талаблари шакллантирилган.
3. Абсорбция жараёнининг механизми таҳлил қилинган.
4. Абсорбция қурилмасини автоматлаштиришнинг типик схемалари келтирилган.
5. Абсорбциялаш технологик жараёнининг кўпконтурли ростлаш схемасининг синтези келтирилган.
6. Каскадли автоматик ростлаш системасида ростлагич параметрлари ҳисобланган.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. – М.: Химия, 1981 – 812 с.
2. Скобло А.И., Трегубова И.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1982 – 584 с.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1993 – 752 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. Изд. 2-ое. В 2-ух кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. – М.: Химия, 1999. – 368 с.
5. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. / А.Н. Плановский. - М.: Химия, 1987. - 496с.
6. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для техникумов / И.Л. Иоффе. - Л.: Химия, 1991. - 351 с.
7. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1991. - 496с.
8. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. Учеб. пособие для студентов вузов/ В.Н. Соколов - Л.: Машиностроение, 1982. - 384с.
9. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник.3-е изд., перераб. и доп. / В.А. Рабинович. - Л.: Химия, 1991. -432с.
10. Калашников В.В. Организация моделирования сложных систем. –М.: Знание, 1982. – 64 с.

11. Егупов Н.Д., Пупков К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в 5 томах. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2004.
12. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. -М.: Юнимедиастайл. 2002, 822с.
13. Малин А.С., Мухин В.И. Исследование систем управления. Изд-во: ГУ ВШЭ, 2005. - 400с.
14. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: Учебное пособие / МАДИ (ТУ) – М.: 2001. – 262 с.
15. Абакумов И.С., Безаева Л.Г., Домрачев С.А., Завьялов В.Е., Малов К.В., Павлов А.Н., Перчук Е.Е., Сафронова Т.Е. Информационные технологии управления. Изд-во: РАГС, 2006. - 206 с.
16. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация Спец.справочник. Изд-во: Питер, 2002. –448с.
17. www.ozon.ru
18. www.literatura.ru
19. www.bookfi.org
20. www.twirpx.com
21. www.ait.ru
22. www.lib.ru