



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Инженериядағы
менеджмент және
кәсіпкерлік кафедрасы

ЖЫЛУТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН ҚОНДЫРҒЫЛАР

«Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07115 «Жылуэнергетика»
білім беру бағдарламсы бойынша даярланатын студенттер үшін
дәрістер жинағы

Алматы 2021

ҚҰРАСТЫРУШЫ: Абильдинова С.К. Жылутехнологиялық процестер мен қондырғылар. «Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6B07115 «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін дәрістер жинағы.- Алматы: АЭЭБУ, 2021. – 81 б.

Дәрістер жинағы «Жылутехнологиялық процестер мен қондырғылар» пәнінің жұмыстық бағдарламасында көрсетілген тақырыптарға берілген теориялық түсініктемелерді, ұғымдарды қамтиды. Өндірістік кәсіпорынның жылутехнологиялық процестерін, аппараттары мен негізгі қондырғыларын, процестерге қатысатын жылутасымалдағыштарын және олардың сипаттамаларын; жылутехнологиялық қондырғыларды есептеу әдістемелерін қарастырады.

Осы әдістемелік нұсқаулық «Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6B07115 «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін құрастырылған.

Безендіру.-35, кесте.- 4, библиогр.- 11 атау.

Пікір беруші: х.ғ.к., имк.,доценті

А.А Туманова

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2021 ж басылым жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2021 ж.

1-Дәріс №1. Айдау және ректификация

Дәрістік сабақтың жоспары: Кіріспе. Өнеркәсіптік жылу технологиялық процестер мен қондырғылардың міндеттері. Жылу технологиялық қондырғылардың жылу алмасу аппараттары Жылу технологиялық қондырғыларға арналған жылу тасымалдағыштар.

Дәрістің мақсаты: жылу технологиялық қондырғылардың қазіргі жағдайы және дамуы туралы түсініктер алу және осы қондырғыларда пайдаланылатын жылу тасымалдағыштар туралы білімдерді қалыптастыру.

1.1 Пәнге кіріспе

Соңғы уақытта энергияны тұтынудың жоғары қарқыны әртүрлі энергия түрлерін өндіруге, беруге және түрлендіруге арналған жоғары тиімді құрылғыларды құру қажеттілігін тудырды. Бұл құрылғылардың едәуір бөлігі өнеркәсіптік жылу және масса алмасу қондырғылары болып табылады.

Жылу технологиялық қондырғылардың дамуына отандық ғалымдар үлкен үлес қосты және жалғастыруда. Өнеркәсіптік қондырғылардың негізін 19 ғасырда Д.И. Менделеев, В.В. Морковников, Н. В. Булыгиннің еңбектері қалаған.

20 ғасырда бұл дәстүрлер кеңестік және ресейлік ғалымдардың жетістіктерімен жалғасты: и. А. Тищенко, а. в. Лыкова, С. С. Кутателадзе, а. н. Плановский, В. В. Кафаров, и. И. Гельперин және басқалар.

Дәрістер жинағы төмен температуралы техникада қолданылатын жылу және масса алмасу құрылғыларының негізгі категорияларын ұсынады: айдаушы қондырғылар, тоңазытқыш, кептіру, буландыру қондырғылары. Олардың негізгі конструкциялары, есептеу әдістері қарастырылады, құрылғылардың жұмысының негізін қалайтын процестер сипатталады.

Дәріс жинағының материалы «Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07115 «Жылу энергетика» білім беру бағдарламасы бойынша бакалаврларды дайындау талабына сәйкес келеді.

Пәнді оқыту мақсаты: жылу технологиялық қондырғылар мен жүйелерді жобалауға, зерттеуге және пайдалануға лайықты болашақ жылу энергетик мамандарды дайындауға үлес қосу.

Пәнді оқытудың міндеттері: жылу технологиялық қондырғылардың құрылысы, оларда өтетін процестер және оның сипаттамалары туралы білімдерді қалыптастыру; жылу-масса алмасу процестерінің жобалық есептерін орындауға үйрету; жылу технологияның технологиялық, техникалық және энергетикалық аспектілерінің өзара байланысы туралы түсініктер беру. Кептіруші, буландырушы, сорбциялық, ректификациялық, криогендік қондырғылардың

жылулық, жылу технологиялық және құрылымдық сұлбаларымен таныстырып, энергияны үнемдеуші технологиялардың негіздерін анықтау.

Студент жылу-масса алмасу аппараттары мен қондырғыларының сызбалары мен сұлбаларын құру және оқу үшін стандарттарды пайдалана білуі тиіс; жылу-масса алмасу процестері мен қондырғыларын есептеу үшін есептеу техникасы құралдары мен сандық әдістерді қолдана білуі тиіс; жылу - масса алмасу процестерін, аппараттары мен қондырғыларын модельдеуге, есептеуге, автоматтандырылған жобалауға және жылу және масса алмасу аппараттарының үлгі мөлшерлерін негізделген таңдауға арналған қолданбалы бағдарламалар пакеттерін қолдана отырып,; негізгі және қосалқы жабдықтарды таңдау үшін анықтамалық және нормативтік әдебиеттермен жұмыс істеу; жылу ылғалдығы мен төмен температуралы процестерді есептеу және талдау үшін әртүрлі диаграммаларды пайдалану.

Төмен температуралы және жылу ылғал қондырғылары көптеген технологиялық процестерде әр кәсіпорында қолданылады. Төмен температуралы және термо ылғалдық қондырғыларға кептіру, буландыру, сорбциялық, ректификациялық және тоңазытқыш қондырғылар жатады.

Төмен температура мен жылу ылғал процестерін алу үшін әртүрлі жылу алмастырғыштар қолданылады.

Жылу алмастырғыштар - бұл жылуды бір денеден екінші денеге беруге арналған құрылғылар. Бұл жылу алмасу аппараттарында әртүрлі жылу процестері жүреді: температураның өзгеруі, булану, қайнау, конденсация, балқу, қатаю, сонымен қатар күрделі аралас процестер.

1.2 Жылу технологиялық қондырғылардың жылу алмасу аппараттары

Жылу технологиялық қондырғыларды және оларда өтетін процестерді осыдан әрі қарай төмен температуралы қондырғылар және термоылғалды процестер деп атауға болады.

Төмен температуралы мен термо ылғалды процестерді алу үшін әртүрлі жылу алмастырғыштар қолданылады.

Жылу алмастырғыштар - бұл жылуды бір денеден екінші денеге беруге арналған құрылғылар. Мұндай жылу алмасу аппараттарында әртүрлі жылу процестері жүреді: температураның өзгеруі, булану, қайнау, конденсация, балқу, қатаю, сонымен қатар күрделі аралас процестер.

Жылу алмастырғыш - әртүрлі температураларға ие екі орта арасында жылу алмасу жүзеге асырылатын техникалық құрылғы.

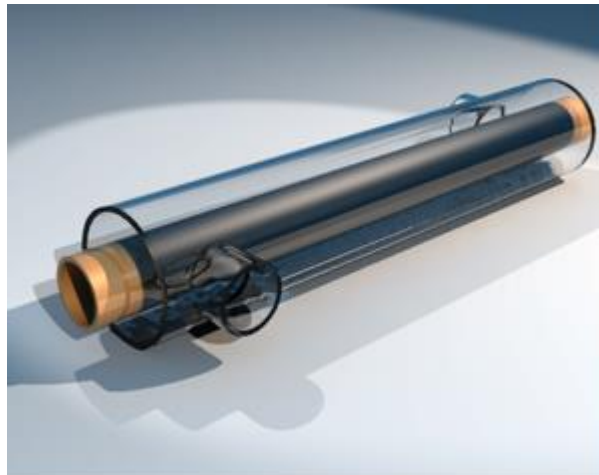
Жұмыс принципі бойынша жылу алмастырғыштар рекуператорлар мен регенераторларға бөлінеді. Рекуператорларда қозғалатын орталар салқындатқыш қабырға арқылы бөлінеді. Бұл түрге әртүрлі дизайндағы жылу

алмастырғыштардың көпшілігі кіреді. Регенеративті жылу алмастырғыштарда ыстық және суық салқындатқыштар бір бетке кезекпен тиеді. Жылу ыстық салқындатқышпен байланыста қабырғаға жиналады және мысалы, домна пештерінің кауперіндегідей суықпен байланыста болады.

Жылу алмастырғыштар мұнай өңдеу, мұнай-химия, химия, атом, тоңазытқыш, газ және басқа салалардағы технологиялық процестерде, энергетика мен коммуналдық шаруашылықта қолданылады.

Жылу алмастырғыштың дизайны қолдану жағдайларына байланысты. Фазалық түрленулер, мысалы, конденсация, булану, араластыру сияқты жылу алмасумен қатар байланысты процестер жүретін құрылғылар бар. Мұндай құрылғылардың өз атаулары бар: конденсаторлар, буландырғыштар, салқындату мұнаралары, араластыру конденсаторлары.

Жылу тасымалдағыштардың қозғалыс бағытына байланысты алмастырғыштар бір бағытта параллель қозғалыста, параллель қарама-қарсы қозғалыста, сондай-ақ өзара әрекеттесетін екі ортаның өзара көлденең қозғалысында тікелей ағып кетуі мүмкін.

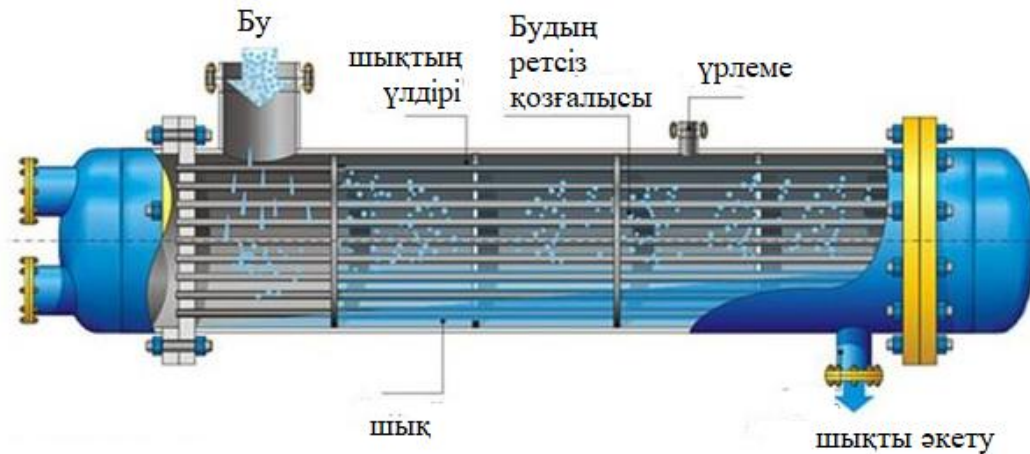


1.1 сурет – «Құбырдағы құбыр» түріндегі қарапайым жылу алмастырғыш

1.2.1 Регенеративті жылу алмастырғыштардың негізгі түрлері

Қаптама құбырлы жылу алмастырғыштар. Құбыр торлары корпусқа дәнекерленген және онда құбырлардың байламдары бекітілген. Негізінен, торлардағы құбырлар материалына және аппараттағы қысымға байланысты тығыздағышпен немесе басқа жолмен бекітіледі. Құбыр торлары төсемдерде және болттарда немесе түйреуіштерде қақпақтармен жабылады. Корпуста құбырлар (фитингтер) бар, олар арқылы бір салқындатқыш құбыраралық кеңістік арқылы

өтеді. Екінші жылу тасымалдағыш қақпақтардағы келте құбырлар (штуцерлер) арқылы құбырлар арқылы өтеді. Корпуста және қақпақтарда көп жүрісті жылу алмастырғышта салқындатқыштардың жылдамдығын арттыру үшін бөлімдер орнатылған. Жылу беруді арттыру үшін жылу алмастырғыш Құбырларды төсеу немесе орау арқылы жүзеге асырылады. Қажет болған жағдайда аппараттың конструкциясы оны тазартуды көздеуі тиіс.



1.2 сурет - Көп жүрісті қаптама-құбырлы жылу алмастырғыш

Элементтік жылу алмастырғыштар. Мұндай құрылғының әр элементі-ажыратушы беті жоқ қарапайым қаптама құбырлы жылу алмастырғыш. Мұндай құрылғылар жоғары қысымға мүмкіндік береді. Алайда, бұл дизайн «Қаптама құбырлы жылу алмастырғыш» аппаратына қарағанда тым үлкен және ауыр.

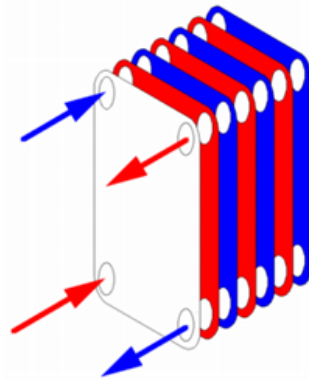
Батырылған жылу алмастырғыштар. Батырылған имек құбыршалардың ішімен бір жылу алмастырғыш қозғалады, ал имек құбыршалардың өздері ішінде басқа сұйықтығы бар бакқа орнатылады. Құбыраралық кеңістіктегі сұйықтықтың жылдамдығы шамалы, сондықтан сұйықтықтан жылу беру салыстырмалы түрде аз. Мұндай жылу алмастырғыштар қарапайымдылығы мен арзандығына байланысты кішігірім қондырғыларда қолданылады.

«Құбырдағы құбыр» түріндегі жылу алмастырғыштар. Мұндай құрылғының жылу алмасу элементі 1.1- суретте көрсетілген. Жеке элементтер қажетті мөлшердегі қатты аппаратты құра отырып, калачтар арқылы өзара байланысады. Бұл жылу алмастырғыштарда жұмыстық заттардың шығыны аз және жоғары қысым болған кезде қолданылады.

Суландырушы жылу алмастырғыштар. Жылу алмастырғыштардың бұл түрі негізінен тоңазытқыш қондырғыларда конденсатор ретінде қолданылады. Суландырушы жылу алмастырғыш – горизонтал құбырлар жиынтығынан тұратын имектер, олар параллель секциялар түрінде тік жазықтықта орналасқан. Әр қатардың үстінде салқындатқыш суды ағызып, жылу алмасу құбыршаларының сыртқы бетін жуатын науа орналасады. Бұл жағдайда салқындатқыш судың бір бөлігі буланып кетеді. Қалған су сорғымен қайтарылады, ал шығындар су құбырынан өтеледі. Бұл жылу алмастырғыштар ашық ауада орнатылады және судың кетуін азайту үшін ағаш торлармен қоршалады.

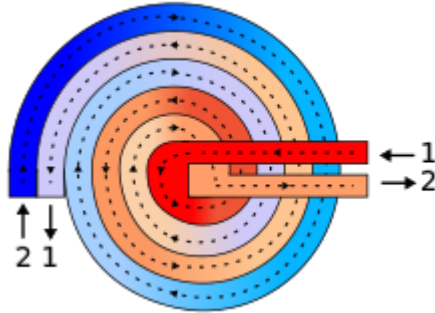
Графитті жылу алмастырғыштар. Химиялық агрессивті ортаға арналған жылу алмастырғыштар кеуектілікті жою үшін арнайы шайырлармен байытылған графит блоктарынан жасалған. Графит жақсы жылу өткізгіштігімен сипатталады. Блоктарда жылуалмастырғыштарға арналған каналдар бұрғыланады. Блоктар бір-бірімен резеңке немесе тефлон тығыздағыштарымен тығыздалады және экрандары бар қақпақтармен тартылады.

Пластиналық жылу алмастырғыштар. Мұндай жылу алмастырғыштар толқынды беттері және сұйықтық ағындары өтетін каналдар бар пластиналар жиынтығынан тұрады. Пластиналар резеңке тығыздағыштар мен экрандармен тығыздалған. Мұндай жылу алмастырғышты жасау жеңіл, құрылымы оңай өзгертіледі (плиталар қосылады немесе алынып тасталады), тазалануы оңай, жылу берудің жоғары коэффициентімен сипатталады, бірақ оны жоғары қысым кезінде қолдануға болмайды.



1.3 сурет - Пластиналы жылу алмастырғыш

Спираль жылу алмастырғыштар. Жылу алмастырғыш зат - орталық ажыратушы бөліктің айналасында орама материалдан оралған екі спиральды канал — өзек және орта арналар арқылы қозғалады. Спиральды жылу алмастырғыштардың міндеттерінің бірі - жоғары тұтқыр сұйықтықтарды жылыту және салқындату болып табылады.



1.4 сурет - Спираль жылу алмастырғыш

1.3 Жылу технологиялық қондырғыларға арналған жылу тасығыштар

Жылу технологиялық қондырғыларында жылу тасымалдағыш ретінде әртүрлі газ тәрізді және сұйық, қатты заттарды қолдануға болады. Неғұрлым кеңінен қолданылатын заттар: су буы, ыстық су, отынның жану өнімдері, майлар, әр түрлі тұздардың ерітінділері, балқыған сұйық металдар және температурасы 0 °С газ ағынында қалқыған қатты түйіршіктер. Әрбір жылу тасымалдағыштың қолдану салалары мен оның ауқымын анықтайтын артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Су буы. Ол негізгі және жиі қолданылатын жылу алмастырғыштардың бірі. Су буының көмегімен отынның химиялық немесе ядролық энергиясы бу қозғалтқышының механикалық жұмысына айналады. Су буының конденсациясы оның энтальпиясының едәуір төмендеуімен бірге жүреді; осыған байланысты салыстырмалы түрде көп мөлшерде жылу беру үшін аз мөлшерде бу қажет.

Су буының келесі артықшылықтары бар:

- ұзақ қашықтыққа тасымалдау мүмкіндігі;
- су буы конденсациясы кезінде жылу беру коэффициенті жоғары болады;
- конденсация кезінде буланудың жасырын жылуын оқшаулау, осы жылу тасымалдағыштың шығынын азайтуға мүмкіндік береді; α
- тұрақты температурада конденсацияланады, бұл стационарлық (температура бойынша) технологиялық режимді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Будың үлбірлі конденсациясы кезінде жылу беруді түсіндірейік. Үлбірдің конденсациясы кезінде оның сыртқы шекарасында пайда болатын барлық жылу салқындату бетіне шығарылады. Сұйық үлбірдің ламинарлық қозғалысы кезінде жылуды ол арқылы беру тек жылу өткізгіштік арқылы жүзеге асырылады. Егер бумен байланысқан конденсат бөлшектерінің температурасы қанықтыру температурасына тең деп қабылданса, онда жылу ағынының тығыздығы келесі өрнекпен анықталады

$$q = \lambda \cdot (t_s - t_c) / \delta, \quad (1.1)$$

мұнда δ - үлбірдің қалыңдығы;

λ - шықтың жылу өткізгіштік коэффициенті;

t_s - беттің температурасы.

Екінші жағынан, Ньютон—Рихман Заңы бойынша

$$q = \alpha \cdot (t_s - t_c). \quad (1.2)$$

(1.1) және (1.2) өрнектерді салыстырудан жылу беру коэффициентін анықтайды

$$\alpha = \lambda / \delta. \quad (1.3)$$

Жылотасымалдағыш ретінде су буының кемшіліктері

- тұрақты қысымды ұстап тұру қажеттілігін қамтиды;

- шығынды азайтуға мүмкіндік беретін конденсация кезінде буланудың жасырын жылуын бөлуі;

- тұрақты температурада конденсациялануы, бұл стационарлық (температура бойынша) технологиялық режимді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Техникалық су. Негізгі және жиі қолданылатын жылотасымалдағыштардың бірі. Ол жоғары жылу беру коэффициентіне ие және негізінен төмен температуралы процестер үшін қолданылады. Мысалы, төмен температуралық жылу жүйелерінде, кіреберістегі жылотасымалдағыш температурасы 70 °С-тан аспайды. Ыстық суды жылотасымалдағыш ретінде қолдану оның қысымымен шектеледі, яғни қысымға байланысты оның қайнау температурасымен шектеледі. Ыстық су, жылотасымалдағыш ретінде, құбырлар арқылы айтарлықтай қашықтыққа (бірнеше шақырымға) тасымалдануы мүмкін. Жақсы оқшауланған құбырлардағы су температурасының төмендеуі 1 км-ге 10 С-тан аспайды.

Су тоңазытқыш агент ретінде абсорбциялық және бу эжекторлы типтегі тоңазытқыш қондырғыларда негізгі қолдануды табады.

Отынның жану өнімдері. Технологиялық материалды газдардың төмен қысымымен кез келген температураға дейін қыздыруға мүмкіндік береді. Түтін газдарын жылу алмастырғыштарда газ тәрізді, сұйық және қатты заттарды жылыту, буландыру және термиялық өңдеу үшін қолдануға болады.

Бұл жылотасымалдағыш кемшіліктері: жылу алмасудың үлкен беттерін анықтайтын салыстырмалы түрде төмен жылу беру коэффициенті (құрылғының үлкендігі); жылу алмастырғыш аппараттағы жұмыс процесін реттеудің күрделілігі; өрт қаупі және жылу алмасу беттерінің күлден және аппаратты тазарту кезінде салыстырмалы түрде тез тозуы, сондай-ақ электр энергиясының едәуір шығындарына, арналардың көлемділігіне және онымен байланысты үлкен жылу шығындарына байланысты ұзақ қашықтыққа тасымалдау мүмкін еместігі.

Сондықтан түтін газдарын жылу тасымалдағыш ретінде алу орнында пайдалану керек.

Ылғалды ауа. Ылғалды ауа немесе газ (белгілі бір мөлшерде ылғал бар) желдету, ауа баптау және кептіру қондырғыларында жылу тасымалдағыш ретінде қолданыла алады.

Хладагенттер. Жоғары температуралы жылу тасымалдағыштармен қатар төмен температуралы жылу тасымалдағыштар бар, олар 0°C – тан төмен температурада қайнатылады. Бұл температура әдетте қалыпты қайнау температурасы деп аталады, тоңазытқыш агенттерде оның мәндері + 80 °C - тан- 130 °C-қа дейін. Көп жағдайда жылу тасымалдағыш жылу сорғыларында, кондиционерлерде және орташа суық қондырғыларда жұмыс істейтін дене ретінде қолданылады. Әрбір жылу тасымалдағыштың артықшылықтары мен кемшіліктері туралы арнайы әдебиеттен білуге болады

Минералды майлар мен балқымалар. Қазіргі уақытта өнеркәсіпте жоғары температураларға дейін жылыту үшін түтін газдарынан басқа минералды майлар, органикалық қосылыстар, балқытылған металдар мен тұздар қолданылады.

Бұл жылу тасымалдағыштардың сипаттамалары 1.1-кестеде келтірілген.

1.1 кесте - Жоғары температуралы жылу тасымалдағыштар сипаттамасы.

Жылу тасымалдағыш түрі	Химиялық формуласы	Температурасы, °C	
		қатаюу	қайнау
1	2	3	4
Минерал майлар	-	-	0 - 15
Нафталин	C ₁₀ H ₈	80,2	218
Дифенил	C ₁₂ H ₁₀	69,5	255
Дифенил эфирі	(C ₆ H ₅) O ₂	27	259
Дифенил қоспасы	26,5% дифенил және 73,5% дифенил эфирі	12,3	258
Глицерин	C ₃ H ₅ (OH) ₃	- 17,9	290
Кремний органикалық қосылыстар (тетракрезилоксисилан)	(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₄	- (30... 40)	440
Натрий	Na	97,8	883

Егер жоғары температуралы жылу тасымалдағыштар қайнау температурасынан төмен температурада қолданылса, онда олар толтырылған ыдыста жылу алмастырғыш көлемімен артық қысым болмауы мүмкін.

Жоғары температуралы жылу тасымалдағыштарға қойылатын негізгі талаптар: атмосфералық қысым кезіндегі жоғары қайнау температурасы; жылу алмасудың жоғары қарқындылығы; қатаюдың төмен температурасы; металдарға коррозиялық әсер етудің төмен белсенділігі; уыттылық емес; тұтанғыш емес; жарылыс қауіпсіздігі; жылу тұрақтылығы және арзандығы.

2-Дәріс №2. Айдау және ректификация

Дәріс сабағының жоспары: айдау және ректификациялық қондырғылардың міндеті. Дистилляция процесінің негізгі терминдері. Қарапайым дистилдеу зертханалық қондырғысы. Су буымен дистилдеу.

Дәрістің мақсаты: жылу технологиялық айдау және ректификациялық қондырғылардың құрылымымен және жұмыс істеу ережелерімен танысу; дистилляция процесінің негізгі терминдерін білу, су буымен дистилдеуді үйрену.

2.1 Айдау және ректификациялық қондырғылардың міндеті

Дистилдеу және ректификация процестерін айдау процестері деп атайды.

Термиялық айдау нәтижесінде сұйық қоспаны құрамдас бөліктерге ажырату жүреді, онда қайнаған қоспадан бірдей компоненттері бар, бірақ басқа пропорцияда бу шығады. Әдетте, буда сұйықтықтың өзіне қарағанда берілген қысымда төмен қайнау температурасы бар оңай қайнайтын компоненттердің пайызы көп болады.

Дистилляция әртүрлі салаларда әртүрлі өнімдерді таза түрінде алу үшін кеңінен қолданылады. Ректификация және дистилляция процестері химиялық және мұнай-химия, фармацевтика, тамақ және тағы басқалар өнеркәсібінде қолданылады. Осылайша, мысалы, таза немесе концентрацияланған түрінде келесі өнімдер алынады: этил спирті, бензол, сірке қышқылы, термиялық немесе каталитикалық крекинг кезіндегі газдар, мұнай өңдеу өнімдері – хлоропрен, нитротолуол, аммиак, анилин және басқалар.

Дистилляцияның міндеті - көп компонентті сұйық қоспаларды қоспаның ішінара булануы және пайда болған будың толық конденсациясы арқылы құрамы бойынша ерекшеленетін фракцияларға бөлу. Осылайша алынған конденсат төмен қайнаған компоненттермен байытылған, ал сұйық қоспаның қалдығында жоғары қайнаған компоненттер басым болады. Алынған конденсат құрамы бойынша бастапқы қоспадан ерекшеленеді

Себебі қоспаны құрайтын компоненттер бірдей температурада әртүрлі өзгергіштікке («фугитивтілікке») ие. Болашақта төмен температурада қайнаған (ұшпа) компоненттерді ТҚК, жоғары температурада қайнаған компоненттерді (нашар ұшпа) - ЖҚК деп атайды. ТҚК белгілі бір температурада қоспаның кез

келген басқа компонентінің бу қысымымен салыстырғанда ең жоғары бу қысымына ие және сәйкесінше барлық компоненттер үшін бірдей қысымдағы ең төменгі қайнау температурасына ие. Айдау нәтижесінде буланбаған, ЖҚК-мен байытылған сұйықтық қалдық деп аталады, ал құрамында ТҚК мөлшері жоғары, қайталама будың конденсациясы нәтижесінде алынған сұйықтық-дистиллят немесе ректификат деп аталады.

Дистилляция неғұрлым таза, рафинадталған және концентрацияланған өнімді алуға мүмкіндік береді. Дистилляция кезінде бастапқы қоспа ішінара буланып, алынған қайталама бу толығымен конденсацияланады.

Нәтижесінде қалдықта ЖҚК мөлшері, ал дистиллятта – ТҚК мөлшері жоғарылайды. Бірақ компоненттердің әрқайсысы да екі сұйықтықта болады. Сондықтан дистилляцияны қолдана отырып, компоненттерді таза түрінде бөліп алу мүмкін емес. Таза компоненттерді алғашқы қоспаны ректификациялау нәтижесінде алуға болады. Мұнда бір-біріне қарама-қарсы қозғалатын бу мен сұйықтық арасында бірнеше рет жылу-масса алмасу жүзеге асады және осы процестің үнемі жалғасуы үшін алынған өнімнің бір бөлігін аппаратқа қайтару және қоспаны буландыру арқылы ажырату процесі іске асады. Ректификация негізінде көп компонентті немесе бинар қоспалар (екі компонентті) қоспалар ажыратылады.

Пәнді оқыту бағдарламасында тек екі компонентті қоспаларды бөлу қарастырылады.

2.2 Дистилляция процесінің негізгі терминдері

Суды дайындау саласында дистилляциялық типтегі қондырғылар таза тұзсыздандырылған су (дистиллят) мен концентрат ала отырып, өнеркәсіптік сарқынды суларды өңдеуге және табиғи судан тұзсыздандырылған су алуға арналған. Мұндай қондырғылар энергетика, металлургия, химия, қайта өңдеу өнеркәсібі және басқа да кәсіпорындарда су дайындау жүйелерінде қолданылуы мүмкін.

Дистилляция процесін зерттеу кезінде келесі терминдерді білу маңызды.

Дистилляция (латын тілінен аударғанда *distillatio* - тамшылармен ағу (айдау)): сұйық қоспаларды құрамы әртүрлі фракцияларға бөлу.

Дистилденген су: ондағы еріген заттардан тазартылған су.

Бидистилляцияланған су: онда ерітілген заттардан екі рет дистилдеумен тазартылған ерекше таза су.

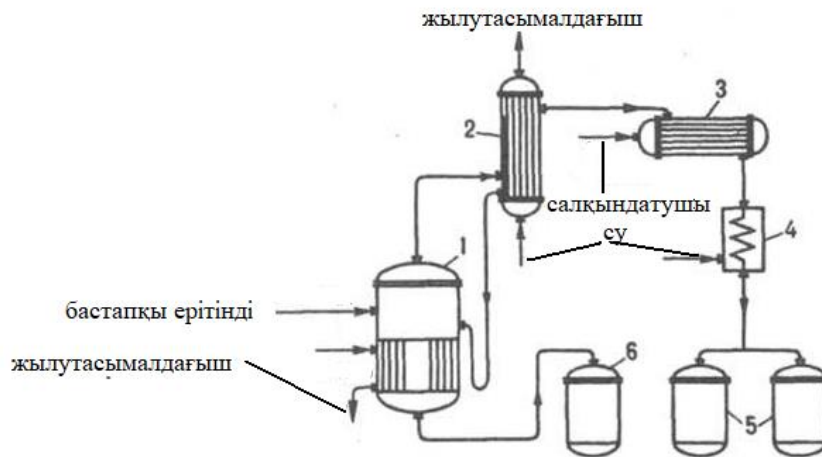
Дистиллят: ұшпа компоненттермен байытылған бу конденсаты.

Дистиллятор: сұйықтықты қайнағаннан кейіннен конденсациялаумен (айдаумен) буландыруға арналған аспап.

Дистилляторлар сұйықтықтарды тазарту, ерітіндінің концентрациясын өзгерту және көп компонентті қоспаларды ажырату үшін қолданылады.

2.3 Қарапайым дистилдеу зертханалық қондырғысы. Су буымен дистилдеу

Дистилляция қондырғысы 1 буландырғыштан тұрады, қажетті жылу мөлшерінің ерітіндісіне жеткізуге арналған жылу алмастырғыш құрылғымен жабдықталған; буландырғыштан шығатын будың ішінара конденсациясы үшін 2 дефлегматор (фракциялық дистилляция кезінде); таңдалған буды сұйылту үшін 3 конденсатор; 4 тоңазытқыш; 5 дистиллят жинағы және 6 текше қалдығы болады (2.1 сурет).

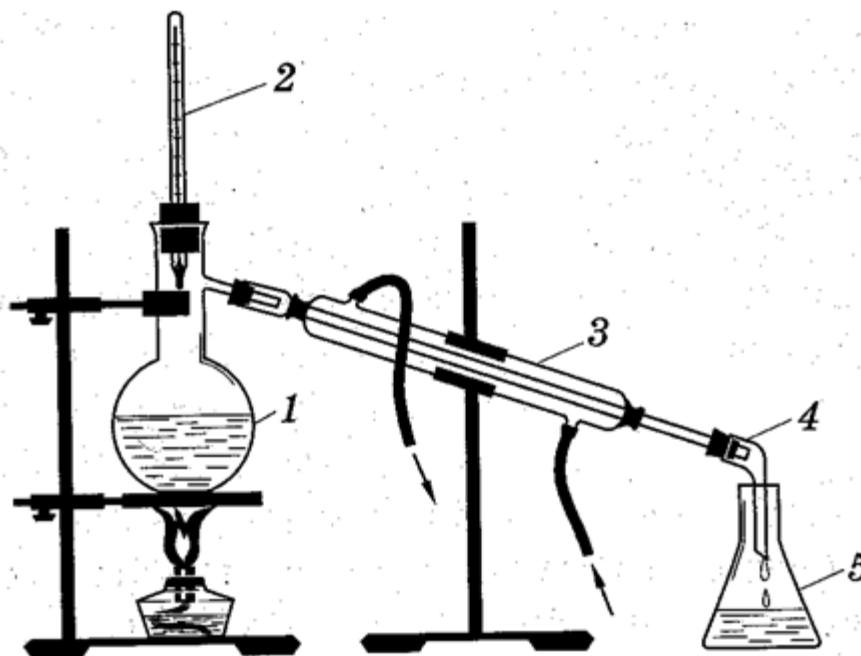


2.1 сурет- Дистилдеу қондырғысының сұлбасы

Процестің жағдайына байланысты қарапайым және молекулалық дистилляцияны ажыратады.

Дистилляция су буының ағынында өткен кезінде бу қоспасы пайда болады, содан кейін ол конденсацияланады және салқындатылады. Конденсат сепараторда айдалған компонент пен суға бөлінеді. Соңғы өнім конденсаттан оңай және толық шығарылады, егер оның суда ерігіштігі неғұрлым аз болса. Егер суда ерігіштігі басым болса, онда соңғы өнімді судан шығарып, оны құрғатуға тура келеді.

Қарапайым дистилляцияға арналған зертханалық қондырғы сұйық заттарды ұшпайтын қоспалардан тазарту үшін қолданылады. Оның әрекеті сұйықтықтың қайнау температурасына дейін қыздыру және оның буын газ шығаратын түтік арқылы басқа ыдысқа шығаруға негізделген. Салқындаған кезде бу конденсацияланады, ал ұшпайтын қоспалар дистилляциялық колбада қалады. Қарапайым дистилляцияға арналған құрылғы 2.2-суретте көрсетілген.



1-айдау колбасы; 2 - термометр; 3 - тоңазытқыш (конденсатор); 4 - аллонж; 5-
дистиллят жинақтағыш

2.2 сурет - Қарапайым дистилдеуге арналған зертханалық қондырғы

3-Дәріс №3. Айдау және ректификация

Дәріс сабағының жоспары: қоспаны ажырату процестерінің физико-химиялық және термодинамикалық негіздері. Бинар қоспаларды өзара ерігіштік дәрежесіне қарай жіктеу. Бинар қоспаның қысым-температура, тепе-теңдік, фазалық диаграммалары.

Дәрістің мақсаты: Бинар қоспаларды ажырату процестерінің физико-химиялық және термодинамикалық негіздерін білу. қысым-температура, тепе-теңдік, фазалық диаграммаларын пайдалануды үйрену.

3.1 Қоспаларды ажырату процестерінің физика-химиялық және термодинамикалық негіздері

Өзара ерігіштік дәрежесіне байланысты бинар қоспаларды үш класқа бөлуге болады:

- іс жүзінде өзара ерімейтін компоненттері бар қоспалар;
- жартылай еритін компоненттері бар қоспалар;
- бір-біріне толығымен еритін компоненттері бар қоспалар.

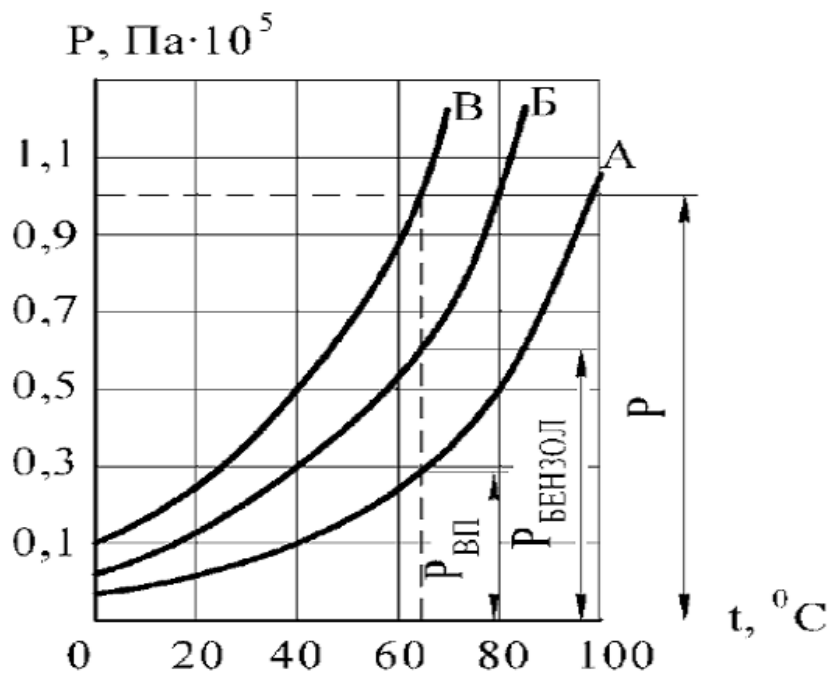
3.1.1 Өзара ерімейтін компоненттері бар қоспалар

Толығымен өзара ерімейтін сұйықтықтар жоқ екенін ескерген жөн, әдетте барлық сұйықтар бір бірінде аз мөлшерде болса да ериді. Бірақ бұл ерітіндінің аздығы сонша, оны елемеуге де болады. Мысал ретінде сынап және су немесе су және бензол іс жүзінде ерімейтіндер қызметін атқара алады. Өзара ерімейтін құраушыдағы қоспа қайнаған кезде будың қосынды қысымын анықтау үшін Дальтон заңын қолданамыз, яғни будың толық қысымы қоспаның қайнау температурасы кезінде әрбір құраушы буының үлестік қысымының қосындысына тең.

Су мен бензол қоспасын қарастырайық. Су ауа қысымы ($1,013 \cdot 10^5$ Па) болған кезінде 100°C -та, ал бензол – $80,4^\circ\text{C}$ қайнайды. 3.1-суретте судың (А сызығы) және бензолдың (Б сызығы) қайнау температураларының сыртқы қысымға тәуелділігі көрсетілген. Қайнаған сұйық үстіндегі кеңістіктің толық қысымын Дальтон заңына сәйкес қарапайым графикалық ординаталар (В сызығы) қосындысымен анықтаймыз. Атмосфералық қысымға сәйкес келетін В қысығының көлденең қимамен қиылысқан нүктесі қоспаның 70°C температурада қайнайтынын көрсетеді, сондай-ақ су буының бу қоспасындағы парциалды қысымы $0,3 \cdot 10^5$ Па, ал бензол буының қысымы $0,71 \cdot 10^5$ Па-ға тең. Осылайша өзара ерімейтін екі сұйықтың қоспасы ТҚК - ның қайнау температурасына төмен температурада қайнайды.

Осы қасиетті қолдана отырып, кейбір су буы бар қоспаларды дистильдеу техникада қолданады. Бұндай тәсіл әсіресе термолабильді (термиялық әлсіз) құраушыдан тұратын қоспаны бөлу үшін жарамды. Су буымен дистильдеу кезінде ажыратуға тиісті көп компонентті қоспа сумен араласады, қайнайды және екіншілік булар шықтанады. Шықтану нәтижесінде су және бір құраушының қоспасы алынады. Көптеген жағдайда тығыздықтар айырмасы салдарынан дистиллят механикалық тәсілмен оңай бөлінеді (түну, айналмалы айыру (центрифугирование)).

Өзара ерімейтін құраушысы бар қоспаның қайнау температурасы тұрақты және сұйық қоспадағы құраушының құрамына тәуелді емес. ТҚК қайнап біру уақытысында қалған құраушының қайнау температурасына дейін температуралардың кенет өзгеруі болады. Бу фазасында құраушының құрамы тұрақты болып қалады да, басқа бір құраушы толығымен қайнамайынша сұйық фаза байланысына тәуелді болмайды.



3.1 сурет – Бензол-су қоспасы үшін қысым мен температура диаграммасы

3.1.2 Біртіндеп еритін құраушысы бар қоспалар

Біртіндеп еритін қоспа деп температураға тәуелді, кейбір шоғырлану (концентрация) аралығының шамасында өзара еритін екі немесе бірнеше сұйықтан тұратын жүйені айтамыз. Бұл шектерден тыс болатын болса, онда құраушылар араласпайтын қабаттар түзеді.

Температура жоғарылаған кезде өзара еритін құраушысы бар қоспалардың өзара ерігіштігі артатыны белгілі. Мысалы фенол-су қоспасында өзара ерігіштігі температураға байланысты артады. 20 °С –та су фенолды салмағы бойынша 8,4 %-ға дейін ерітеді, ал 50 °С –та ерігіштік 12,1 %-ға дейін өседі. Керісінше 20 °С –та су өз кезегінде фенолда 27,7 %-ға дейін ериді, ал 50 °С дейін қызған кезде ерігіштігі 37,2 %-ға дейін көтеріледі. Осындай қоспалар үшін будағы ұшпа құраушының құрамын есептеу екі кезеңнен тұрады.

3.1.3 Өзара еритін құраушысы бар қоспалар

Бір-бірінде толығымен еритін құраушысы бар қоспалар: мүлтіксіз (идеалды), қалыпты, мүлтіксіз емес (идеалды емес) болып бөлінеді.

Мүлтіксіз (идеалды) ерітінділер үшін барлық молекулалар (бір аттас және әр аттас) арасындағы әрекеттесу күші тең екені белгілі. Мұндай жағдайда жеке құраушының парциал қысымы белгілі уақыт бірлігінде фазалар ажырайтын бетке жақындайтын молекулалардың санына тәуелді болады. Ал молекулалар саны

олардың жылдамдығына тәуелді, себебі фазалық бетке жақындау жылдамдығы молекулалардың өзара әсерлесу күшіне төтеп бере алатындай мәнде болуы тиіс. Осыдан, берілген температура кезінде қандайда бір құраушының бу қысымы сұйық фазадағы бірыңғай оның құрамына тәуелді екендігі белгілі болады.

Бұл тәуелділік Рауль заңымен сипатталады: кеңістіктегі қайнаған қоспа үстіндегі құраушы буының парциалды қысымы кез келген тұрақты температурада осы құраушының сұйық фазадағы молекулярлық үлесінің (молекулярлық шоғырлану) сол температура кезінде таза құраушының үстіндегі бу қысымына көбейтіндісіне тең. Бинар қоспаның А құраушысы үшін Рауль заңы келесідей теңдікпен көрсетіледі

$$p_A = P_A \cdot x_A \quad (3.1)$$

Құраушының бинар қоспадағы (А құраушысы+В құраушысы) молекулярлық (мольдік) үлесі деп осы құраушының мольдік мөлшері қоспаның жалпы мольдік мөлшерінің қатынасын айтамыз. Қоспаның жалпы мольдік мөлшерін қосынды (аддитивность) ережесі бойынша анықтауға болады. Сәйкесінше, А құраушысының молекулярлық үлесін келесідей анықтауға (белгілі массалық үлес кезінде - шоғырлау) болады

$$x_A = \frac{a_A/\mu_A}{a_A/\mu_A + b_B/\mu_B} \quad (3.2)$$

мұндағы, a_A - А құраушысының массалық үлесі (концентрация), %;

a_A , b_B - А және В құраушысына сәйкес келетін молекулярлық (молярлық) массалар.

x_B анықтау үшін ұқсас байланысты алуға болады

$$x_A + x_B = 1 \quad (3.3)$$

Жоғарыдағы келтірілгенді қорытындылай отырып, мүлтіксіз (идеалды) қоспаға басқалай анықтама беруге болады: бұл қоспа Рауль заңына бағынады.

Қарапайым ерітінділерде Рауль заңынан біртіндеп ауытқулар байқалады және оларда азеотропты қоспа түзілуі болмайды.

Мүлтіксіз емес (идеалды емес) ерітінділерде Рауль заңынан едәуір ауытқу байқалады. (азеотропты күй). Ол қоспаның түзілуі тұрақты қайнау температурасында орын алатынын көрсетеді.

Егер ТҚҚ қасиеттерін «А» индексімен, ал ЖҚК – «В» индексімен белгілесе, онда ТҚҚ үшін Рауль заңын былай жазуға болады:

$$p_B = P_B \cdot (1 - x_A) \quad (3.4)$$

Будың қосынды қысымы

$$P = p_A + p_B = P_A \cdot x_A + P_B \cdot x_B \quad (3.5)$$

Егер бу фазасындағы А құраушыны молекулярлық үлес арқылы белгілесе, онда Рауль заңына сәйкес бұл шама А құраушы буының парциалды қысымы, будың қосынды қысымының қатынасына тең

$$y_A = \frac{P_A}{P_A + P_B} = \frac{P_A x_A}{x_A P_A + P_B (1 - x_A)} \quad (3.6)$$

(3.6) теңдеуі келесі түрде өрнектеледі

$$\frac{y_A}{x_A} = \frac{P_A}{x_A P_A + P_B (1 - x_A)} \quad (3.7)$$

А аса ұшпа құраушы болып табылғандықтан, $P_A > P_B$, өрнегі дұрыс, сәйкесінше

$$P_A - P_B > x_A (P_A - P_B) \quad (3.8)$$

немесе $P_A > P_B + x_A (P_A - P_B)$. (3.9)

(3.9) теңдеуінен $\frac{y_A}{x_A} > 1$ немесе $y_A > x_A$, яғни ТҚҚ үшін оның бу фазасындағы құрамы сұйыққа қарағанда көбірек.

Жүйеде тепе-теңдік қатынасты анықтау үшін маңызды сипаттамам болып, салыстырмалы еселеуішпен сипатталатын салыстырмалы ұшпалық (фугитивность) болып табылады.

$$\alpha = p_A / p_B \quad (3.10)$$

Осыған байланысты

$$y_A = \frac{\alpha \cdot x_A}{\alpha \cdot x_A + (1 - x_A)}, \quad (3.11)$$

немесе $\frac{y_A}{1 - x_A} = \alpha \cdot \frac{x_A}{1 - x_A}$ (3.12)

(3.12) теңдеуіндегі А шамасы будағы ТҚҚ мөлшерінің ЖҚҚ мөлшеріне қатынасын білдіреді, ал $x_A / (1 - x_A)$ шамасы сұйықтағы ТҚҚ мөлшерінің ЖҚҚ мөлшеріне қатынасын білдіреді. Теңдеуден будағы ТҚҚ салыстырмалы құрамы оның сұйықтағы құрамынан α есе көп. Абсолюттік мән бойынша α жоғары болған сайын, бу және сұйық фазалар құрамының айырмашылығы күшті болады.

Ерімеу аралығында – есеп Дальтон заңын қолдану негізінде жүргізіледі (келесі бөлімді қара), еру аралығында – өзара еритін құраушылары бар қоспа үшін Рауль заңын қолдану негізінде жүргізіледі (келесі бөлімді қара).

Температура жоғарылаған кезде өзара еритін құраушысы бар қоспалардың өзара ерігіштігі артатыны белгілі. Мысалы фенол-су қоспасында өзара ерігіштігі температураға байланысты артады. 20 °С – та су фенолды салмағы бойынша

8,4 % – ға дейін ерітеді, ал 50 °С – та ерігіштік 12,1 %-ға дейін өседі. Керісінше 20 °С – та су өз кезегінде фенолда 27,7 %-ға дейін ериді, ал 50 °С дейін

қызған кезде ерігіштігі 37,2 %-ға дейін көтеріледі. Осындай қоспалар үшін будағы ұшпа құраушының құрамын есептеу екі кезеңнен тұрады.

Ерімеу аралығында – есеп Дальтон заңын қолдану негізінде жүргізіледі, еру аралығында – өзара еритін құраушылары бар қоспа үшін Рауль заңын қолдану негізінде жүргізіледі. Есептеулерді жүргізу тәртібі 4-ші дәрісте қарастырылады.

4 -Дәріс№4. Айдау және ректификация

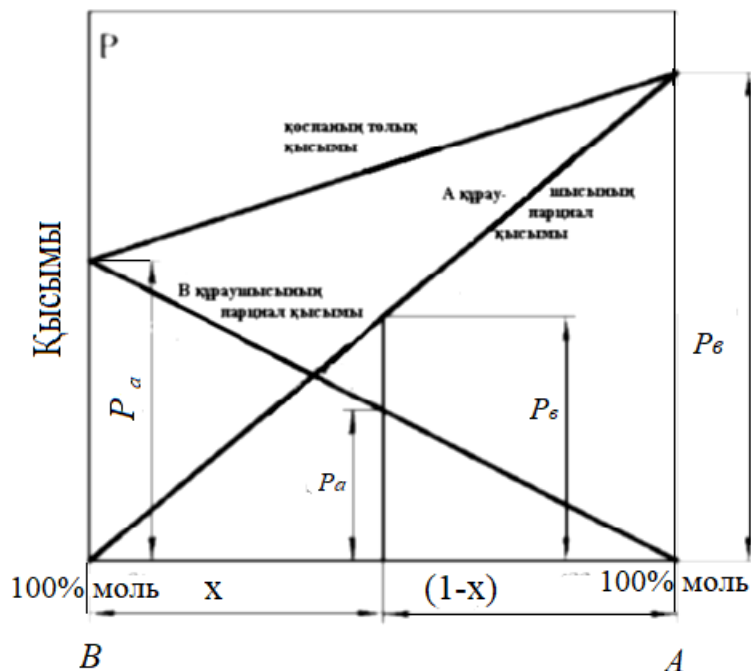
Дәріс сабағының жоспары: өзара еритін идеалды қоспалардың күй диаграммалары. Бу қысымының диаграммасы, фазалық диаграмма және идеалды бинар қоспаның тепе-теңдік диаграммасы.

Дәрістің мақсаты: Бинар қоспаның диаграммаларын білу және оларды практикада қолдануды үйрену.

4.1 Өзара еритін идеал қоспалар күйінің диаграммалары

4.1-суретте бинар қоспаға арналған Рауль заңы графикалық түрде көрсетілген. Ординат осі бойынша бу қысымы, абсцисса осі бойынша – молекулалық үлестер немесе моль - пайыздарда қоспаның құрамы көрсетілген. Координаталардың басы қоспадағы В компонентінің 100 моль-пайызына (таза ТҚК) сәйкес келеді. Абсцисса осінің соңғы нүктесі - таза ТҚК (А компоненті).

Алдыңғы дәрістегі (3.1), (3.4) формулаларымен анықталатын екі компоненттің парциалды бу қысымы түзу сызықтармен бейнеленген. Жалпы қысым сонымен қатар А және В соңғы нүктелері арқылы тартылған түзу сызықпен бейнеленген.

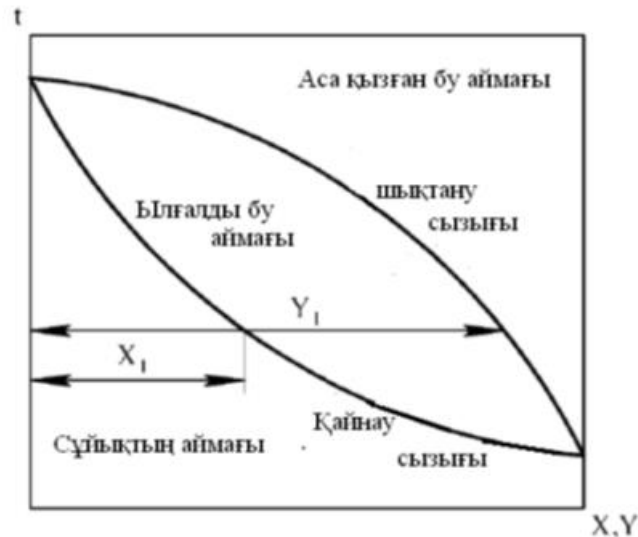


4.1 сурет – Мүлтіксіз қоспа үшін бу қысымының сұйықтағы ұшпа құраушы мөлшеріне тәуелділігін көрсететін $P=P(x)$ диаграммасы

Осылайша, бір-біріне химиялық әсер етпейтін және Рауль заңына бағынатын біртекті ерітінді беретін екі сұйықтықты араластырған кезде, ерітіндінің құрамы өзгертін болса, будың жалпы қысымы тура сызықты заң бойынша қысымның мәнінен басқа компоненттің бу қысымының шамасына дейін өзгереді. Сол температурада таза түрде қайнатылған бір компоненттің буы, қысым диаграммасы белгілі бір сыртқы қысым үшін жасалғанын атап өткен жөн. Бұл қысымның жоғарылауы жалпы қысым сызығының ординат осі бойымен төмен қарай жылжуына әкеледі, жоғарылау – жоғары қарай ұқсас қозғалыс. Фазалар арасындағы заттың ауысуы компоненттердің концентрациясындағы айырмашылықтың болуына, байланыс фазаларында тепе-теңдіктің болмауына байланысты. Олардың арасындағы байланыс нәтижесінде масса алмасу пайда болады, концентрациясы (құрамы) өзгереді. Тепе-теңдік күйіне жеткенде компоненттердің бір Фазадан екінші фазаға ауысуының массалық жылдамдығы теңестіріледі.

Техникалық есептеулер үшін ең маңыздысы ($p=const$) кезіндегі $t=f(x,y)$ диаграммасы болып табылады. Өйткені, өнеркәсіптік аппараттардағы айдау процестері ($p=const$), яғни изобарлық жағдайда жүреді. Бұл диаграммада (4.2-сурет) абсцисса осі бойынша сұйық x және бу y фазаларының әртүрлі температураларға сәйкес келетін құрамдары көрсетілген. Сұйық қоспаның қайнау температурасы мен оның құрамы арасындағы байланыс қайнау сызығы (қайнаған

сұйықтық сызығы) деп аталатын төменгі қисықпен бейнеленген. Алынған булардың құрамы қайнау температурасына байланысты жоғарғы сызықпен бейнеленген. Бұл қисық құрғақ бу сызығы деп аталады. Бұл оның конденсациясының басталуы болғандықтан, оны конденсация сызығы деп атайды. Диаграммадан буда ТҚК құрамы сұйықтыққа қарағанда көп екені анық. Сызықтар жиналатын нүктелер таза компоненттердің қайнау температурасына сәйкес келеді.



4.2 сурет - Мүлтіксіз бинар қоспа үшін фазалық өзгерістерді көрсетуші $t=t(x,y)$ диаграммасы

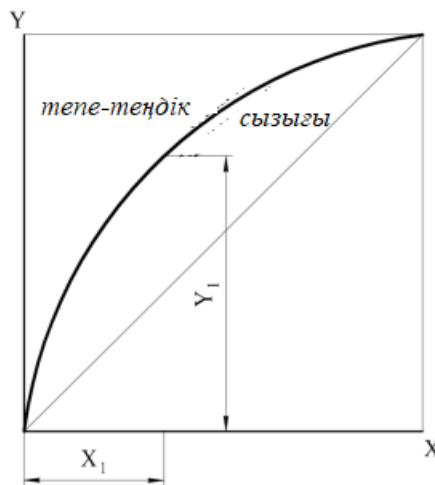
Көптеген ертінділер үшін фазалық диаграмма тәжірибелі мәліметтерге негізделген. Алайда, конденсация және қайнау сызығының құрылысын Рауль заңы негізінде жүргізуге болады. Ол үшін таза компоненттердің қайнау температурасының қысымға тәуелділігін білу қажет. Бұл жағдайда кез келген аралық температура үшін екі компоненттің парциалды бу қысымын табуға болады. Сұйықтағы ұшпа компоненттің ольдік үлесі (3.5) Дальтон теңдеуінен алынады

$$x_A = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}. \quad (4.1)$$

Өртүрлі температура үшін x – шамасын анықтау арқылы қайнау қисығын тұрғызуға болады. Будағы ұшпа компоненттің үлесі y_A Рауль заңы арқылы анықталады

$$y_A = \frac{P_A x_A}{P} = \frac{P_A (P - P_B)}{P(P_A - P_B)}. \quad (4.2)$$

P – шамасын қайнаған қоспаның сыртқы қысымы деп түсіну керек. Қайнау температурасынан төмен жатқан кез келген нүкте тек қана сұйық фазадан тұратын жүйені сипаттайды. Сондай-ақ, шықтану нүктесінен жоғары жатқан кез келген нүкте, яғни бұл нүктедегі бу асақызған болып табылады және жүйе тек қана бу фазасынан тұрады. Қайнау және шықтану сызықтарының арасында орналасқан нүктелер, қайнау температурасы осы құрамға сәйкес сұйықтың температурасынан жоғары және шықтану температурасы тура осы құрамға сәйкес будың шықтану температурасынан төмен жүйелерді сипаттайды. Осылайша бұл нүктелер сұйық және бу фазаларының қоспасына сәйкес келеді. Бинар қоспа үшін тепе-теңдік диаграммасы (4.3 сурет) бу құрамының сұйық қоспа құрамына тәуелділігін көрсетеді.



4.3 сурет – Мүлтіксіз (идеал) қоспаның ұшпа құраушысы үшін тепе-теңдік $y=y(x)$ диаграммасы

Фазалық диаграмма да, тепе-теңдік диаграммасы да белгілі бір тұрақты қысым үшін жасалады. Оның сапасына атмосфералық құрылғылардағы барометрлік қысым, немесе артық қысым және вакуум астында жұмыс істейтін құрылғының ішіндегі қысым кіреді. Қайнау температурасы қысымға байланысты болғандықтан, диаграммадағы сызықтардың орналасуы да қысымға байланысты. Қысымның төмендеуі қайнау температурасының төмендеуіне алып келеді. Фазалық диаграммада ол келесідей кейіпте кескінделеді: қайнау және шықтану сызықтарының ең шеткі нүктелері ордината осі бойымен төмен ығысады, ал сызықтар болса бір-бірінен алыстап кетеді. Тепе-теңдік диаграммасында бу және сұйық фазалар құрамындағы ерекшеліктердің үлкеюі салдарынан тепе-теңдік

сызығында үлкен иіліс болады. Қысымның жоғарылауы кезінде қарама-қарсы құбылыс байқалады.

Бұл жағдайды қайнау температурасы жақын қоспаларды ажырату кезінде қолданады.

5-Дәріс №5. Айдау және ректификация

Дәріс сабағының жоспары: Дистилляциялық қондырғылардағы негізгі процестері және олардың фазалық диаграммадағы бейнесі. Бір рет айдау. Дефлегмациямен бірнеше рет айдау. Ректификациялық қондырғылар. Ректификациялық қондырғылардағы процестер және олардың диаграммалары.

Дәрістің мақсаты: Дистилляциялық қондырғылардағы негізгі процестерін білу, бір және екі рет айдау арқылы бинар қоспаны құраушыларға ажырату механизмін түсіну.

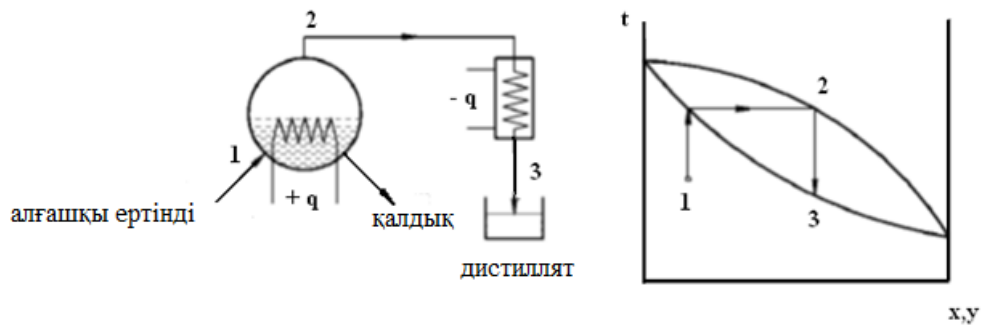
5.1 Дистилляциялық қондырғылардағы негізгі процестер және оларды фазалық диаграммада бейнелеу

Ажырату үшін берілген бинар қоспаны дистилдеу қондырғысында бір рет айдауды қарастырайық.

5.1-суретте қарапайым бір сатылы дистилляция қондырғысының сұлбасы көрсетілген.

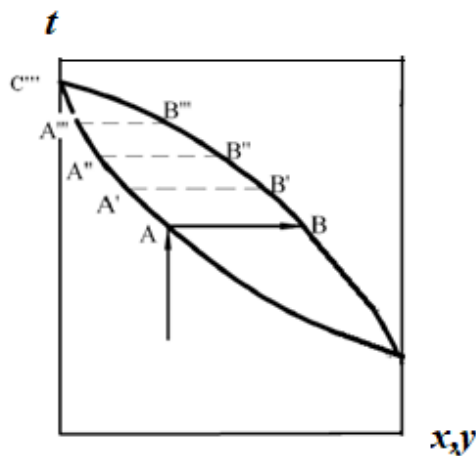
Қондырғының құрамына дистилдегіш (айдау құралы) және екіншілік бу шықтатқышы кіреді. Фазалық диаграммадағы 1-ші нүктеге сәйкес келетін көрсеткіштері бар бастапқы қоспа дистилляторға жүктеледі де, қайнау күйіне дейін қыздырылады (1-ші нүктеден шыққан тік сызық қайнау сызығымен қиялысқанша). Қайнау нәтижесінде шықтағышқа берілетін екіншілік бу (2 нүкте) түзіледі. Бу толығымен шықтанады (шықтану құбылысы температураның төмендеуі және тұрақты құрам кезінде болады). Шықтағыштан шығар жерде – сұйық (3 нүкте). Бір рет дистилдеу нәтижесінде ТҚҚ-ның мөлшері жоғары сұйықтық пайда болды.

Фазалық диаграммадағы көрсетілген құбылыс (1-2-3 сынығы) үздіксіз жұмыс істейтін қондырғылар үшін ғана өзгеріссіз қалады. Мезгілді (периодты) жұмыс істейтін дистилдеу қондырғысы үшін 1-2-3 сынығы бөлудің бастапқы құбылысына сәйкес келеді. Қондырғыдағы ТҚҚ мөлшері уақыт өткен сайын азаяды.



5.1 сурет - Бір сатылы дистилдеу қондырғысының сұлбасы және фазалық диаграммадағы процестің суреті

Фазалық диаграммадағы процестің кескіні (1-2-3 сызықтары) үздіксіз әрекетті дистилдеу қондырғысында ТҚК -тің сұйық күйден (1 нүкте) қайнау және булануы арқылы 2- нүктеде толығымен буға көшкенін, әрі қарай будың шықтануы 3 нүктеде көрсетеді. Уақыт өте келе қондырғыдағы ТҚК мөлшері азаяды. Температурасының жоғарылауына әкеледі, екінші будың температурасы да жоғарылайды. Бұл процесс 5.2-суретте көрсетілген. Бірте-бірте қоспадағы ТҚК мөлшері азаяды, сондықтан бір сәтте ол қайнаған сұйықтықтың бастапқы құрамына тең болады (С нүктесі"). Бұл жағдайда одан әрі айдау мүмкін емес болады.

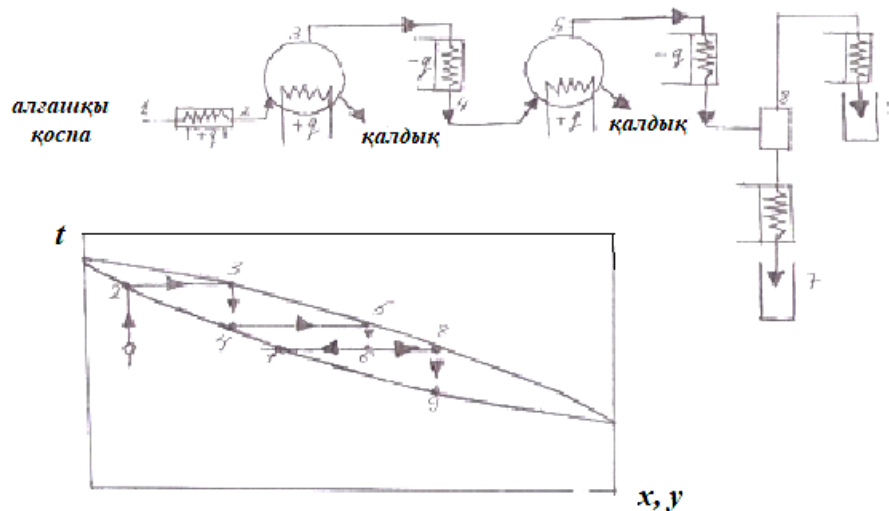


5.2 сурет- Мерзімді әсер ететін қондырғылардағы бастапқы қоспаның құрамының өзгеруі

Енді ажырату үшін берілген бинар қоспаны дистилдеу қондырғысында дефлегмация арқылы бірнеше рет айдауды қарастырайық. Бірнеше рет айдау

кезінде алдыңғы сатының конденсацияланған бинар қоспасы келесі саты үшін бастапқы қоспа болып табылады. 5.3-суретте үздіксіз жұмыс істейтін екі сатылы дистилдеу қондырғысының схемасы көрсетілген. Процестің үздіксіздігін қамтамасыз ету үшін бастапқы қоспа (1-нүкте) қыздырғыш арқылы жылуды қабылдап, қайнау температурасына дейін жетеді және бірінші сатыға (2-нүкте) беріледі. Осы сатыда бу сұйық қалдықтан үздіксіз іріктеу ажырап тұрады. Қайнау нәтижесінде пайда болған бу (3 нүкте) бірінші сатыдағы конденсаторда толығымен конденсацияланады және екінші сатыға беріледі. Қайнау процесі қайталанады, бірақ төмен температурада. Екінші сатыдан екінші бу (5 нүкте) конденсатор-дефлегматорға түседі. Онда ішінара конденсация пайда болады, нәтижесінде дымқыл бу пайда болады (6 нүкте). Бұл жағдайда бу ЖҚК-мен байытылған тамшылатып сұйықтықтың механикалық қоспасы және құрамында ТҚК мөлшері жоғары бу. Будың үлесі (6-8) кесіндіге сәйкес келеді, сұйықтық үлесі – (6-7). Сепараторда ажырату процесі жүреді және бу конденсаторға (8 нүкте) жіберіледі, ол жерде дистиллят (9 нүкте) пайда болады, содан кейін дистиллят дайын өнімнің ыдысына құйылады.

Толық емес конденсация (дефлегмация) процесі одан әрі ажырату арқылы ТҚК-ның жоғары концентрациясын алуға мүмкіндік береді, бірақ бұл ретте дистилляттың аз мөлшері алынады.



5.3 сурет - Екі сатылы дистилдеу қондырғысы

5.2 Ректификациялық қондырғылар. Ректификациялық қондырғыларда өтетін процестер және диаграммалары

Ректификациялық қондырғы ректификациялаушы бағаннан тұрады. Ректификациялаушы баған қайнау температуралары әртүрлі сұйық қоспаларды жеке құраушыларға ажыратады. Классикалық баған ішінде жанасушы құрылғылары бар вертикал цилиндр тәрізді болады. Ректификация - жылу және масса алмасу процесі, оның салдарынан сұйық қоспаның булары бөлек-бөлек шықтанады. Ректификациялаушы бағандар зертханалық үлгіде болса да, немесе күрделі мұнай өңдеу, мұнай химия, химия, газ өндіру саласында жұмыс жасайтын болса да бірдей ережемен қызмет етеді. Өнеркәсіптік ректификациялаушы бағанның диаметрі 16 метрге, ал биіктігі 90 метрге жуық болады. Келесі суретте мұнай өңдеу зауытында орналасқан ректификациялық қондырғының бағандары бейнеленген.



5.1 сурет – Өнеркәсіптік ректификациялаушы бағандар

Ректификациялық қондырғының (РҚ) оңайлатылған сызбасы 5.2-суретте көрсетілген. РҚ-ның төменгі бөлігі текше (куб) деп аталады. Онда сұйықты қайнату үшін арналған құрылғы (құбырлар шоғы), термоқыздырғыш элементтер, қыздырғыш көйлекшелер және т.б орналасқан. Сәйкесінше текшедегі (кубтағы) сұйықтық текшелік (кубтық) қалдық деп аталады. Бағанның жоғарғы бөлігі царгалар жиынтығынан тұрады. Царга деп тәрелкемен жанасатын қуыс

құрылғының жеке бір данасын айтады. Келтірілген суретте 3 тәрелке бар. Әрбір тәрелкеде онымен белгілі мөлшерде байланысушы элементтер қалпақшалар орналасады. Сұйықты белгілі бір дәрежеге жеткізу үшін бір тәрелкеден екіншіге тәрелкеге ауыстырып құю құрылғысы бар.

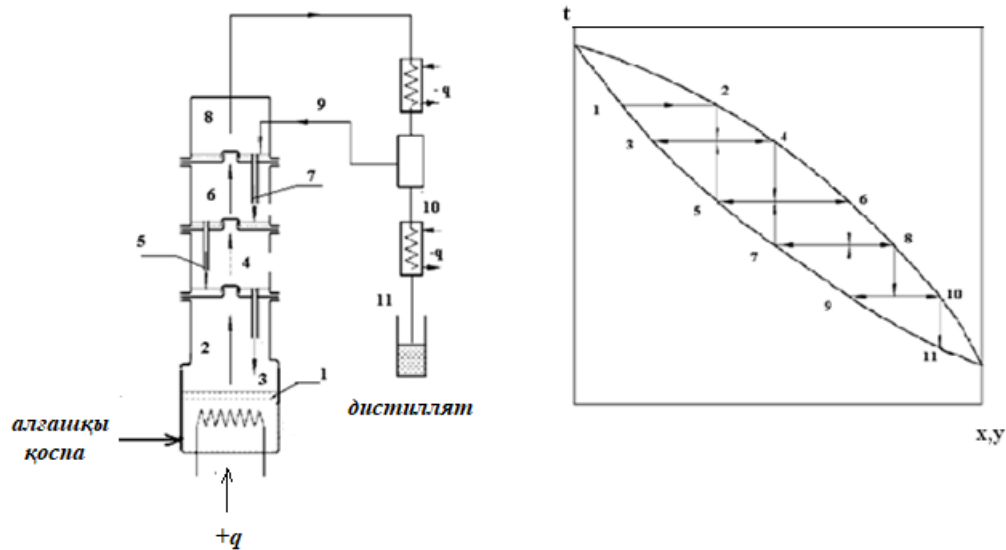
РҚ жанасу құрылғыларының құрылымы туралы алда айтылады.

Жоғарғы тәрелкедегі екіншілік бу бағаннан шығады да, дефлегматорға беріледі. ЖҚҚ-ға байытылған сұйықтық біртіндеп шықтанғаннан және ұшпа құраушыдан ажырағаннан кейін ең жоғарғы тәрелкеге қайта оралады. Бұл сұйықтық флегма деп аталады. Дистилляттың буы айырғыштан кейін толығымен шықтанып, дайын өнім күбісіне (бағына) жиналады.

РҚ-дағы құбылыстар гидродинамика теңдеу жүйесімен, жылу- және маңызалмасу, материалдық теңестік (баланс) және фазалық тепе-теңдікпен сипатталынуы мүмкін. Бұл жүйеде өтетін процестердің күрделілігі және қиындығы салдарынан бағанның жеңілдетілген үлгідегі жұмысы қолданылады.

Текшеде (кубта) қыздырғыштан жылу беру әсерінен бинар қоспалардың қайнауы жүзеге асады (1-ші нүкте). Мұнда пайда болған бу (2-ші нүкте) баған бойымен жоғары көтеріледі. Ең төменгі тәрелкеде, осы тәрелкеде орналасқан сұйық пен будың жанасуы болады (5-ші нүкте). Қабылданған үлгіге сәйкес өзара байланыстағы бу мен сұйықтықтың құрамы біркелкі, ал температурасы әртүрлі болады.

Олардың температуралар айырмасы тәрелкедегі жылу және маңызалмасу құбылысының қозғалыс күші әсерінен болады. Тепе теңдік күйінде бу мен сұйықтың температуралары тең болады, бірақ бұл кезде түйісуші фазаның құрамының қайта өзгерісі орын алады. Будың салқындауы нәтижесінде одан ЖҚҚ біртіндеп шықтанады, ал сұйықты қыздырғанда одан ТҚҚ буы бөлініп шығады. Осылайша түйісу нәтижесінде төменгі тәрелкеде, келесі тәрелкемен жоғары көтерілетін бу (4-ші нүкте) және текшеге (куб) алмастырып құятын құрылғы арқылы құйылатын сұйықтық (3-ші нүкте) түзіледі. Келесі тәрелкедегі құбылыстар да осыған ұқсас жүреді. Осылайша ректификациялау біртіндеп шықтану және ажыратылу процестері кезінде бу фазасы мен сұйық фазаның (флегманың) тікелей араласуын, жылу және маңызалмасу құбылыстарын көрсетеді.



5.2 сурет-Ректификациялық бағанның қағидалық сызбасы және онда өтетін процестерді фазалық диаграммада бейнелеу

6 -Дәріс №6. Айдау және ректификация

Дәріс сабағының жоспары: Ректификациялық қондырғылардың жіктелуі және сызбалары. Ректификациялық бағаналардың құрылымы. Ректификациялық бағандарды есептеу әдістері. Графикалық әдіс.

Дәрістің мақсаты: Ректификациялық қондырғылардағы негізгі процестерін білу, мерзімді және үздіксіз әрекеттегі қондырғылардың жұмыс ерекшеліктерін түсіну.

6.1 Ректификациялық қондырғылардың жіктелуі және сұлбалары

Ректификациялық қондырғылар әрекеттің үздіксіздігі бойынша мерзімді және үздіксіз болып бөлінеді. Мерзімді қондырғыларда бастапқы қоспасы текшеге құйылады, ТҚК-нің белгілі бір мөлшерін айдағаннан кейін текше қалдығы төгіліп, процесс қайтадан қайталанады. 5- ші дәрістің 5.2 суретінде көрсетілген қондырғы мерзімді немесе периодты құрылғы болып табылады.

Толып жатқан келеңсіз жағдайлар әсерінен өнеркәсіпте осыған ұқсас РҚ сирек қолданылады [2, 5]:

- текшедегі (кубтағы) сұйықтың қайнау температурасының үнемі жоғарылауына қатысты бірқатар жылу шығындалады және олар дистиллятпен және кубтық қалдықпен бірге кетеді;

- уақыт өткен сайын төмен температурада қайнайтын құраушымен бу фазасының үнемі сұйылуына байланысты флегма шығынын ұлғайту қажеттілігі;

- дефлегматордағы және текшедегі (кубтағы) қалыптаспаған құбылыс салдарынан қондырғының автоматтандыру жұмысының қиындығы.

Өндірістің аздаған қарқынында және қоспаны толығымен бөлу қажеттілігі кезінде кезеңді жұмыс істейтін РҚ қолдану экономикалық түрде орынды болып табылады. Қосқұрамды қоспаны бөлу үшін үздіксіз жұмыс істейтін қондырғы сұлбесі 6.1-суретте көрсетілген. Жұмыс істеу принципі кезеңді жұмыс істейтін қондырғыдан еш айырмашылығы жоқ. Құбылыстың үздіксіздігін қамтамасыз ету үшін дистиллятты үнемі іріктеген секілді, бастапқы қоспаның берілуі белгілі бір шығынмен жүзеге асады. Жылулық шығындарын төмендету үшін бастапқы қоспаны текшелік қалдықтың жылуы есебінен алдын-ала қыздыру жұмысы жүреді, содан кейін қыздырған будың жылуы есебінен қоспа қайнау температурасына дейін жеткізіледі.

Жалпы жағдайда бастапқы қоспаның бағанға енуі қоректік тәрелке немесе ену тәрелкесі деп аталатын тәрелкенің ортанғы бөлігінде жүзеге асады.

Жеңіл компоненттің булары үнемі жоғары бағытталады. Сондықтан бағанның жоғарғы бөлігін олар нығайтады, ал төменгі бөлігінде уақыт өткен сайын жеңіл компонент азайып таусылады. Сондықтан ректификациялық бағанды шартты түрде екі бөлікке ажыратады. Жоғарғы бөлігін нығайтушы, ал төменгі бөлігін тауысушы бөлік деп атайды. Бағанның міндетіне байланысты ол толық, яғни нығайтушы және тауысушы бөліктері болуы мүмкін немесе толық емес, яғни бір бөлігі жоқ болуы мүмкін. Бұл жағдайда баған бойымен көтерілетін бумен қамтамасыз ету үшін әртүрлі құрылмалардағы су қайнатқышты қолданады. Олар қондырғыға енгізілген не болмаса сыртқа шығарылған. Сыртқа шығарылған (вертикал немесе горизонтал) қайнатқыштар практикада көп қолданылады. осындай қайнатқыштарды жөндеу және қадағалау - күту ыңғайлы. Әдетте олар текшелік (кубовый) сұйықтың табиғи айналымын жақсарту үшін бағанның төменгі жағында орналасады.

Әдетте дефлегматорларды флегма бағанға өздігінен ағу үшін бағанның жоғарғы нүктесінен жоғары орналастырады. Баған едәуір жоғары болған кезде дефлегматорды төмен орналастырады, ал флегманы беру үшін арнайы сорғы қолдануға тура келеді. Ішіне дефлегматор енгізілген құрылымы бар ректификациялық қондырғылар да кездеседі. Мұндай жағдайда бағаннан шығатын бу мөлшері, қондырғыдан алынатын дистиллят мөлшеріне тең болады.

РҚ бөлінген қоспалардың қайнау температурасына байланысты келесідей түрде болады:

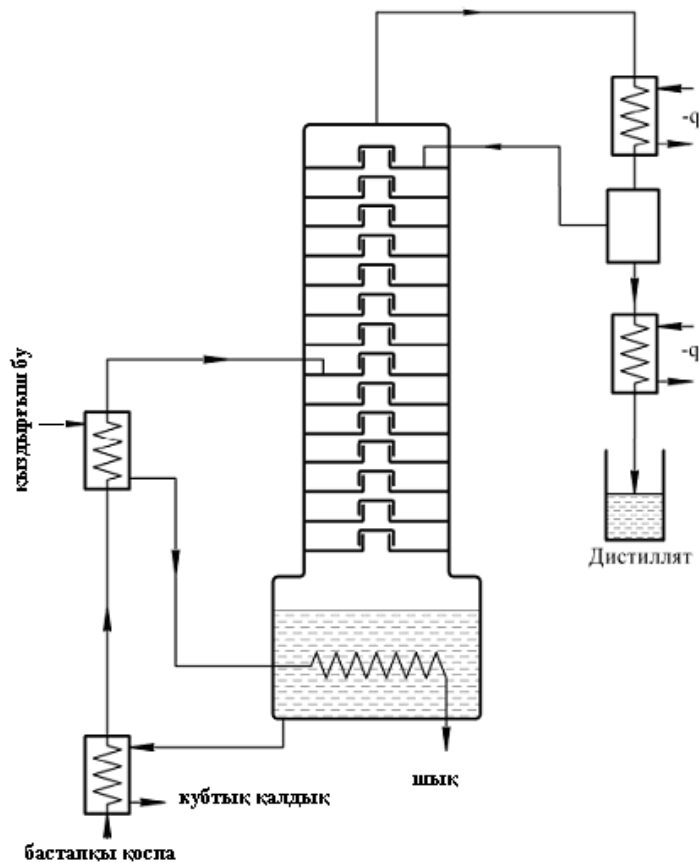
- атмосфералық қысым кезінде жұмыс істейтін – қайнау температурасы 30 °С-ден 200 °С-ге дейінгі қоспалар үшін;

- артық қысымда жұмыс істейтін - атмосфералық қысым кезінде қайнау температурасы 30 °С-ден төмен қоспалар үшін;

- вакуумдық жағдайда жұмыс істейтін - атмосфералық қысым кезінде қайнау температурасы 200°C -ден жоғары қоспалар үшін.

Вакуумды қолдану жоғары емес көрсеткіші бар буды қолдана отырып жоғары температурада қайнайтын қоспаларды ажыратуға мүмкіндік береді. Бастапқы қоспа нығайтушы бөліктің ең астыңғы тәрелкесіне, не болмаса тауыстайтын бөлігінің ең жоғарғы тәрелкесіне беріледі.

РҚ негізгі ерекшелігі ректификацияны жүргізу үшін олар өздеріне сәйкес жылуалмасу аспаптарымен қамтамасыз етілуі керек (су қыздырғышпен, ысытқыштармен, дефлегматормен, конденсатормен).

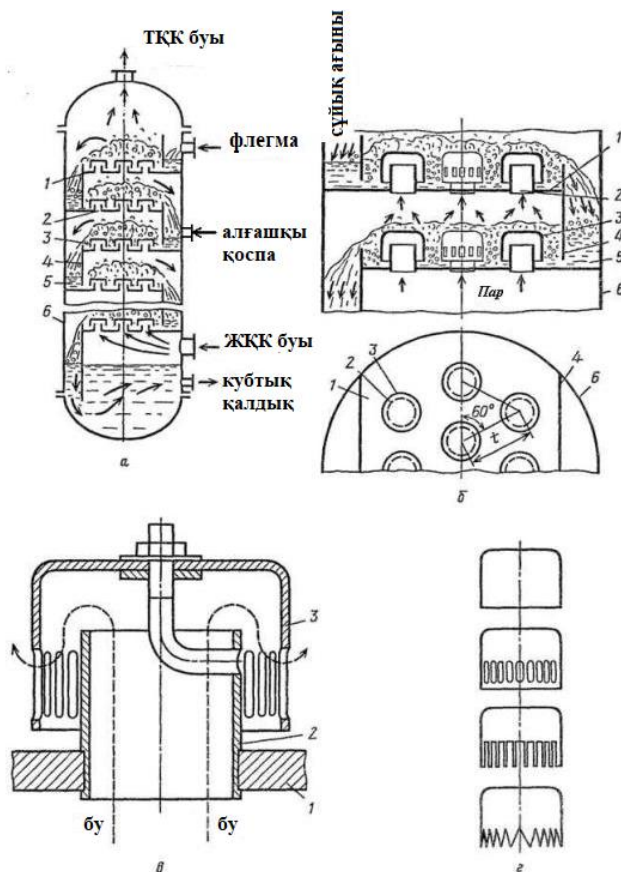


6.1 сурет – Үздіксіз әрекет етуші ректификациялық қондырғы

Көп жағдайда қоспаны РҚ-да қыздыру және буландыру үшін дыбыссыз су буын қолданады. «Өткір» немесе аса қызған бумен қыздыру тек қана су буы бар қоспалардағы жоғарғы температурада қайнайтын құраушыны айдайтын қондырғыларда жүреді. Будың орнына түтіндік газдарды, әртүрлі жоғары температуралы жылу тасымалдағыштарды, электрлік қыздырғыштарды қолдану оларды пайдалану қиындығы салдарынан іске аспады.

6.2 Ректификациялаушы бағандардың құрылымдары

Ректификациялау құбылысы тәжірибеде барботажды (6.2 сурет) немесе саптамалы (6.3 сурет) түрдегі бағандық құрылғыларда жүргізіледі.



- а) тәрелкелері бар баған; б) екі қатар орналасқан тәрелкелер; в) капсулдық қалпақша; г) капсулдық қалпақшаның формалары; 1 – тәрелке; 2 – бу құбыршасы; 3 - қалпақшалар; 4 – баспалдағы бар ағызушы қалқандар; 5 – гидравликалық бекітпелер; 6 – бағанның корпусы.

6.2 сурет - Баған мен қалпақшалы тәрелкелердің құрылғылары

Олардың жұмыс ережесі баған бойымен жоғары бағытталған бу мен төмен қарай ағып жататын сұйықтың-флегманың арасында үнемі болатын жылу-маңыз алмасу процесіне негізделген. Флегма мен будың қалпақшалы тәрелкедегі өзара әрекеттесуінің механизмін қарастырайық. Бағанның буландырғышында түзілген бу бірінші тәрелкеге келіп түседі де, қалпақшаның бу құбыршасы арқылы өтеді.

Сұйық фазаға біршама дәрежеге қалпақшалар батырылған. Нәтижесінде бу фазасы қалпақшалардың тетіктерінен өтіп, сұйық фазада көпіршік түрінде барботирленеді. Осының салдарынан бу фазасы қалпақтың кесіктері арқылы өтіп,

сұйық фазаға газ көпіршіктері түрінде енеді. Көпіршіктер сұйықтың бетіне тез ытқып шығады(барботаж). Көпіршіктер бу мен сұйық фаза арасында орын алатын жылу-маңыз алмасу процестерін шапшандатады.

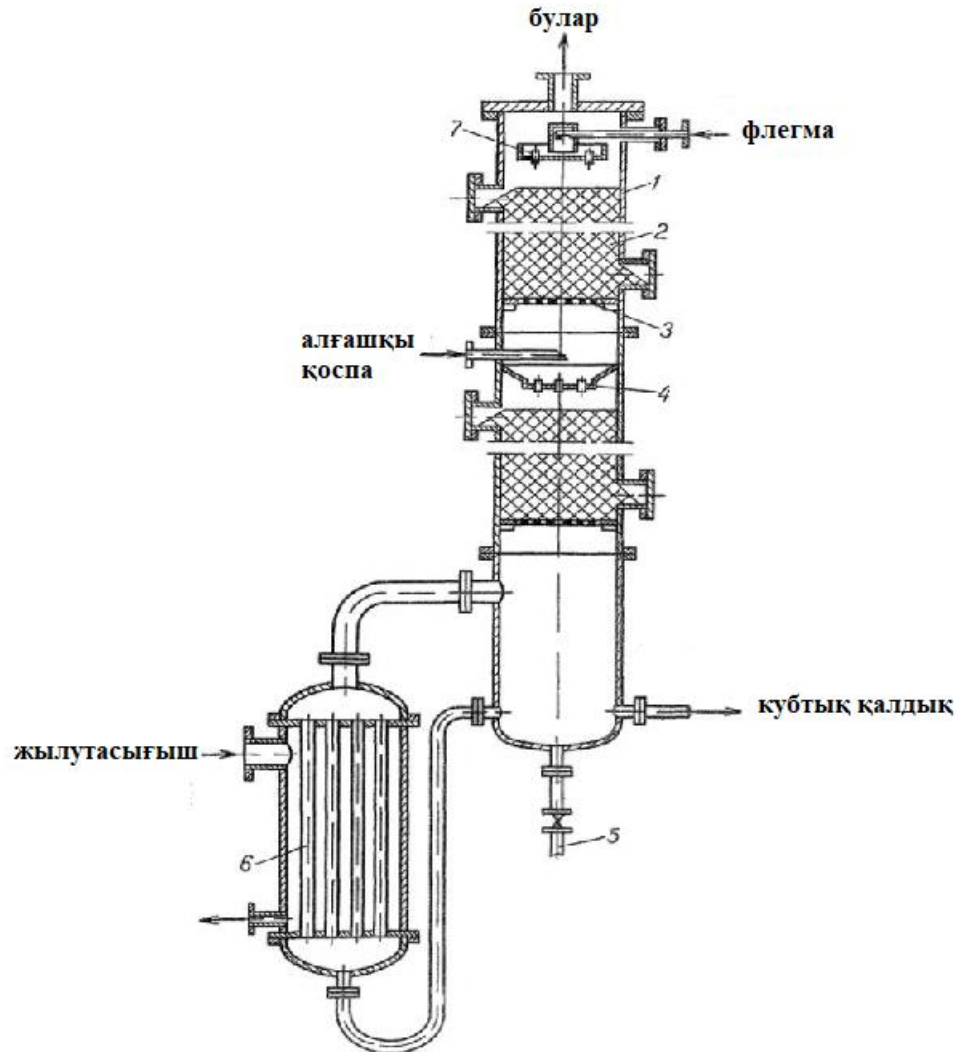
Будың сұйыққа қарағанда жоғары температурасы болғандықтан, бу сұйық фазамен өзара әрекеттескенде салқындайды және одан біртіндеп сұйық фазаға келіп қосылатын тез ұшпалы құраушылар шықтанады. Осылайша ол ауыр ұшпалылармен байытылады, ал буда тез ұшпалы құраушылардың құрамы артады. Бу фазасының шықтану жылуы флегмаға беріліп оны қайнау температурасына дейін қыздырады. Флегма қайнап одан тез ұшпалы құраушы біртіндеп буға айналады. Нәтижесінде бу фазасы тез ұшпалы құраушыға, ал сұйық фаза ауыр ұшпалы құраушыға байытылады.

Көп жағдайда капсулдық қалпақшалар немесе домалақ кескінді қалпақшалар ағызу және ағын құбырының диаметрлі қарама-қарсы орналасқан жағдайда диаметрі үлкен емес бағандарда қолданылады.

Ұқсас жылу - маңызалмасу құбылыстары саптамалы бағанның беттік элементтерінде үздіксіз жүреді.

Саптамалы бағандар құрылғылардың қарапайымдылығының, дайындау арзандығының және көбікті жұмыс тәртібі кезінде гидравликалық кедергі аздығының арқасында химиялық өнеркәсіптерде кеңінен таралды (6.2 сурет). Құрылымы жағынан аппарат цилиндр пішіндес, іші - кесектерінің нақты өлшемдері бар инерттік материалдармен толтырылған. Бу мен сұйықтың жылу алмасу бетін неғұрлым үлкейту үшін кесектер шар, сақина пішінді не болмаса толтырмасы бар денелер түрінде жасалады.

Саптамалы баған жұмысының кемшілігі болып көлденең қиманың бойымен сұйық пен бу таралуының біркелкісіздігі табылады. Бұл біртұтас барлық бағанның жұмыс тиімділігінің төмендігіне және оның әрбір бөліктерінің түрлі тиімділіктеріне әкеп соғады. Құрылғының тиімділігінің едәуір ұлғаюы саптаманы қолдану біртіндеп сұйыққа ену: осы кезде газ көпіршіктер түрінде сұйық қабатынан ытқып шығып отырады.



6.2 сурет - Су қыздырғышы бар саптамалы ректификациялаушы баған

7- Дәріс №7. Айдау және ректификация

Дәрістік сабақтың жоспары: Ректификациялаушы бағандарды есептеу әдісі. Сызбақтық (графикалық) әдіс. Ректификациялаушы бағанның материалдық балансы. Жұмыстық сызықтың теңдеуі. Берілген мәліметтердің құрамы.

Дәрістің мақсаты: Ректификациялық бағандарды есептеу әдістерін білу, ректификациялық қондырғылардың материалдық және жылулық балансын құрастыруды үйрену.

7.1 Ректификациялаушы бағандарды есептеу әдісі

РҚ есептеу нәтижесінде оның геометриялық өлшемдерін және су қайнатқыш, қыздырғыш, дефлегматор және шықтағыш үшін жылутасығыш шығындарын анықтайды. Геометриялық өлшемдер бағанның тәрелкелер орналасқан сатылар санына тікелей байланысты болғандықтан негізгі тапсырма олардың санын анықтау болып табылады. Тәрелкелер санын анықтаудың екі әдісі белгілі: графоаналитикалық (сызбақтық) және аналитикалық.

Сызбаның әдіс қарапайымдылығы мен көрнекілігіне байланысты белгілі бір мөлшердегі енгізу есебінен жететін біраз кеңейтулерге ие (мысалы, кейбір физикалық қасиеттер мен жүйелік ағындардың тұрақтылығы).

7.1.1 Сызбаның (графический) әдісі

Сызбаның әдіс нәтижесінде «теориялық тәрелкелердің» саны анықталады. Теориялық тәрелкелер астарында құрамы жұмыстықтан теңестікке дейін өзгертін бу мен сұйық арасындағы байланыс сатысы деген түсінік бар.

x_m, x_n – m және n номерлері бар тәрелкедегі сұйықтың ТТҚҚ құрамы, сәйкесінше бағанның жоғарғы (нығайтушы) және төменгі (тауысушы) бөліктері үшін. Тәрелкелердің номерін әрбір бөлік үшін жоғарыдан төмен жүргіземіз. y_i – i -ші тәрелкеден көтерілген будың ТҚҚ құрамы,

Ректификациялаушы бағанның материалдық теңестігі. 7.1 – суретте ректификациялаушы қондырғылар үшін материалдық теңестік теңдеуі массалық шығын формасында келесідей түрде жазылады:

$$G_F = G_W + G_D, \quad (7.1)$$

мұнда G_F, G_W, G_D - сәйкесінше бастапқы қоспадағы, дистилляттағы, текшелік қалдықтағы шығын кг/с;

(7.1) теңдеуінің екі жағын да дистилляттың молекулалық массасына μ_D бөлсек келесідей теңдеу аламыз

$$\frac{G_F}{\mu_D} = \frac{G_W}{\mu_D} + \frac{G_D}{\mu_D}, \quad (7.2)$$

$\frac{G_F}{\mu_D} = F - 1$ моль дистиллятқа келетін бастапқы қоспаның мольдік мөлшері немесе бастапқы қоспаның салыстырмалы шығыны;

$\frac{G_W}{\mu_D} = W - 1$ моль дистиллятқа келетін бағаннан жіберілген текше (кубтық) қалдығының мольдік мөлшері немесе текше қалдығының салыстырмалы шығыны;

$\frac{G_D}{\mu_D} = D$ – дистилляттың салыстырмалы шығыны.

Есептеуді жеңілдету үшін $D=1$ тең деп аламыз.

Бұл үш ағыннан басқа бағанның өзінде тағы да екі ағын бар: жоғарғы тәрелкеге қайта оралып, баған бойымен төмен қарай ағатын - сұйық (флегма), және баған бойымен текшеден (кубтан) жоғары көтерілетін – бу. Сондай-ақ

$\frac{G_V}{\mu_D} = V - 1$ моль дистиллятқа келетін, текшеден көтерілген будың мольдік мөлшері;

$\frac{G_R}{\mu_D} = R - 1$ моль дистиллятқа немесе флегма санына (флегманың салыстырмалы саны) келетін, бағанға қайта оралатын флегманың мольдік мөлшері.

Барлық бағандар үшін келтірілген мәндер есебінен өлшемсіз тәртіпте материалдық теңестік теңдеуі

$$F = W + D, \quad (7.3)$$

және ТҚҚ үшін

$$F \cdot x_F = D \cdot y_D + W \cdot x_W \quad . \quad (7.4)$$

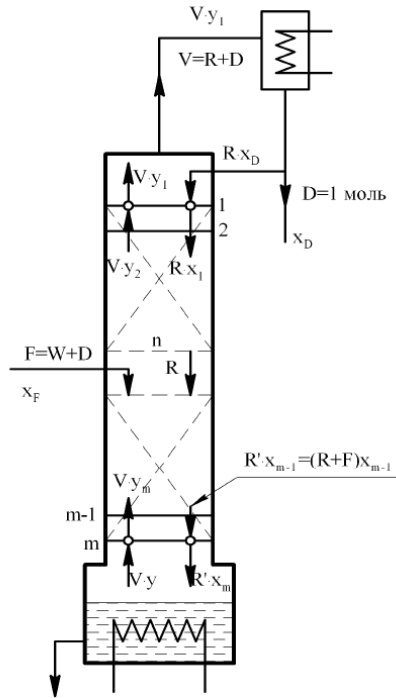
Жұмыстық сызықтың теңдеуі. 7.1-суретінде орнатылған белгіні қолданған РҚ-ның сұлбасы көрсетілген.

Сұлбаға сәйкес, зат шығынын ескерусіз ең жоғарғы тәрелке үшін материалдық теңестік теңдеуі

$$V \cdot y_2 + R \cdot x_D = V \cdot y_1 + R \cdot x_1 \quad . \quad (7.5)$$

Енгізулерді ескере отырып $y_1 = x_D$, және $V = R + D = W + 1$, екенін ескере отырып (7.4) теңдеуін келесі түрде жазамыз

$$(R + 1) \cdot y_2 = R \cdot x_1 + x_D, \quad (7.6)$$



7.1 сурет– Ректификациялаушы бағанның жұмыстық сызық теңдеуіне

Осыдан
$$y_2 = \frac{R}{R+1} R \cdot x_1 + \frac{x_D}{R+1}, \quad (7.7)$$

Кез келген n –ші тәрелке үшін

$$y_n = \frac{R}{R+1} R \cdot x_{n-1} + \frac{x_D}{R+1}, \quad (7.8)$$

$\hat{A} = \frac{R}{R+1}$ және $\hat{A} = \frac{x_D}{R+1}$, белгілеп, келесі теңдеуді аламыз

$$y_n = \hat{A} \cdot x_{n-1} + \hat{A}. \quad (7.9)$$

(7.9) теңдеуі түзу сызық теңдеуі болып табылады. Оны бағанның жоғарғы (нығайтушы) бөлігі үшін шоғырланған теңдеу деп атайды. Мұндағы А – абцисса осіндегі жұмыстық сызықтың тангенс көлбеулік бұрышы α , ал В-кескіні ордината осіндегі жұмыстық сызықпен кесілген кескін (7.2 сурет).

Сондай-ақ, бағанның төменгі бөлігі үшін тәрелке бағандарының бойымен қозғалған бірінші будың материалдық теңестік теңдеуі құрылады:

$$y_{m-1} = \frac{R+1}{R+F} \cdot x_m + \frac{F-1}{R+F} x_W. \quad (7.10)$$

$$A' = \frac{R+1}{R+F}, \quad B' = \frac{F-1}{R+F} x_W \quad \text{белгілеп, келесі теңдеуді аламыз}$$

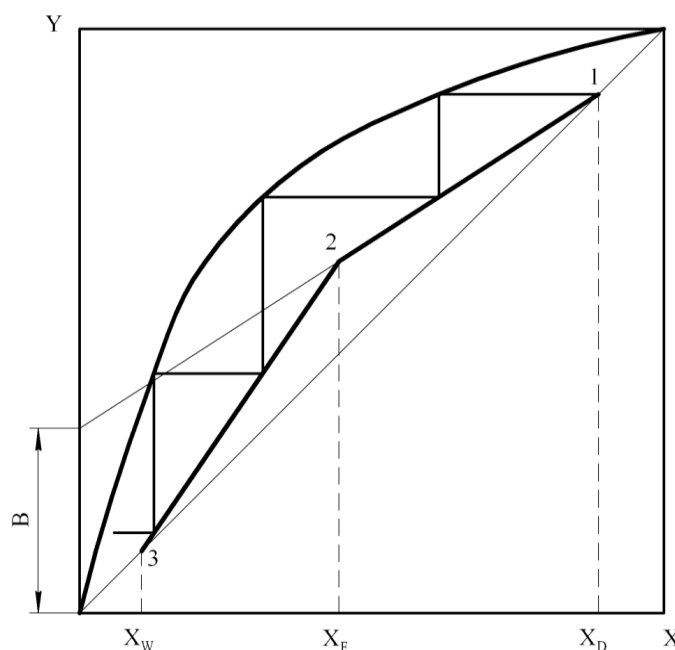
$$y_{m-1} = A' \cdot x_m + B'. \quad (7.11)$$

Бұл түзу сызықтың теңдеуі – оның абсцисса осіне көлбеулік бұрышының тангенсі - A' , ол ордината осінде B' тең кесіндіні құрайды. Бағанның жоғарғы және төменгі бөлік сызықтарының қиылысу нүктесі – екі кескінге де қажетті нүкте болып табылады, себебі – осы тұста бағанға алғашқы қоспа енеді.

Бастапқы мәліметтің құрамы. РҚ есептеу үшін бастапқы мәлімет ретінде: сәйкесінше x_F, x_D, x_W - бастапқы қоспадағы, дистилляттағы, текшелік қалдықтағы ТТҚҚ-ның құрамы алынады;

F, D, W - сәйкесінше x_F, x_D, x_W - бастапқы қоспадағы, дистилляттағы, текшелік қалдықтағы салыстырмалы шығындар;

R - флегма саны (флегманың салыстырмалы шығыны).



7.2 сурет – Теориялық тәрелкелердің санын анықтау

Бинар қоспаны бөлу үшін тәрелкелердің теориялық санын сызбалық анықтау тепе-теңдік диаграммасында жүргізеді (7.2 сурет).

Алдымен таңдап алынған екі құраушы үшін тепе-теңдік сызығы сызылады. Содан кейін абсцисса осінің бойына, құрамына сәйкес келетін бастапқы қоспаның, дистилляттың, текшелік қалдықтың мәндері нүктемен белгіленеді. Осы нүктелерден тік сызықтар сызылады. x_W және x_D нүктелерінен сызылған тік сызықтың қосымша диагональмен қиылысуынан 1 және 3 нүктелері анықталады.

Бағанның жоғарғы бөлігінің жұмыстық сызығын анықтау үшін В шамасы анықталады ((5.9) теңдеуден) және оның мәні кесінді түрінде ордината осінде белгіленеді. Кесіндінің жоғарғы нүктесі мен 1 нүкте қосатын түзу тұрғызылады. Пайда болған түзу мен x_F нүктесінен шыққан түзудің қиылысқан жерінен 2 нүктесін анықтаймыз. 2 және 3 нүктелерді қосып түзу сызамыз. Сынған сызық 1-2-3 – біртұтас барлық баған үшін жұмыстық сызық болып табылады (1-2 кесіндісі – нығайтушы бөлік үшін, ал 2-3 – тауысушы бөлік үшін) [2].

Теориялық тәрелкелер санын анықтау жұмыстық сызық және тепе-теңдік сызық арасындағы аймақтың тік және көлденең сызықтарының тізбектей құрылу жолымен іске асады. Бастапқы нүкте ретінде 1, ал соңы – тік түзу мен көлденең сызықтың қиылысуы x_W нүктесінен аяқталады. Пайда болған саты саны ректификациялаушы бағанға қажетті теориялық тәрелкелер санына сәйкес келеді. Әрбір көлденең аймақ тәрелкедегі сұйықтың құрамына сәйкес келеді, ал әрбір тік аймақ – тәрелкенің үстіндегі бу құрамының өзгеруіне сәйкес келеді.

Теориялық тәрелкелер санынан n_T оның нақты санына n_D өту тәсілінің бірі тәрелкенің пайдалы әсер коэффициентін η қолдану болып табылады:

$$\eta_D = \frac{n_T}{n} \quad (7.12)$$

Өндірістік РҚ-ны зерттеу нәтижесінде тәрелкелердің ПӘК-іне әсер ететін негізгі факторлар орнатылған:

- тәрелкедегі бу мен сұйықтың арасындағы байланыстың беттік ауданы;
- бу және сұйық қозғалысының салыстырмалы жылдамдығы;
- тәрелкелер арасындағы ара қашықтық;
- бағандағы қысым;
- бөлінуші қоспа және құраушының физико-химиялық қасиеттері.

Көптеген эксперименттік мәліметтер бойынша тәрелкенің ПӘК-і $\eta=0,2 \div 0,9$ аралығында өзгереді. Тура мәнді тек қана қоспаны бөлу кезінде нақты шарттар үшін бағалауға болады.

8-Дәріс №8. Төмен температураны алу әдістері

Дәріс сабағының жоспары: Температура деңгейлері бойынша тоңазытқыштар мен қондырғылардың жалпы сипаттамасы және жіктелуі. Тоңазытқыш және жылу сорғы қондырғыларындағы жылуды түрлендіру сұлбалары. Салқындатқыштар мен салқындатқыштар салқын тасымалдағыштар.

Дәрістің мақсаты: Тоңазытқыш қондырғылардың жалпы сипаттамасы және жіктелуін білу. Тоңазытқыш және жылу сорғы қондырғыларындағы жылуды түрлендіру сұлбасын ажырата білу.

8.1 Тоңазытқыш және қондырғылардың температуралық деңгейлері бойынша жалпы сипаттамасы және жіктелуі

Тоңазытқыш қондырғысы қоршаған ортаға қарағанда төмен температураларды салқындататын объектілерде алу және тұрақтандыру үшін пайдаланылатын машиналар мен аппараттар кешені болып табылады. Қондырғы бір немесе бірнеше Тоңазытқыш машиналардан, қоршаған ортаға жылу тарату жабдықтарынан, суықты тарату және пайдалану жүйесінен тұрады.

Жұмыс істеу принципі бойынша тоңазытқыш қондырғылары суық өндіру үшін механикалық жұмыс шығындарын (бу немесе электр жетегінен) талап ететін компрессиялық Тоңазытқыш машиналарына және суық өндіру үшін жылу шығындарын талап ететін абсорбциялық және бу-эжекторлық эжекторлы қондырғыларға бөлінеді.

Тоңазытқыш машиналардың негізгі мақсаты жасанды суықты өндіру немесе салқындатылатын объекіден жылуды шығару болып табылады. Тоңазытқыш қондырғылардың көмегімен әртүрлі объектілердің температурасын төмендетуге немесе қоршаған ортамен салыстырғанда шектеулі көлемде төмен температураны ұстап тұруға болады. Қазіргі уақытта өнеркәсіпте және халық шаруашылығында Тоңазытқыш машиналардың рөлі өте маңызды.

Тоңазытқыш қондырғылары тамақ және сауда кәсіпорындарының ажырамас жабдығына айналды және технологияның әртүрлі салаларындағы процестерді күшейтуге арналған қуатты құрал болып табылады. Жасанды суықтың негізгі тұтынушыларының бірі - мұнай, газ және химия өнеркәсібі. Сонымен қатар, суыққа деген қажеттілік соншалықты жоғары, сондықтан суықты өндіруге жұмсалатын энергия шығыны кейбір жағдайларда өнеркәсіптік объектілер орналасқан аудандардың энергетикалық балансында көрініс бере бастайды.

Химия өнеркәсібінде жасанды суық пластмассалар мен жасанды талшықтар өндірісінде, көлікте – ауа баптау жүйелерінде қажет.

Газ өнеркәсібінде суық газды тасымалдауға дайындық кезінде және мұнай және газ конденсаты кен орнының газдарын өңдеу процесінде кеңінен қолданылады. Төмен температуралы сепарациялау әдісімен тасымалдау алдында газды өңдеу және газ құбырындағы ең төменгі температурадан төмен газ шық нүктесінің температурасын төмендету

Машина жасау мен металлургия үшін де жасанды салқын қажет. Болатты төмен температураларда өңдеу үшін оны $-30^{\circ}\text{C} \dots -120^{\circ}\text{C}$ аралығында салқындатады. Жоғары температуралар аралығында әдетте екі сатылы бу компрессиялық машиналар -60°C дейін немесе каскадтық машиналар -80°C дейін жасанды салқынды камераларда немесе шкафтарда дайындайды. Төменгі

температуралар аралығында -120°C дейін салқындату сұйық азотты қолдану негізінде жүзеге асырылады.

Машина жасауда көнерген өлшегіш инструменттердің (калибрлер, қапсырмалар) өлшемдерін қалпына келтіру үшін, олардың металдық құрамын өзгерту, нақты айтқанда қалдық аустенитті мартенситке айналдыру үшін төмен температурада еріксіз түрде салқындатады, сол кезде инструменттерді пайдалану мерзімі ұзарады.

Құбырларды ию кезінде оларды алдымен құммен, немесе шырша шайырымен толтырып, сосын пішінін өзгертеді. Егер құбырды сумен толтырып кейін суды мұздатып, құбырды иген кезде оның сопақтығы және иілу радиусы жақсарады және ішкі бетінің тазалығы күшейеді.

Машина жасау зауыттарында сығылған ауаны құрғату үшін оны арнайы салқындатушы қондырғыларда алдымен салқындатады.

Қорытындылап келгенде жасанды салқынды айтылған салалардан басқа құрылыста, тұщы су дайындауда, жасанды мұз айдындарында, медицинада, құрғақ және су аралас мұз дайындау үшін де қолданады.

Осы айтылған салаларда кездесетін технологиялар ерекшеліктері салқындатушы қондырғыларға бірнеше талаптар қоюды көздейді. Атап айтқанда салқындатушы қондырғылар салқынды өте көп мөлшерде өндіруі тиіс; олардың жұмыс атқару сенімділігі мол және қызмет көрсету уақыты ұзақ болып; жұмыс барысында арзан хладагенттерді (осы кәсіпорынның негізгі және жанама өнімдерін) қолдану мүмкіндігін көздеуі; берілген өндірісте қолда бар энергетикалық ресурстарды қолдануы және мүмкіндігінше автоматты түрде жұмыс жасауы қажет.

Осы аталған талаптарға толығымен сәйкес келетін машиналарға ортадан тепкіш және винттік компрессорлармен жабдықталған бу компрессиялық салқындатушы машиналар, сонымен қатар абсорбциялық машиналар жатады.

Абсорбциялық машиналар энергия көздері ретінде технологиялық процестердің жылуын, жылу электр орталықтарының екінші энергетикалық ресурстарын немесе кері суларын қолданады.

Төмен температураларды беретін қондырғылар үш топқа бөлінеді:

- таяз салқындатушы қондырғылар (-180°C дейін);
- терең салқындатушы қондырғылар (-270°C дейін және одан жоғары);
- өте төмен температуралар беретін қондырғылар (-270°C төмен).

Өте терең салқындатушы қондырғылар тәжірибелік техникада және газ қоспаларын ажырату үшін, газдарды сұйылту үшін кеңінен қолданылады, себебі газдардың қалыпты шықтану температурасының мәндері өте төмен. Мысалы кейбір газдар үшін шықтану температурасы мәндері төмендегі 8.1-кестеде көрсетілген.

8.1 кесте – Шықтану температурасы өте төмен газдар

Газ атауы	CH ₄	O ₂	N ₂	H ₂	He
<i>T</i> , К	111	90	77	20	4
<i>t</i> , °С	-162	-183	-196	- 253	- 269

Сұйытылған газдарды тасымалдау өте жеңіл. Төмен температуралық ажырату негізінде алынған келесі газдарды өте көп мөлшерде пайдаланады: *O*₂ – оттегі үрлеуі үшін, *N*₂ - химиялық тыңайтқыштар алу үшін, *CH*₄ - пластмасса жасау үшін, *H*₂- аса құнды калориялы отын ретінде, *He* - жылутасығыш ретінде.

Абсолюттік нөлге жуық температуралар $T \approx 0\text{K}$ алу, аса өткізгіштік, тез аққыштық және т.б. құбылыстарды зерттеуге қажет аппараттар мен приборлар үшін қажет. Қазіргі техника мен ғылым абсолюттік нөлге тең температурадан мыңнан бір градусқа ғана ажырайтын температура алуға мүмкіндік береді.

Жасанды салқынды қолдану салаларын қортындылай отырып, жасанды салқын беретін төменгі температураларды алты аймаққа бөлуді ұйғарады [7]:

I – ауаны баптау жүйелері: 0°С пен 20°С аралығында;

II – салқындатушы қондырғылар: 0°С пен (-127)°С аралығында;

III – ауаны ажыратуға және аталған сұйық газдарды алуға *O*₂, *N*₂, *Ar* қажет криоген қондырғылары: (-127)°С пен (-200)°С аралығында;

IV – сұйық газдар *H*₂, *He* дайындаушы қондырғылар: (-200)°С пен (-260)°С аралығында;

V – сұйық *He* дайындаушы қондырғы: (-260)°С пен (-270)°С аралығында ;

VI – өте төмен температураларды алуға мүмкіндік беруші тәжірибелік қондырғылар (-270°С төмен).

8.2 Салқындатушы және жылу айдағыш қондырғыларында жылуды түрлендіру сұлбалары

Салқындатушы машиналарды басқаша жылу трансформаторлары деп атайды. Осы атауынан, машинаның жылуды температурасы төмен T_n денеден (жылу бергіштен) жылуды температурасы жоғары денеге T_b (жылу қабылдағышқа) тасымалдау міндетін атқаратынын көреміз. Бұл процестерді іске асыру үшін термодинамиканың II заңына сәйкес механикалық, электр немесе химиялық байланысқан энергияны жұмсау қажет.

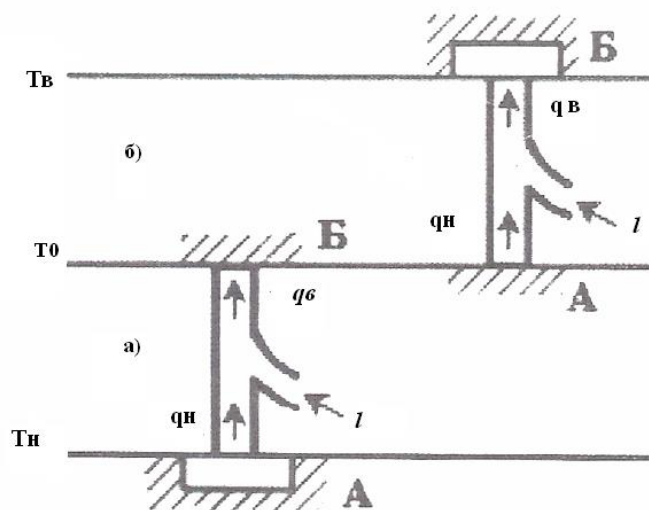
Өтетін процестің қоршаған орта температурасына T_0 қарасты температуралық деңгейіне байланысты трансформаторлар келесі түрлерге бөлінеді:

- салқындатушы қондырғылар (егер $T_n < T_0$);

- жылу айдағыш қондырғылар (егер $T_n > T_0$).

Жылуды түрлендірудің түпкілікті сұлбасы 8.1-ші суретте көрсетілген. Салқындатушы қондырғыда салқындайтын А денесі хладагентке (қайнау температурасы өте төмен сұйыққа) өз жылуын q_n мөлшерде температурасы $T_n < T_0$ жағдайда береді. Сырттан l механикалық жұмыс жасалып, хладагенттің температурасы T_0 -ге дейін жоғарылайды. Жылынған хладагент өзінің $q_6 = q + l$, жылуын қоршаған ортаға (Б денесіне) береді.

Жылу айдағыш қондырғыда температурасы қоршаған ортаның температурасына T_0 -ге тең А денесі, температуралық деңгейі одан өте жоғары Б денесіне қоршаған ортаның жылуын береді.



8.1 сурет – Салқындатушы (а) және жылу айдағыш (б) қондырғыларда жылуды түрлендіру сұлбалары

9- Дәріс №9. Төмен температураны алу әдістері

Дәрістік сабақтың жоспары: Хладагенттер және салқын тасығыштар. Хладагенттерді пайдалану сипаттамалары. Хладагенттердің жылуфизикалық және физика-химиялық, физиологиялық қасиеттері. Қазіргі замандық бу компрессиялық салқындатушы машиналардың БКСМ хладагенттері.

Дәрістің мақсаты: Тоңазытқыш қондырғылардың жұмыс заттарын білу, олардың жалпы сипаттамасын анықтауды үйрену.

9.1 Хладагенттер және салқын тасығыштар

Салқындатушы агенттің (хладагенттің) қатысуымен бу компрессиялық машинада, кондиционерде кері айналмалы процесс, немесе айналым жүзеге асады. Идеал бу компрессиялық машина келесі негізгі төрт элементтен тұрады: буландырғыш, компрессор, конденсатор, кеңейткіш.

Хладагент салқындатылатын ортадан жылуды жұтады да, буландырғышта өте төмен температурада t_0 қайнап, буға айналады, кейін бойындағы жылуын конденсаторда, оны салқындататын ортаға(ауаға, суға) береді, сол кезде хладагент шықтану температурасында t_k будан сұйыққа айналады.

Хладагент ретінде өздеріне тән ерекше термодинамикалық, физика-химиялық және физиологиялық қасиеттері бар заттарды қолданады, олар салқындатушы машинаны қауіпсіз және тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Хладагенттің термодинамикалық қасиеттері оны пайдаланудың энергетикалық тиімділігін сипаттайды, яғни бірлік салқын өндіру үшін шығындалған ең аз энергия мөлшерін көрсетеді.

Салқындатушы машина өндірген салқын мөлшерінің Q_0 , осы салқынды өндіруге жұмсалған қуатқа N қатынасы салқындату еселеуіші деп аталады

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{N}. \quad (9.1)$$

Әдетте салқындатушы техникада бұл шаманы салқындатушы машинаның энергетикалық тиімділігі сипаттамасы ретінде қолданады. Хладагенттің маңызды сипаттамасы болып, оның меншікті булану жылуы r , кДж/кг саналады, себебі ол салқын өндірулікке және салқындату еселеуішіне көп әсерін тигізеді. Неғұрлым r шамасы жоғары болса, соғұрлым компрессор будың v , м³/кг меншікті көлемін азырақ сорып алады, яғни компрессор аз бу мөлшерін сығымдаса, оған сәйкес аз энергия шығыны болады.

9.2 Хладагенттердің пайдаланымдық сипаттамалары

Хладагенттің ең маңызды пайдаланымдық қасиеттеріне қысымы және оған сәйкес келетін қайнау кезіндегі қанығу және шықтану температурасы жатады. Олар келесідей белгіленеді: p_0 және t_0 - қайнау қысымы және температурасы, p_k , t_k - шықтану қысымы және температурасы.

Салқындатушы машинаны пайдалану кезінде хладагенттің қайнау қысымының мәні p_0 атмосфералық қысымнан жоғары болғаны қолайлы. Сол кезде ғана машина жүйесіне қоршаған ортадан ауа кірмейді. Ал конденсатор, ресивер және т.б. қабырғаларының қалыңдығы шықтану қысымының p_k мәніне тәуелді, басқаша айтқанда жүйенің метал сыйымдылығы осы қысыммен анықталады.

Сонымен қатар бұл қысымдардың қатынасы $\frac{p_k}{p_0}$ білген де маңызды,оны көбінесе сығу дәрежесі деп атайды. Дұрысырақ атаса, қысымның жоғарылау дәрежесі деп саналады. Осы қысымдар қатынасының мәні неғұрлым аз болғаны жөн, себебі ол жоғарылаған сайын энергия шығыны көбейеді, машинаның салқын

өндірулігі төмендейді және компрессордың көлемдік және энергетикалық сипаттамалары нашарлайды.

Компрессорда буды сығу кезінде оның ең соңғы адиабатылық температурасы өте төмен болғаны дұрыс. Осы температура компрессордың қызып кетуіне, компрессордың қысымдаушы клапандарының сенімді жұмысына және оның мүмкіндігінше ақаусыз ұзақ жұмыс жасау ұзақтығына көп ықпалын тигізеді. Көптеген жағдайда осы температураның мәні бойынша компрессордың құрылымы анықталады: мысалы оны салқындатушы көйлекшемен жабдықтау, электр қозғалтқышын компрессормен бірге орнату қажеттіктері [9,10].

Хладагенттің қатаю температурасы t_3 - оны қолдану мүмкіндігін тежейтін температураның ең төменгі шегі болып табылады.

Критикалық температура t_k мен қысым p_k хладагент сұйық күйде болатын аймақтың ең жоғарғы шегін көрсетеді. Критикалық параметрлерден жоғары қысымдар мен температураларда хладагент газдық күйін сақтайды, яғни оның қайнауы және шықтануы мүмкін болмайды.

9.3 Хладагенттердің жылуфизикалық қасиеттері

Хладагенттердің жылуфизикалық қасиеттерін білу салқындатушы машиналарды құрастыру және дұрыс пайдалану үшін өте маңызды.

Хладагенттің тығыздығы ρ , кг/м³ оның құбырлармен қозғалуына және клапандардан өту кедергісіне төтеп беруіне ықпалын тигізеді.

Хладагенттің жылу өткізгіштік еселеуіші λ , Вт/м °С аппаратта оның шықтану және қайнау процестерінде жылу беру мүмкіндігін анықтайды.

Хладагенттің динамикалық тұтқырлығы μ , Па·с компрессор клапандарындағы энергия шығындарын анықтайды. Сұйық хладагенттің жылу сыйымдылығының мәні аппараттағы жылу алмасу процестерін үдету үшін маңызды.

9.4 Хладагенттердің физика-химиялық және физиологиялық қасиеттері

Хладагенттердің негізгі физика-химиялық қасиеттеріне электр өткізгіштігі, суда және майда ерігіштігі және құрылымдық материалдармен әсерлесуі жатады.

Аммиак суда жақсы ериді, ал майда мүлдем ерімейді және электр тогын өткізеді.

Фреондар керісінше: майда жақсы ериді, ал суда мүлдем ерімейді және электр тогын өткізбейді.

Салқындатушы қондырғыларды қауіпсіз пайдаланудағы хладагенттердің ең басты қасиеттері: усыз болуы және өрт және жарылыс туғызбауы. Хладагенттердің аталған қасиеттері физиологиялық деп аталады.

Хладагенттің улылығы оның салыстырмалы қасиеті. Оны хладагенттің ауадағы қауіпті концентрациясы арқылы сезеді. Егер бөлмедегі ауада оның концентрациясы ауаны ығыстырып жіберіп, адамдардың тыныс алуын қиындатса, хладагенттер улы деп саналады. Улылықты улылық көрсеткіші k_{TO} еселеуіші арқылы бағалайды:

$$k_{TO} = \frac{P_{20}}{ПДК} \quad , \quad (9.2)$$

мұнда p_{20} - хладагент буларының 20 °С - температурадағы тығыздығы, ал ПДК – хладагенттің ауада шекті мүмкін болатын концентрациясы, мг/м³.

ПДК және k_{TO} шамаларының жиі қолданылатын бірнеше қатар хладагенттер үшін мәндері төмендегі кестеде көрсетілген.

9.1 кесте – Өртүрлі хладагенттер үшін ПДК және k_{TO} мәндері

Хладагент	АШК, мг/м ³	$K_{mo} \times 10^{-3}$
R11 - фреон 11	1000	15
R12 – фреон 12	300	9
R22 – фреон 22	3000	10
R502 - фреон 502 азеотропты қоспа	3000	20
R717- аммиак	20	300

9.5 Қазіргі замандық бу компрессиялық салқындатушы машиналардың БКСМ хладагенттері

Қазіргі замандық бу компрессиялық салқындатушы машиналар жұмысында фреондар ең көп қолданылады. Фторланған хладагенттер – гомогендік көмір сутектер тобынан құралған қосылыстар. Олар осы қосылыстағы сутегінің бір немесе бірнеше атомының орындарын хлор, фтор немесе бром атомдарының орын басуы арқылы пайда болады.

Фреондар – құрамында хлоры және фторы бар жасанды жолмен синтезделген көмірсутектер. Оларды Ф-12, Ф-22 немесе R12, R22 деп белгілейді.

Фреон–12 (хладон) транспорттағы, сауда және үйдегі шағын салқындатушы қондырғыларда пайдаланылады. Фреон–22 тез мұздатушы қондырғыларда пайдаланылады. Мысалы өнеркәсіптік және үйдегі мұздатқыш камераларда.

Атмосфераның жоғарғы қабаттарында тек озоннан тұратын қабатша қалыптасқан, ол өз тарапынан күннен кеп түсетін қуатты ультра күлгін сәулелерді жұтып алып, жердегі флора мен фаунаны қорғайды. Құрамында фтор мен хлоры бар фреондар осы қабатшаға ыдыратушы әсерін тигізіп, оны шапшаң жойып жібереді. Сондықтан 1987 жылы күшіне енген Монреаль хаттамасы бойынша ең көп тараған R 12 басталатын фреондар қатарын пайдалануға бірте-бірте тыйым салына бастаған. Олардың орнын құрамында фтор мен хлоры жоқ жаңа агент R 134a басуы көзделген. Бірақ R 12 фреонды R 134a алмастырған кезде компрессордың майын жаңартып, қондырғының май жүйесін мұқият жуып-шаю қажет. Бұл әрекеттер салқындатушы қондырғыларды жаңа хладагентке жаппай көшіру қадамын баяулатады. Сондықтан R 12 қолданатын салқындатушы қондырғыларды уақытша R 407C, C10M1 және басқа да агенттерге көшіруге рұқсат етілген. Олар құрамына ұшпа R 12 кірмейтін басқа фреондардан тұрады.

Аммиак - R717 осы күнге шейін қолданылып келе жатқан ең «көне» хладагенттің бірі. Аммиактың меншікті булану жылуы өте жоғары және оны қолданушы салқындатушы машинада меншікті энергия шығындары өте шамалы. Сонымен қатар ол өте арзан, сұйық күйінде жылу өткізгіштігі өте жоғары, сондықтан қайнау және шықтану процестерінде жылу алмасу шапшаң жүреді.

P_0 және P_k қысымдарының аммиак үшін мәндері өте төмен, сондықтан салқындатушы қондырғының металл сыйымдылығы жоғары. Өткір жағымсыз иісі оның жүйеден шығып кеткенін тез аңғартады. Адамдар тіптен аммиактың аудағы концентрациясы өте аз - 0,035 мг/л болған жағдайда да, оның иісін сезеді.

Аммиакты стационарлық өнеркәсіптік қондырғыларда пайдаланады. Этилен мен пропанды ғылыми қондырғылар мен төмен температуралы өндірістік қондырғылар пайдаланады. Ылғалсыз таза аммиак металды коррозияға ұшыратпайды, бірақ ылғалды жағдайда ол түсті металды (мысты, жезді) тотықтырады. Сондықтан аммиакпен жұмыс жасайтын қондырғыда түсті металдарды пайдаланбайды.

Аммиак майда мүлдем ерімейді, ал суда шексіз ериді және электр тогын өткізеді. Аммиактың аталған қасиеттері оны салқын өндірулігі жоғары салқындатушы қондырғыларда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Дегенмен аммиак аса улы, өртену қауіптілігі және жарылғыштығы оның аудағы концентрациялары 15 және 28% аралығында болғанда өте жоғары.

Егер салқындатушы қондырғы бірнеше қолданушыларға қызмет көрсететін болса, оның буландырғышы қолданушылардың барлық нысаналары мен материалдарын тікелей салқындата алмайды. Бұл жағдайда

тұзды ертінділер негізінде салқындату іске асады. Яғни төмен температурада қатаймайтын тұз ертіндісі аралық салқын тасығыш ролін атқарады, ол буландырғыш пен салқындатылатын нысана арасында үнемі айналмалы қозғалыста болып, салқынды тасымалдайды.

Салқын тасығыш ретінде судағы ас тұзы ертіндісі NaCl –хлорлы натрий және хлорлы кальций ертіндісі қолданылады, себебі бұл сұйықтардың қатаю температурасы өте төмен, бағалары арзан. Сонымен қатар салқын тасығыш ретінде судағы диэтиленгликоль ертіндісі қолданылады, ал төмен температуралы қондырғыда фреон-30 да қолданыс тапқан, себебі ол металды тотықтырмайды, жанғыштық қасиеті жоқ және жылу сыйымдылығы шамалы.

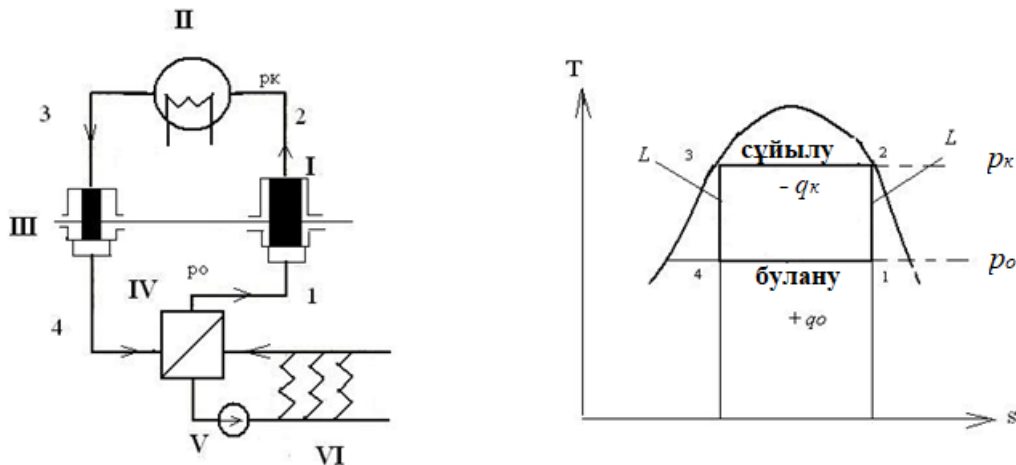
10 -Дәріс №10. Төмен температураны алу әдістері

Дәрістік сабақтың жоспары: Бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғылар. Идеал бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғының сұлбасы және оның $T - s$ диаграммадағы циклі. Нақты бір сатылы және екі сатылы бу поршенді тоңазытқыш қондырғысының сұлбасы және оның $T - s$ диаграммадағы циклі.

Дәрістің мақсаты: Бу компрессиялық тоңазытқыш қондырғылардың жұмысын білу, олардың жұмыс сипаттамаларын анықтауды үйрену.

10.1 Бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғылар. Идеал бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғының сұлбасы және оның $T - s$ диаграммадағы циклі

Ең көп таралған және құрылымдық жағынан жетілу мен үнемділіктің жоғары деңгейіне жеткен - поршеньді компрессоры бар тоңазытқыштар. Бу компрессиялық тоңазытқыш машиналар. Бу компрессиялы тоңазытқыштарда төмен қайнау температурасы бар сұйықтықтар жұмыс денесі (хладагент) ретінде қолданылады. Идеал буткомпрессиялық тоңазытқыш машинасының жұмысы (10.1 сурет) теориялық тұрғыдан кері Карно циклі бойынша жүзеге асырылады.



I-компрессор; II-конденсатор; III - кеңейту цилиндрі-детандер; IV - буландырғыш; V - сорғы; VI - суық тұтынушылар
 10.1 сурет - Идеалды бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғы сұлбасы және оның $T - s$ диаграммадағы жұмыс циклі

Салқынды тұтынушылардан оқшауланған салқындатқыш сұйықтығы IV буландырғышқа түседі. Салқындатқыштар ретінде тұздардың сулы ерітінділері, су немесе атмосфералық қысым кезінде өте төмен мұздату температурасы бар басқа заттарды қолданады. Буландырғышта салқындатқыш тоңазытқыш қондырғысының жұмыс затымен (хладагентпен) жылу алмасуы нәтижесінде салқындатылады және V сорғысының көмегімен салқынды тұтынушыларға қайтып келеді. Хладагент өз кезегінде жылу алмасу нәтижесінде қызады, қайнау күйіне жетеді және I поршенді компрессорда сығылады. Сығылу кезінде салқындатқыш буларының температурасы мен қысымы артады. Содан кейін салқындатқыштың сығылған буы конденсаторға барады да, онда ол тұрақты температурада конденсацияланады. Әрі қарай конденсат детандерге жіберіледі, онда адиабатикалық жағдайларда кенеттен кеңею нәтижесінде оның температурасы төмендейді және буландырғышқа беріледі, онда айналымдық процесс қайтадан басталады. Кеңейту цилиндрі бар детандер III поршенді компрессормен бір білікте орналасқан.

Сонымен, идеалды тоңазыту циклі төрт процестен тұрады: хладагент буының адиабатты сығылуы; конденсаторда будың изотермиялық конденсациялануы; детандерде сұйық хладагенттің адиабатты кеңеюі және хладагенттің изотермиялық булануы. 10.1-суретте көрсетілген идеалды бу компрессиялы қондырғының жылу балансы

$$q_0 + L_k = q_k + L_d \quad (10.1.)$$

немесе

$$q_k = q_0 + (L_k - L_d) = q_0 + L, \quad (10.2)$$

мұнда q_0 - буландырғышқа берілген жылу, кДж/кг;
 q_k - конденсатордан бөлінген жылу, кДж / кг;

$L_k = (i_2 - i_1)$ - компрессордағы хладагент буының сығылу жұмысы, кДж / кг;

$L_d = i_3 - i_4$ - детандердегі хладагент буларының кеңейу жұмысы, кДж / кг;

i_1, i_2, i_3, i_4 - хладагенттің $T - s$ диаграммадағы сәйкес нүктелердегі энтальпиялар.

T_0 температурада жұмыс істейтін идеал бу компрессиялық қондырғының энергетикалық тиімділігінің көрсеткіші ретінде салқындату коэффициенті $\varepsilon_{и}$ алынған, ол салқын өндірулігінің немесе температурасы T_0 денеден буландырғышқа жеткізілген q_0 жылу мөлшерінің, компрессордың жұмысына шығындалған энергия мөлшеріне қатынасы болып табылады

$$\varepsilon_{и} = \frac{q_0}{L}. \quad (10.3)$$

Идеал бу компрессиялық қондырғы үшін (10.1.) теңдеуінен жұмысты келесі жолмен анықтайды

$$L = q_k - q_0. \quad (10.4)$$

Бұл шаманы (10.3) өрнегінде қолдансақ, идеалды тоңазытқыш қондырғының коэффициенті үшін келесі формуланы табамыз

$$\varepsilon_{и} = \frac{q_0}{q_k - q_0} = \frac{\text{пл.1-4-6-5-1}}{\text{пл.1-2-3-4-1}} = \frac{\Delta s T_0}{\Delta s (T_k - T_0)} = \frac{T_0}{T_k - T_0} = \frac{1}{\frac{T_k}{T_0} - 1}. \quad (10.5)$$

Идеалды цикл үшін тоңазытқыш коэффициенті қолданылатын хладагент түріне және T_k, T_0 изотермалардағы 1 және 2 нүктелерінің жағдайына тәуелді болмайды. Ол $(T_k - T_0)$ температуралар айырмасы мен T_k/T_0 қатынасына тәуелді. 10.1-кестеде $\varepsilon_{и}$ шамасының T_k/T_0 қатынасына тәуелділігі көрсетілген. Температуралардың өзара қатынасына төмендеген сайын $\varepsilon_{и}$ коэффициенті кішірейеді.

10.1кесте - Идеалды цикл үшін тоңазытқыш коэффициентінің конденсатордағы және буландырғыштағы температуралардың өзара қатынасына тәелділігі

$\frac{T_k}{T_0}$	1	1.05	1.3	1.20	1.30	1.40	1.50
$\varepsilon_{и}$	∞	20	10	5	3.33	2.5	2.0

Егер $T_k=T_B$ (T_B - конденсатордағы салқындатқыш судың температурасы), қабылданатын болса және (10.5) теңдеудің алымын да, бөлімін де T_B бөліп жіберсе, онда бу компрессиялық идеал тоңазытқыш қондырғының тоңазытқыш коэффициенті шығады

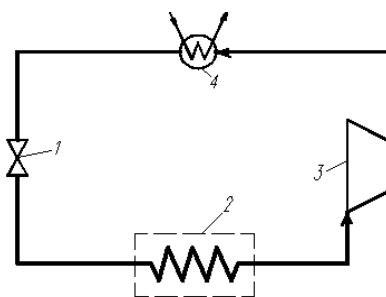
$$\varepsilon_{и} = \frac{\frac{1}{T_B}}{\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_B}}. \quad (10.4)$$

10.2 Ылғалды және құрғақ циклдарды іске асыратын бір сатылы бу компрессиялы тоңазытқыш қондырғы схемасы және $T - s$ диаграммада циклдарды бейнелеу

Тоңазытқыш қондырғыда изотермиялық процесте жылу беруді және шықтануды жүзеге асыруға болады, егер салқындатқыш ретінде қандай да бір жеңіл қайнайтын сұйықтықты хладагент ретінде пайдаланатын болса. Мұндай сұйықтықтың атмосфералық қысымда қайнау температурасы $t_0 \leq 0^\circ\text{C}$ болуы қажет.

Хладагент ретінде жеңіл қайнайтын сұйықтардың ылғалды буын қолданушы қондырғылар құрамына кеңейткіш детандер кірмейді. Оның орынын дросселдеуші вентиль атқарады. Егер детандер, оның ішіндегі будың көлемі ұлғайғанда сыртқы ортаға жұмыс жасайтын болса, дросселдеуші вентиль ондай жұмыс жасамайды. Яғни дросселдеуші вентиль тек қана оның ішімен қозғалатын хладагенттің дросселденуіне жол береді.

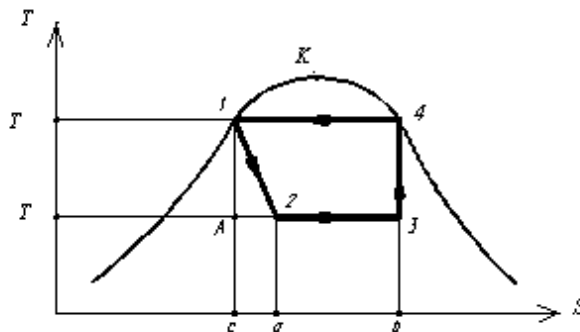
Ылғалды бумен циклды жүзеге асыратын тоңазытқыш қондырғысының схемасы 10.2-суретте көрсетілген.



1-дроссельдік вентиль; 2-буландырғыш; 3-турбокомпрессор;
4 -конденсатор

10.2 сурет - Ылғалды циклді іске асыратын бір сатылы бу-компрессиялық тоңазытқыш қондырғының сызбасы

Дросселдік вентилден өткенде хладагенттің қысымы күрт төмендеп, көлемі кенеттен ұлғаяды, мұның өзі хладагент температурасының тез арада төмендеуіне әкеп соғады. Сұйықтық p_1 қысымы және T_1 температурасы кезінде (1 нүкте) дроссельдік (редукциялық) вентильге жіберіледі (10.3 сурет), онда ол p_2 қысымына дейін дроссельденеді. Редукциялық вентильден бу T_2 температурада және аз құрғақтық дәрежесімен шығады.



10.3 сурет– Нақты ылғалды кері айналымды $T - s$ диаграммада бейнелеу

Редукциялық вентилде сұйықтың дросселденуі қайтымсыз процеске жатады. 10.3-суретте осы процесті 1-2 сызығы көрсетіп тұр. Дросселдеуші вентилден шыққан ылғалды бу енді, салқындатылатын көлемде орналасқан, 2 буландырғышқа барады. Буландырғышта салқындатылатын денелерден бөлінген жылуды сіңірген ылғалды бу құрғақ буға айналады, себебі алғашқы ылғалды будың құрамындағы сұйық тамшылары сіңірген жылудың әсерінен буланады, сонда будың құрғақтық жәрежесі артады. Сонымен буландырғышта салқындайтын денелерден хладагентке жылуды изобаралық-изотермиялық процесте беруді 2-3 сызығы сипаттайды. Бұл процесте p_2 қысымы арнайы таңдалады, оған сәйкес t_2 температурасы салқындатылатын ортаның немесе дененің қанығу температурасынан төмен болуы тиіс. Буландырғыштан шығатын будың құрғақтық дәрежесі өте жоғары болады, енді ол компрессорда p_2 қысымнан p_1 қысымға дейін адиабаталық процесте сығылады (3-4 сызығы), будың құрғақтығы артады, сондықтан компрессордан құрғақ қаныққан бу шығады. Әрі қарай бу конденсаторға 4 барады да шыққа айналады, айналым тұйықталады. Мұндай қондырғыны бу компрессиялық деп атайды, себебі бұл жерде ылғалды буды сығу компрессор көмегімен іске асырылады. Қарастырылған айналымның

идеал Карно айналымынан өзгешелігі мынада: хладагенттің Карно айналымында T_1 температурадан T_2 –ға дейін салқындауы немесе ұлғайуы қайтымды адиабаталық процесте 1-А сызығы бойымен детандерде өтеді (10.3 сурет), ал нақты ылғалды айналымда ұлғайу дросселдік вентилде 1-2 қайтымсыз адиабаталық процесте іске асады. Мұның өзі нақты айналымда салқын өндірудің, Карно айналымымен салыстырғанда азайуына әкеп соғады. 10.3-суреттен нақты айналымда q_2 салқын өндіруліктің мөлшері $a-2-3-b-a$ фигурасының ауданымен, ал кері Карно айналымында $c-A-3-b-c$ фигурасының ауданымен анықталатынын көреміз.

11- Дәріс №11. Төмен температураны алу әдістері

Дәріс сабағының жоспары: Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғылары. Абсорбциялық тоңазытқыш машиналарының құрылысы және жұмыс принципі.

Дәрістің мақсаты: Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғылардың жұмысын білу, олардың жұмыс сипаттамаларын анықтауды үйрену.

11.1 Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғылары. Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғысының циклі туралы негізгі ұғымдар

Ылғал бу түрінде салқындатқышты қолданатын Тоңазытқыш циклдерінің тағы бір түрі-сіңіру тоңазытқыш қондырғысының циклы. Бу салқындату қондырғыларының басқа циклдерінен буландырғыштан шығатын буды сығу әдісімен ерекшеленеді.

Қарастырылған қондырғыда сұйық ерітіндімен будың сіңу құбылысы (затты сіңіретін дененің барлық көлемімен сіңіру) қолданылады. Таза заттардан айырмашылығы, ерітінділер сұйықтықтың температурасы бу температурасынан жоғары болған жағдайда да бір құрамдағы ерітіндінің буын басқа құрамдағы сұйық ерітіндімен сіңіру (сіңіру) қабілетіне ие. Бұл сіңіргіш тоңазытқыш қондырғыларында қолданылатын ерітіндінің осы қасиеті.

Абсорбциялық тоңазытқыш машиналарындағы жұмыс заты бірдей қысымда әртүрлі қайнау температурасы бар екі компоненттің ерітінділері (екілік ерітінділер) болып табылады. Төмен температурада қайнаған компонент салқындатқыш ретінде қызмет етеді; екіншісі сіңіргіш (сіңіргіш) ретінде қызмет етеді.

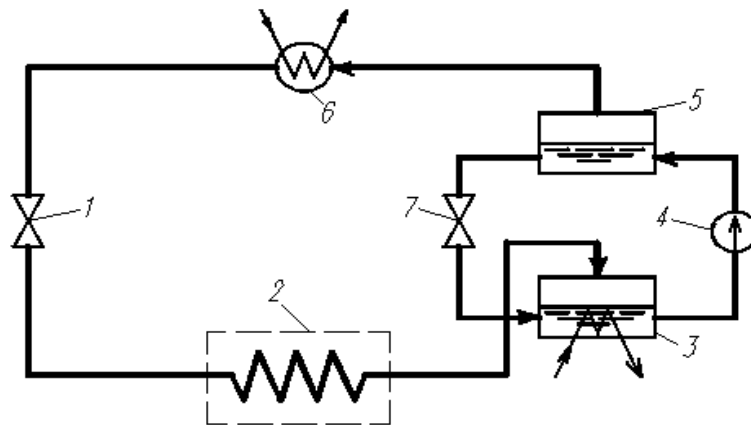
Аммиак хладагент, ал су сіңіргіш абсорбент болып табылатын су аммиакты абсорбциялық қондырғылар ең көп қолданылады. Аммиак сумен белсенді сіңеді. 00С температурада су көлемінің бірлігінде бу тәрізді аммиактың 1148 көлемі ериді. Суда сұйық аммиактың сіңуі немесе сіңуі айтарлықтай жылу шығарумен бірге жүреді (1 кг аммиакқа шамамен 800 кДж). Аммиак буларының еруі кезінде

жылудың одан да көп мөлшері шығарылады, өйткені бұл жағдайда булану жылуы орта есеппен 1260 кДж/кг-ға тең болады.

11.2 Абсорбциялық тоңазытқыш машиналарының құрылысы және жұмыс принципі

Абсорбциялық тоңазытқыш машинасы бу генераторынан (қайнатқыштан), конденсатордан, буландырғыштан, абсорберден, сорғыдан және термореттегіш вентилден тұрады.

Мұндай қондырғыда (11.1 сурет) ықтимал салқындатқыштардың бірі ретінде дымқыл аммиак буы қолданылады. Редукциялық вентильде (1) сұйық қаныққан аммиактың қысымы p_1 -ден p_2 қысымына дейін түседі, температурасы T_1 -ден T_2 температурасына дейін салқындатылады. Содан кейін аммиактың дымқыл буы буландырғышқа 2 барады, онда салқындатылатын көлемнен q_2 жылу ағынының әсерінен будың құрғақтық дәрежесі $x=1$ дейін артады. Құрғақ қаныққан аммиак буы T_2 температурасында сіңіргіш 3-ке түседі, онда T_1 температурасы бар судағы аммиак ерітіндісі де беріледі. Су аммиакқа қарағанда бірдей қысыммен едәуір жоғары температурада қайнайтындықтан, аммиак осы ерітіндідегі оңай қайнайтын компонент болып табылады. Бұл ерітінді аммиак буын сіңіреді; бұл ретте бөлінетін қабс, абсорбция жылуы салқындатқыш сумен шығарылады. Ерітіндідегі аммиактың концентрациясы процесте жоғарылайды, сондықтан сіңіргіштен байытылған ерітінді шығады ($T_2 < T_n < T_1$) температурасы мен p_2 қысымында). Осы байытылған ерітіндінің қысымын p_2 -ден p_1 -ге дейін көтеретін 4 сорғысының көмегімен ерітінді 5 аммиак бу генераторына беріледі, мұнда сыртқы көзден ерітіндіге жеткізілетін $q_{\text{пг}}$ жылуы ерітіндінің булануына әкеледі. Шығарылған бу ол алынған ерітіндіге қарағанда аммиакқа әлдеқайда бай. Бұл аммиак буы T_1 температурасында және p_1 қысымында 6 конденсаторға түседі, онда ол конденсацияланады және сұйық аммиак қанықтыру күйінде 1 төмендету клапанына жіберіледі. Ал 5 бу генераторынан шығатын аммиакпен нашар ерітінді p_1 қысымынан p_2 қысымына дейін 7 редукциялық вентильде дроссельденеді, содан кейін 3 абсорберге түседі, онда аммиакты будың есебінен аммиакпен байытылады. Дроссельдеу кезінде бұл нашар ерітіндінің температурасы іс жүзінде өзгермейді ($T_I = T_{III}$).



- 1 - терморегулирующий вентиль; 2 - буландырғыш; 3- абсорбер; 4- насос ;
 5 – аммиак бу генераторы; 6 - конденсатор;
 7- қайта жіберуші вентиль

11.1 сурет - Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғының сұлбасы

Жоғарыда келтірілген орнату сұлбасынан абсорбер 3, аммиак буының генераторы 5, сорғы 4 және редукциялық клапан 7-ден тұратын абсорбциялық қондырғы, сайып келгенде, буландырғыштан шығатын p_2 қысымынан p_1 қысымына дейін аммиак буын сығуға қызмет ететіндігін көруге болады. Абсорбциялық қондырғы жағдайында 4 сорғы сұйықтықтың қысымын жоғарылатады, ал компрессордағы жұмыс шығындарымен салыстырғанда осы сорғының жетегіне жұмыс шығыны шамалы. Әрине, жұмыстағы пайда 5 аммиак бу генераторындағы жылу шығынымен өтеледі; содан кейін бұл жылу сіңіргіш 3 салқындатқыш сумен шығарылады, сондықтан $q_{абс}=q_{пг}$.

11.3 Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғының теориялық циклі және оның $T - s$ диаграммадағы бейнесі

Абсорбциялық тоңазытқыш қондырғысының жылу пайдалану коэффициенті

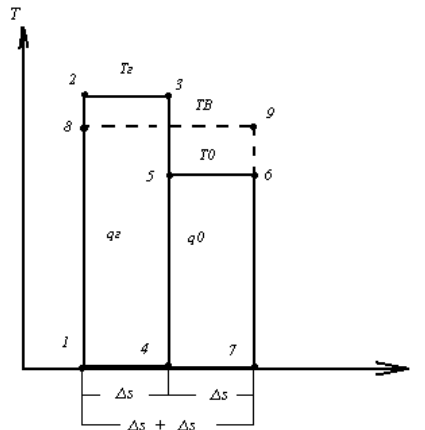
$$\varepsilon_a = \frac{q_0}{q_r}, \quad (11.1)$$

мұнда q_0 - буландырғышқа жеткізілген жылу, кДж/кг;

q_r - генераторға жеткізілген жылу, кДж / кг.

Термодинамикалық тұрғыдан алғанда, идеалды абсорбциялық тоңазытқыш қондырғысы (11.2 сурет) үш резервуардан тұрады деп санауға болады. Бірінші

резервуарға (генераторға) q_{Γ} жылу ($T - s$ диаграммадағы ауданы 1-2-3-4-1, 8.2-сурет) ең жоғары температура кезінде түседі $T_{\Gamma}=T_1$; екінші резервуарға (буландырғышқа) $T_0=T_1$ ең төмен температурада жылу q_0 (ауданы 4-5-6-7-4) енгізіледі; үшінші резервуардан (конденсатор мен абсорберден) T_B салқындатылатын судың температурасында жылу (ауданы 1-8-9-7-1) бөлінеді.



11.3 сурет - $T - s$ -диаграммада абсорбциялық машинаның идеалды теориялық циклы

Абсорбциялық қондырғының жылу балансы былай жазылады

$$q_k + q_a = q_0 + q_{\Gamma} , \quad (11.2)$$

мұнда q_k -конденсаторда бөлінген жылу,кДж / кг;

q_a - кДж/кг абсорберде бөлінген жылу.

11.2 суретке сәйкес процестердегі энтропияның өзгеруін ескере отырып

$$s_k + s_a = s_0 + s_{\Gamma} , \quad (11.3)$$

ауыстыру $\Delta s = \frac{q}{T}$ арқылы біз абсорбциялық тоңазытқыш қондырғысының идеалды циклінің жылу коэффициенті үшін соңғы өрнекті аламыз

$$\varepsilon_a = \frac{q_0}{q_{\Gamma}} = \frac{\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_{\Gamma}}}{\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_B}} . \quad (11.4)$$

Бұл өрнектен идеалды абсорбциялық қондырғының жылу коэффициенті T_{Γ} және T_0 булану температурасының жоғарылауымен жоғарылайды және салқындату температурасының жоғарылауымен, яғни теледидардың абсорбция және T_B конденсация температурасымен төмендейді.

0°C - және -45°C -қа аралығында температура саласында абсорбциялық машиналар қолданылады, мұнда жұмыс заты ретінде аммиактың сулы ерітіндісі

(хладагент-аммиак) қызмет етеді. Салқындату температурасы 0°C жоғары болған кезде литий бромидінің (хладагент - су) сулы ерітіндісінде жұмыс істейтін абсорбциялық машиналар қолданылады.

Абсорбциялық машиналарды қолдану қайталама энергия ресурстары (пайдаланылған бу, ыстық су, өнеркәсіптік пештердің шығатын газдары және т.б.) бар кәсіпорындарда өте тиімді.

12 -Дәріс №12. Төмен температураны алу әдістері

Дәрістік сабақ жоспары: Бу эжекторлық тоңазытқыш қондырғылар. Бу эжекторлық салқындатушы машиналардың құрылысы және жұмыс ережесі. Бу эжекторлық салқындатушы машинаның жұмыс процестерін $T - s$ диаграммада бейнелеу.

Дәрістің мақсаты: Бу эжекторлық тоңазытқыш қондырғылардың жұмысын білу, олардың жұмыс сипаттамаларын анықтауды үйрену.

12.1 Бу эжекторлық тоңазытқыш қондырғылар

Бу эжекторлық салқындатушы қондырғыларда салқынды басқа тәсілмен, механикалық жұмыс жасалмаған жағдайда өндіреді. Мұндай тәсіл буландырғыштан шығатын буды ілестіріп әкету арқылы қозғалтуды көздейді. Бұл қондырғыда хладагент рөлін су атқарады, сондықтан салқындату камерасында температура 0°C - дан төмен болмауы қажет.

Бу эжекторлық машиналарды жоғары және орташа қысымдағы бу өндіретін және салқындату мақсатында қолданылатын арзан суы бар кәсіпорындарда қолдану тиімді. Мұндай қондырғыларды кемелерде пайдаланады, себебі қозғалмалы бөліктерінің саны аз, сондықтан көп жөндеуді, күтуді қажет етпейді.

Бу эжекторлық салқындатушы машиналарда салқын өндіруге қажет энергия, салқындатушы айналымға жылу түрінде беріледі. Барлық бу эжекторлық салқындатушы машиналарда хладагент ретінде суды қолданады, бірақ өзге де салқындатушы агенттерді қолдануға тыйым салынбайды.

Бу эжекторлық салқындатушы машиналарды әдетте суды әтүрлі кәсіпорындар үшін салқындату мақсатында, ауаны баптау жүйелерінде, ас тағамдарын вакуумдық салқындатуда және т.б. кеңінен қолданады.

Бу - сулы, сондай-ақ бромдалған литиймен жұмыс жасайтын эжекторлық машиналарда буландырғыш арқылы салқындатылған су айналып жүреді, ол бір мезгілде жұмыс денесінің де (хладагент) және салқын тасығыштың да рөлін атқарады. Айналымды судың салқындау себебі – буландырғышта ол буға айналады, оның булану жылуын реттегіш вентиль арқылы келген негізгі су

массасы алып кетеді. Конденсатордан буландырғышқа буланған судың орнын басатын негізгі шық ағыны келіп отырады.

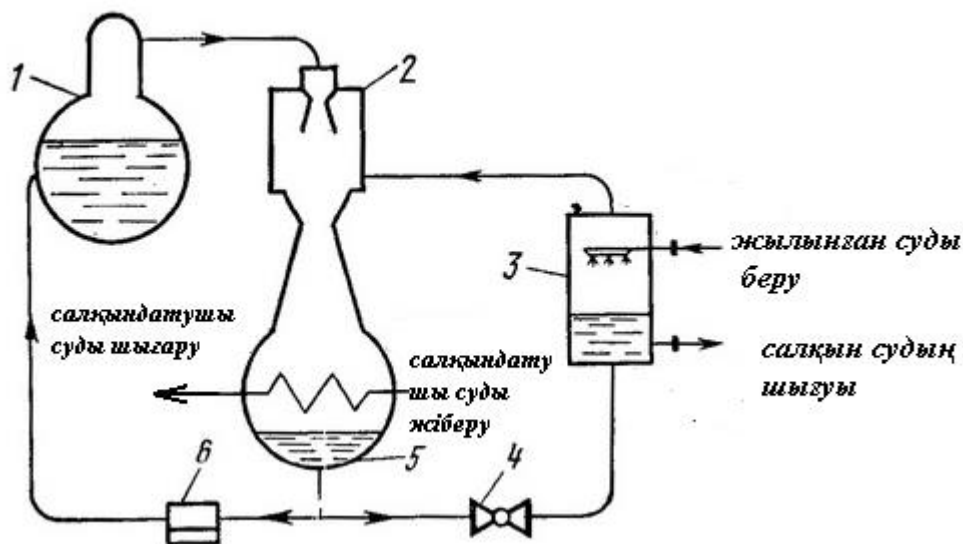
Бу эжекторлық машинаның буландырғышынан су буын сорып алу үшін оның ағыншалы эжекторы деп аталатын ерекше бөлігінде көлемі ұлғаятын бу ағыншасының кинетикалық энергиясы жұмсалады. Бу эжекторлық машинаның жұмыс денесі су болғандықтан, машинадан жоғары температуралар алу мүмкіндігі мол ($5\div 7^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары).

Машинадан 1000 ккал көлемінде салқын алу үшін 1,68 кг суды буландыру қажет, бірақ су буландырғышта төмен температурада булануы үшін онда терең вакуум туғызу қажет. Мұның өзі су буларының меншікті көлемінің кенеттен артуына әкеп соғады, мысалы $+5^{\circ}\text{C}$ – та меншікті көлем 147 м³/кг құрайды. Мұндай өте үлкен көлемдегі буды ешқандай компрессор сорып ала алмайды. Сондықтан су өзінің таңғажайып термодинамикалық қасиеттеріне қарамастан бу компрессиялық машиналарда хладагент ретінде қолданылмайды.

12.2 Бу эжекторлы тоңазытқыш машиналарының құрылысы және жұмыс принципі

Бу-су эжекторлық тоңазытқыш машинасының сұлбалық сұлбасы қағидалық сызбасы 12.1-суретте келтірілген. 1-көзден (бу қазандығынан) жұмыс буы 2 негізгі эжекторына түседі, ол буландырғышта суды қайнату кезінде пайда болған су буын алып тастайды (шығарады) 3. Жұмыс буының қоспасы және буландырғыштан алынған суық бу диффузордағы бу қоспасының қозғалыс жылдамдығының төмендеуіне байланысты конденсация қысымына дейін қысылады. Конденсаторда 5 бу салқындатқыш суға жылу береді және конденсацияланады. Конденсаттың бір бөлігі 6 сорғымен жұмыс буының шығу көзіне - 1 қазандыққа қайтарылады, ал бір бөлігі 4 басқару клапанында дроссельденеді және 3 буландырғышқа жіберіледі, ол жерден салқындатылған су тұтынушыларға беріледі.

Термодинамикалық тұрғыдан бу эжекторлық машиналар абсорбциялық бромдалған литиймен жұмыс жасайтын не болмаса бу компрессиялық машиналарға қарағанда әрине толық жетілмеген. Себебі эжектордың буды сығу пәгі өте төмен. Бұл машиналарда эжектор, ол арқылы қатаң белгілі мөлшерде бу өткенде немесе толық есептелген жүктемеде ғана тиімді жұмыс жасайды.



1 – бу қазаны; 2 - эжектор; 3 – буландырғыш; 4 - реттегіш вентиль; 5 – конденсатор; 6- сорғы

12.1 сурет - Бу-сулы эжекторлық тоңазытқыш машинасының қағидалық сұлбасы

Қысымы 6 ат жұмыс буының 1000 ккал салқын өндіруге жұмсалатын мөлшері жуық шамамен ~ 6 кг, буландырғыштарындағы температура бірдей болған жағдайда бұл машинаны салқындетушы судың шығыны бу компрессиялық машиналармен салыстырғанда 4 есе жоғары. Сондықтан бу эжекторлық машинаны қолдану тиімді болады, егер бу және өте көп мөлшерде су арзан бағамен қол жетерлік болса.

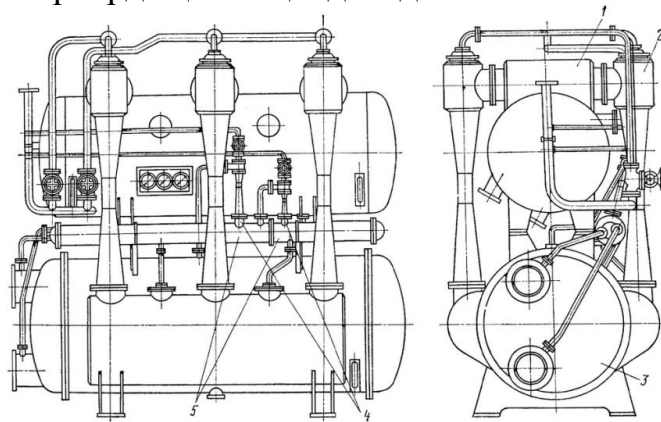
Зауыттар салқын өндірулігі 0,3 және 2 млн.ккал/сағ сериялы бу эжекторлық салқындетушы машиналарды жасап шығаруда.

Әртүрлі бу эжекторлық салқындетушы машиналардың бір-бірінен негізгі өзгешелігі конденсаторларында. Конденсаторлар беттік немесе араластырушы типте жасалуы мүмкін. Беттік конденсаторы бар машиналарда бу салқындетушы судан құбыршалар арқылы оқшауланады, құбыршалар жылу өткізуші бетті құрайды. Мұндай машиналардың меншікті салмағы және габариттері басқаларымен салыстырғанда жеңіл, сондықтан оларды салқынды қолданушының тура жанына орнатуға болады.

Конденсаторы араластырушы типтегі машиналарда шықтану процесі будың салқындетушы сумен тікелей жанасуы негізінде орын алады. Шықтану нәтижесінде пайда болған шықты сақтап қалу мүмкін емес, сондықтан қазандық суды дайындау үшін қосымша шығындар туындайды.

Бу эжекторлық машинаның кері салқындату айналымы терең вакуум туғызылған жағдайда іске асады. Эжекторға кірген булардың қысымдарының қатынасының мәндері шектелген өте шектелген, және шықтану қысымы сәл ғана жоғарылағанда жұмыс буының шығыны өте-өте айтарлықтай көбейеді. Сондықтан бу эжекторлық машиналардың жұмыстық сызбаларында қосалқы эжекторлар (4) қарастырылған, олар ауамен араласқан буды қосалқы конденсаторларға (5) сорып жібереді.

Араластырушы конденсаторларды пайдаланғанда, оларды белгілі биіктікте орнату қажет болады, себебі конденсатордан су барометрлік жинақтағыштарға өз бетімен ағып баруы керек. Терең вакуум туғызу үшін компрессордың орнына бірінші сатылы эжекторлардың өзін қолданады.



1-көлденең екі секциялы буландырғыш; 2 - негізгі эжектор; 3 - беттік конденсатор; 4 - бірінші сатыдағы эжектор; 5-қосалқы конденсаторлар блогы

12.2 сурет - Өндірулігі 1,5 МДж/сағ «Компрессор» зауытының бу-сулы эжекторлық тоңазытқыш машинасы

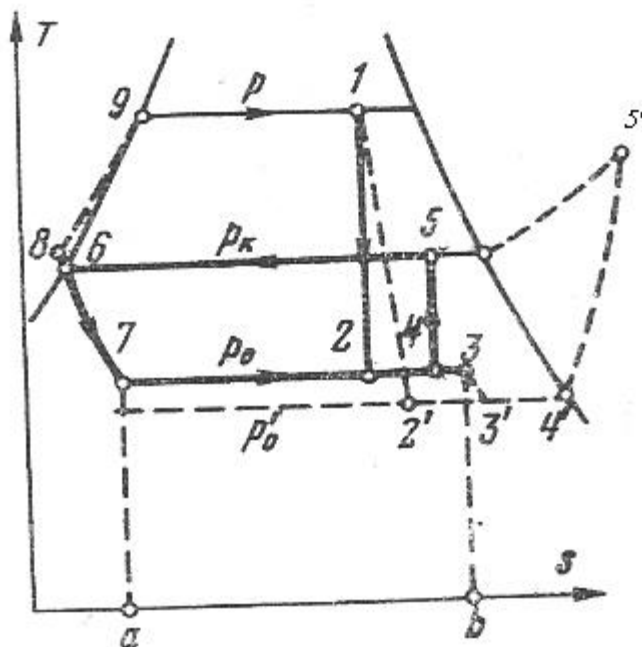
Бұл машиналардың кемшілігі-эжектордағы айтарлықтай шығындарға байланысты олардың төмен энергия тиімділігі, сонымен қатар буландырғыш пен конденсатордағы терең вакуумды сақтау қажеттілігі.

Буэжекторлы машиналар өнеркәсіптік кәсіпорындарда ауаны салқындату үшін кеңінен қолданылады, олар кемелердегі ауаны салқындату үшін өте тиімді, әсіресе негізгі энергетикалық қондырғы жұмыс істеген кезде қайталама энергия ресурстарының көп мөлшері пайда болады (ыстық су қозғалтқыштарын салқындататын шығатын газдар).

12.3 Бу эжекторлық салқындатушы машинаның жұмыс процестерін $T - s$ диаграммада бейнелеу

Теориялық тұрғыдан, $T - s$ диаграммада бу генераторын орнату процесі ол келесідей бейнеленген. Бу қазандығынан эжектор шүмегіне түсетін будың жайкүйі 1-нүктеге сәйкес келеді. Қысым p кезіндегі жұмыс буы адиабат бойынша саптамада теориялық тұрғыдан буландырғыштағы p_0 қысымға сәйкес келетін 2-нүктеге дейін кеңейеді. Сонымен қатар, ол жоғары жылдамдыққа ие (1000 м/с дейін) және буландырғыштан суық буды сорады.

$T - s$ диаграммадағы сорылатын будың күйі 3-нүктеге сәйкес келеді. Есептеулерде эжекцияланатын U жұмыс буының 1 кг, қайталама эжекцияланатын бу сорылады деп қабылданады. Буларды араластыру кезінде бу ағындарының бір-біріне әсер етуіне байланысты энергияның бір бөлігі жоғалады, бірақ болашақта бұл ескерілмейді.



12.3 сурет - Бу эжекторлық машинаның теориялық және нақты жұмыс айналымдарын диаграммада бейнелеу

Жұмыстық және сығылатын булардың қоспасы эжектордың араластырушы камерасынан кейін диффузорына жетеді (будың күйі 4-нүктеге сәйкес келеді) және мұнда будың көлемі ұлғайып, жылдамдығы біршама азаяды. Осының

салдарынан будың қысымы жоғарылады, себебі будың кинетикалық энергиясы жартылай потенциалдық энергиясына түрленеді. Сонда, булардың қоспасы p_0 қысымнан адиабаттық түрде p_k қысымға дейін сығылып болғасын, конденсаторға барады. Сығылу процесі диаграммада 4-5 сызығымен, ал булардың шықтануы 5-6 сызығымен бейнеленеді. Шықтың бір бөлігі (шартты түрде 1 кг) қазанға қайтып келеді. Ал басқа бөлігі (U , кг) реттегіш вентиль арқылы өтіп, буландырғышқа барады. Будың реттегіш вентилде дросселденуі процесі 6-7 сызығымен бейнеленеді. Буландырғыштағы булану процесі 7-3 сызығымен бейнеленеді. Қондырғыда өтетін нақты процестер териялықтан өзгеше және диаграммада пунктир үзік сызықтармен көрсетілген. Мысалы жұмыс буының саптамада ұлғаюы адиабата бойымен өтпей, политропа сызығы 1-2' бойымен жүреді. Себебі эжектор камерасындағы салқын будың сорылу қысымы p_0' буландырғыштағы қысым p_0 - ден төмен. Екі будың ағындары араласқанда, олардың соқтығысуына энергия шығындалады, сондықтан қоспаның нүктесі оңға қарай ығысады да, сығылу процесі адиабата емес политропа сызығы 4'-5' бойымен жүреді. Қабылдаушы камерада сығылатын бу біраз ұлғаяды (дросселденеді), оған сәйкес процесс 3-3' сызығымен көрсетілген.

Нақты процесте теориялық процестегідей салқын өндіру үшін көбірек энергия жұмсалады. Нәтижесінде меншікті салқын өндірулік азаяды және салқындату еселеуішінің мәні төмендейді.

Бу эжекторлық машинаның салқындату еселеуіші келесі кейіптемеден анықталады

$$\varepsilon_{II} = \frac{Q_0 G_{II} (i_0 - i_{жс})}{Q G_p (i_D - i_k)} = U \frac{(i_0 - i_{жс})}{(i_D - i_k)}, \quad (12.1)$$

мұнда G_{II} – буландырғыштан сорылатын будың мөлшері, кг/с;

G_p - эжекторға берілетін жұмыс буының мөлшері, кг/с;

U – инъекция еселеуіші, кг/кг;

i_0, i_p – буландырғыштан сорылатын будың және жұмыстық будың қажырлары;

$i_{ж}, i_k$ – буландырғыштағы сұйықтың және шықтың қажырлары, кДж/кг.

Кейбір жағдайларда $\frac{(i_0 - i_{жс})}{(i_p - i_k)}$ қажырлар айырмасының қатынасының мәні

бірге жуықтайды және салқындату еселеуішінің мәні ε_{II} инъекция еселеуішінің мәніне U - ға теңеледі.

13 Дәріс №13. Буландыру, сорбциялық және кептіру процестері мен қондырғылары

Дәріс сабағының жоспары: Буландыру қондырғылары. Булану және кристалдану процестерінің физика-химиялық және термодинамикалық негіздері. Ерітіндінің табиғи және мәжбүрлі айналымы бар буландыру аппараттары.

Дәрістің мақсаты: Буландыру қондырғылардың жалпы сипаттамасы және жіктелуін білу.

13.1 Буландыру қондырғылары

Булану-сұйықтықты қайнату кезінде булану арқылы еріткішті ішінара алып тастау арқылы іс жүзінде ұшпайтын заттардың сұйық ерітінділерін шоғырландыру процесі. Булану процесінде еріткіш ерітіндінің барлық көлемінен шығарылады, ал қайнау температурасынан төмен температурада булану тек сұйықтықтың бетінен жүреді. Булану кезінде ерітіндіні қайнатудың жылу процесі жүреді, еріткіштердің буларын таза түрінде шығарады (егер сұйықтықты кетіруді ескермесеңіз); бұл жағдайда еритін ұшпайтын зат (қатты зат, мысалы, тұз немесе тұтқыр сұйықтық, мысалы, вазелин) аппаратта шоғырланған күйде қалады.

Булану кезінде алынған булар атмосфераға немесе конденсациялық құрылғыға шығарылады.

Буланудан алынған концентрацияланған ерітінділер мен қатты заттарды өңдеу, сақтау және тасымалдау оңай әрі арзан.

Булану процестері вакууммен, жоғары және атмосфералық қысыммен жүзеге асырылады. Қысымды таңдау буланған ерітіндінің қасиеттерімен және қайталама будың жылуын қолдану мүмкіндігімен байланысты.

13.2 Булану және кристалдану процестерінің физика-химиялық және термодинамикалық негіздері

Еріткіш буға айналуы үшін сұйықты қайнату қажет немесе сұйық бетінің булануын іске асыру қажет. Қайнатып буландырушы аппаратта осы екі тәсілдің ең шұғылы қайнатуды көздейді. Алғаш рет қайнатып буландыруды өнеркәсіптік қолдануды қант дайындауда, кейіннен химиялық өнеркәсіпте пайдаланды. Ерітінділер қоюланып, шоғырланғанда оның бастапқы құрамындағы судың 90%-не дейін бу түрінде шығып кетеді.

Мысал ретінде екі дана беті ашық, бу көйлекшелері арқылы бумен қыздырылатын ыдыстарды қарастырайық. Бірінші ыдыста таза су, екінші ыдыста 70%-дық NH_4NO_3 , судағы селитра ерітіндісін қарастырайық. Ыдыстарды қыздырушы будың қысымы $3,92 \cdot 10^5$ Па (4 кгс/см^2) болсын делік. Таза су

атмосфералық қысымда 100⁰С- та қайнайды. Ал селитра ертіндісі сол қысымда 120⁰ С-та қайнайды.

Бірақ осы селитра ертіндісінен пайда болған булардың температурасы, таза су буларының температурасы тәрізді 100⁰С тең. Ертіндіден бөлінген су булары температурасының ертіндінің қайнау температурасымен салыстырғанда төмендеуі физика-химиялық температуралық депрессия деп аталады. Оны Δ_1 арқылы белгілеп, келесі кейіптеме арқылы анықтайды:

$$\Delta_1 = t_D - \theta$$

мұнда t_p - ертіндінің қайнау температурасы, ⁰С;

θ - судан бөлінген булардың температурасы, ⁰С.

Әртүрлі ертінділер үшін физика-химиялық температуралық депрессияның мәндері әртүрлі. Молекулалық салмағы кіші заттар ертінділері үшін депрессия мәні басым болады. Жеке заттың ертіндісі үшін физика-химиялық температуралық депрессияның мәні заттың концентрациясына тәуелді. Концентрация артқан сайын, депрессия мәні де өсе бастайды.

Ертінді концентрациясы деп құрғақ зат массасының жалпы ертінді массасына қатынасының пайыздық мөлшерін айтады

$$b = \frac{G_{\text{сух}}}{W + G_{\text{сух}}} \cdot 100\%, \quad (13.2)$$

мұнда b – ертіндінің массалық концентрациясы, %;

W – ертіндідегі еріткіштің немесе судың мөлшері, кг;

$G_{\text{сух}}$ - ертіндідегі құрғақ немесе еріген заттың мөлшері, кг.

Булану кезінде ертіндідегі құрғақ заттың мөлшері тұрақты сақталады, ал еріткіштің (судың) мөлшері азаяды, сол кезде ертіндінің концентрациясы жоғарылайды.

Физика-химиялық температуралық депрессияның барлығы буландырушы аппараттағы біріншілік және екіншілік булар температураларының пайдалы айырмасын төмендетеді. Мысалы, жоғарыда қарастырған ашық ыдысты қыздырған бу мен онда қайнаған судың буы үшін температуралар айырмасы

$$\Delta_1 = t_D - \theta = 143,6 - 100 = 43,6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (13.3)$$

мұнда $t_H = 143,6^\circ\text{C}$ – температура конденсирующего греющего пара;

$\theta \approx 100^\circ\text{C}$ – екіншілік будың температурасына тең қайнаған судың температурасы.

Бұл жағдай қайнатып буландырушы аппараттың қызатын бетінің үлкеюіне, яғни жылу беру еселеуішінің төмендеуіне әкеп соғады.

Қайнатып буландырушы аппараттың беті буландырғыштың немесе бу түзілгіштің бетінен екі есе үлкен болады.

Қайнатып буландыру процесі үшін тек физика-химиялық температуралық депрессияның бар болуы ерекше емес, сонымен қатар бұл процесте ертіндінің концентрациясы өзгергенде, оның физикалық тұрақтылары да өзгере бастайды. Ертіндінің концентрациясы жоғарылағанда, оның тұтқырлығы, тығыздығы және температуралық депрессиясы артып, жылу сыйымдылығы мен жылу өткізгіштігі кемиді.

13.3 Ертіндінің табиғи және мәжбүрлі айналымы бар буландыру аппараттары

Жұмыс принципі бойынша буландыру қондырғылары мерзімді және үздіксіз жұмыс істейтін болып бөлінеді. Мерзімді жұмыс істейтін қондырғыларда сұйықтық аппаратқа беріледі, қажетті жоғары концентрацияға дейін буланады, содан кейін буланған ертінді аппараттан шығарылады. Босатылған аппарат қайтадан концентрацияланбаған ертіндімен толтырылады. Мерзімді булану қондырғының өнімділігі төмен болған кезде немесе қоюландырылған сұйықтық сорғымен сорылмайтын кезде немесе бүкіл еріткішті буландыру қажет болған жағдайда қолданылады. Үздіксіз әрекет ететін аппараттарда концентрацияланбаған (әлсіз) ертінді одан үздіксіз шығарылады. Мезгіл-мезгіл жұмыс істейтін аппараттармен салыстырғанда үздіксіз жұмыс істейтін аппараттар жылу тұрғысынан үнемді, өйткені оларда аппаратты мезгіл-мезгіл қыздыруға жұмсалатын жылу шығынымен байланысты шығындар болмайды.

Көп жағдайда үздіксіз жұмыс істейтін құрылғылар көп корпусты буландыру деп аталатын қондырғыларға жиналады, онда буланған ертінді бірқатар жеке құрылғылар арқылы дәйекті түрде өтеді. Әрбір кейінгі аппаратта алдыңғы аппаратқа қарағанда ертіндінің жоғары концентрациясы белгіленеді. Екінші жұптары қолданылмайтын жалғыз аппараттан тұратын қондырғылар бір корпусты булау қондырғылары деп аталады. Кең тарату алды многокорпусные буландыру қондырғылары тұратын бірнеше құрама меж собой аппараттарының, позволяющие қолдануға жылу қайталама бу беру және арттыру тиімділігі орнату. Аппарат ішіндегі қысым шамадан тыс және атмосфералық қысым мен вакуумда жұмыс істейтін буландырғыштарды ажыратады.

Вакуум келесі жағдайларда қолданылады:

а) ертінді жоғары температураның әсерінен ыдырағанда, түсі, иісі өзгереді (мысалы, қант, сүт);

б) атмосфералық қысымдағы ертінді жоғары қайнау температурасына ие болған кезде, яғни, үлкен физика-химиялық температуралық депрессияға ие және жоғары қыздыру буының параметрлерін қажет етеді (мысалы, аммоний нитратының ертіндісі, каустикалық калий және т. б.);

в) қыздырғыш салқындатқыштың температурасы төмен болған кезде, сондықтан ертіндінің қайнау температурасын төмендету керек;

г) көп корпусты қондырғыдағы температуралық айырмашылықты арттыру үшін.

13.4 Кең тараған қайнатып буландырушы қондырғылардың құрылысы

Бумен қыздырылатын аппараттар ең көп қолданылады және кеңінен тараған. Олардың ішінде ең көп тарағаны вертикаль құбыршалы қызу беттермен жабдықталған аппараттар, олардың үйлесімі ыңғайлы және орнатуға көп ауданды қажет етпейді.

Барлық аппараттарда ішкі беттерін қақтан тазартуды жеңілдету үшін бу құбырлар арасындағы кеңістікке беріледі, ал ертінді құбыршалардың ішінде бумен қызады және қайнайды.

Бумен қыздырылатын қайнатып буландырушы аппараттарды үш түрге бөледі: ертінді ерікті(табиғи) айналымыда болатын, ертінді еріксіз айналымда болатын және көбікті аппараттар.

Ертінді ерікті(табиғи) айналымыда болатын аппараттар

Құбыршаларының қаптамасы бар және ерікті айналымы бар буландырушы аппараттар беттік аппараттардың негізгі түрін құрайды. Себебі құбыршаларының қаптамасы бар аппараттарды құрастыруға (жылуалмасу аудандары бірдей) басқалармен салыстырғанда көп қаржы кетпейді, оған қызмет көрсету жеңіл, көптеген жағдайда оның жылу өткізу еселеуіші жоғары. Мұндай аппараттар келесі бөліктерден құралады:

-құбыршалар арасына қыздырушы жылутасығыш (әдетте су буы) берілетін, ал құбыршалар ішімен қайнаған өнім қозғалатын, қаптамасы бар құбыршалардан сұйық өнімді екінші будан ажырататын сепаратордан ; сепаратордың төменгі бөлігін қыздырушы камерамен жалғастыратын айналма құбырдан тұрады.

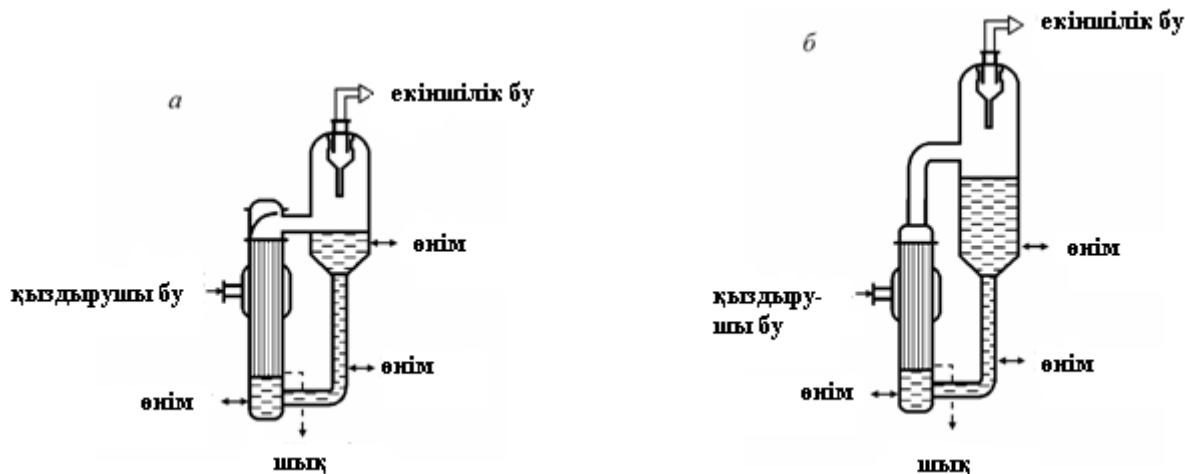
Мұндай аппаратта буланатын өнімнің ерікті айналымы іске асуы үшін оны қозғалтушы тегеуріннің $\Delta p = H(\rho_{ж} - \rho_3)$ бар болуы қажет. Жылуалмастырғыш құбырда қозғалатын бу мен сұйықтан (эмульсиядан) тұратын ағынның тығыздығы ρ_3 болса, сепаратордың төменгі бөлігінде және айналма құбырдағы сұйықтың тығыздығы $\rho_{ж}$ бір-бірінен айрықша болады. Осының салдарынан аппараттағы қозғалтушы тегеурін $\Delta p = H(\rho_{ж} - \rho_3)$ қозғалысқа кедергі жасайтын үйкелісті жеңу үшін, жергілікті кедергілерден ағынның өтуі үшін және айналма жылдамдығы $\omega_{ц}$ болатын динамикалық тегерін туындауы үшін жұмсалады [3].

$$\Delta p = H(\rho_{ж} - \rho_3) = \sum \Delta p_{тр} + \sum \Delta p_{м} + \rho \omega_{ц}^2 / 2. \quad (13.4)$$

13.1 а және б суреттерінде құбыршалы ерікті айналымы бар және қыздырушы камерасы сыртқа шығарылған қайнатып буландырушы аппараттың екі түрлі көрінісі бейнеленген. Қайнатып буландырушы аппарат іске қосылған кезде құбыршаларда пайда болған булы – сұйықты эмульсия сепараторға енеді, сепараторда құрамы ажырайды, буы екінші бу құбырына кедеді, ал сұйығы айналма құбырға барып, қайтадан қыздырушы камераға қайтып, буланатын ертіндімен араласады да, қайтадан қыздырушы құбырларға кіреді.

13.1, а–суретте бейнеленген аппарат – қызатын беттерде тұнба түзбейтін ертінділерді әбден буландыру үшін қолданылады.

13.1, б – суретте бейнеленген аппаратта сұйықтың қайнау аймағы қыздырушы камерадан тыс және арнайы қайнатушы құбырда орналасқан және ол құбыр қыздырушы камераның жоғарғы бөлігін сепаратордың ортасымен жалғайды.



а) сыртқа шығарылған қыздырушы камерасы бар; б) сыртқа шығарылған қыздырушы камерасы және қайнау аймағы бар.

13.1 сурет – Ерікті (табиғи) айналымыда болатын қайнатып буландырушы аппараттар

Қайнау аймағы сұйықты төмен бағыттаушы бір ғана (айналма) құбырдан тұрады.

Құрылымы дәл осындай аппараттар, оларды жұмыстан тоқтақан кезде, жылуалмастырғыш құбыршаларын алдын-ала механикалық тәсілмен тазалауға мүмкіндік береді. Сондықтан қыздырушы камерасы сыртқа шығарылған аппараттарды, қыздырушы беттерінде тұнба түзетін ертінділерді қайнатып буландыру үшін қолдануға ыңғайлы. Тұнба ертінді қозғалған кезде емес, ол

қайнаған кезде өте шапшаң түзіледі, сондықтан 13.1, б – суретте келтірілген аппаратты қолдану тиімді, себебі тұнба мөлшері шапшаң көбейеді.

Тәжірибелік мәліметтер бойынша қайнатушы құбырлардың биіктігі 5 м және қыздырушы бу мен ертіндінің температуралар айырмасы 20⁰С тең болса, ерікті айналым жылдамдығы 2-3 м/с құрап, айналым саны аса жоғарылайды.

Айналым саны K - буландырушы аппараттың тізбегінде айналымда болатын ертінді мөлшерінің G , кг/с, аппараттың бу өндірулігінің W , кг/с қатынасына тең

$$K = \frac{G}{W}; \quad (13.5)$$

$$G = 0.785nd^2 \omega_{ц} \rho_{ц} , \quad (13.6)$$

Ерікті айналымы бар аппараттарда айналым саны $K = 20 \div 30$ жетеді.

Құбыршаларының қаптамасы бар және ертінді ерікті қозғалыста болатын қайнатып буландырушы аппараттардың жалпы кемшілігіне аппаратқа берілген өнімнің өте үлкен мөлшері, осыдан оның аппаратта өте ұзақ уақытқа қалуы, сонымен қатар вакуумдық жағдайда елеусіз қалдық қысымдарда аппараттың орнықсыз жұмыс жасауын жатқызуға болады.

Ертінді еріксіз айналымда болатын аппараттар.

Қыздырушы бу мен ертінді температураларының айырмасы өте аз (3-4⁰С) болған жағдайда, тұтқыр ертінділерді қайнатып буландыру үшін ертіндінің еріксіз айналымға түсетін аппараттарды қолданады. Ертінді еріксіз айналымда болатын аппараттарда ертіндіні сепаратордан қыздырушы камераға айдау үшін айналымдық сорғы орнатылады.

Көбікті қайнатып буландырушы аппараттың бір түрі

Көбікті аппараттар жоғары температураға сезімтал және таза кристалданбайтын ертінділерді қайнатып буландыру үшін пайдаланылады.

Мұндай аппараттың негізгі ерекшелігі аппараттың бойында мүлдем қысымның құламасы байқалмайды және аппараттағы сұйықтың мөлшері өте аз болады. Бірінші фактор мұндай аппаратта гидростатикалық депрессияның болмауына

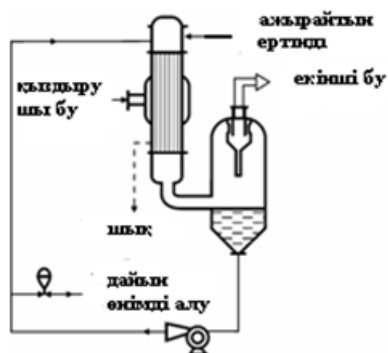
Көбік пайда болатын қайнатып буландырушы аппараттар

Олар кристалданбайтын таза ертінділер және жоғары температураға сезімтал ертінділер үшін қолданылады. Мұндай қайнатып буландырушы аппараттардың негізгі ерекшелігі аппараттың бойында қысым құламасының болмауы және аппараттағы сұйық мөлшерінің өте аз болуы. Бірінші фактор мұндай типтегі аппаратта гидростатикалық депрессияның болмауына, ал екінші фактор сұйықтың басқа көлемдік толтыруды қажет ететін аппараттармен салыстырғанда, аппараттың ішінде ұзақ уақытқа бөгеліп қалмауына әсерін тигізеді. Айтылған факторлар осы типтегі аппараттардың қолдану аймағын анықтайды, яғни аппараттардың жоғары температуралардың әсерінен өзінің

қолданымдық қасиеттерін тез жоятын, термиялық орнықсыз өнімдерді қайнатып буландыру үшін қолданады.

Көбікті аппараттардың ең тараған түрі - көбігі еркін жылжитын аппараттар. Мұндай типтегі аппараттың құрылымы 13.2-суретте көрсетілген.

Бұл жерде құбыршаларының қаптамасы бар және ажыратқышы төмен орналасқан аппарат бейнеленген. Қыздырушы камерада сұйықтың көбігі және екінші булар тура ағынды қозғалыста болады. Аппарат буланатын өнім айналып қозғалатын сыртқы контурдан тұрады. Бұл көбігі еркін жылжып, қозғалатын көбікті аппараттың ең көп тараған түрі.



13.2 сурет – Көбігі еркін жылжып ағатын қайнатып буландырушы көбікті аппарат

14-Дәріс №14. Буландыру, сорбциялық және кептіру процестері мен қондырғылары

Дәріс сабағының жоспары: кептіру қондырғылары. Кептіру қондырғыларының жіктелуі. Кептіру процесінің физикалық негіздері. Кептіру материалдары мен кептіру агенттерінің жіктелуі.

14.1 Кептіру қондырғылары. Кептіру қондырғыларының жіктелуі

Кептіру - бұл булану немесе булану арқылы қатты материалдардан немесе олардағы ерітінділерден ылғалды кетірудің жылу процесі. Бұл кептіру ылғалды кетірудің басқа әдістерінен ерекшеленеді. Мысалы, материалдардан ылғалды кетіру үшін суды сіңіретін механикалық әдістер немесе химиялық реагенттер қолданылады.

Өнімдер немесе материалдар олардың мақсатына байланысты кептірілуі керек. Отын, мысалы, жану жылуын арттыру үшін кептіріледі (жану процесін жақсарту), ағаш - беріктігін арттыру, ыдырауға және көгеруге жол бермеу үшін, әртүрлі өнімдер - беріктігін арттыру, өңдеуді жеңілдету және т. б. бірқатар материалдар салмағын азайту және тасымалдау құнын төмендету үшін кептіріледі. Физикалық қасиеттерін өзгерту үшін (мысалы, жылу өткізгіштігін азайту), жылу өткізгіштігін төмендету үшін, жылу өткізгіштігін азайту үшін), жылу өткізгіштігін консервілеу (тағамдық өнімдер).

Материалдарды кептіру табиғи түрде (ашық ауада) және жасанды түрде (кептіргіштерде) жүруі мүмкін.

Табиғи кептіру кезінде материалды қоршаған ауаның параметрлеріне сәйкес келетін тепе-теңдікке жақын ылғалдылыққа дейін кептіруге болады және кейбір жағдайларда ол материалдарды кейінгі технологиялық өңдеу талаптарына сәйкес келмейді. Материалды жасанды кептірудің артықшылығы - оның аз ұзақтығы.

Ылғалды материалдарды термиялық өңдеу процесі кептіру қондырғылары керек. Жылу беру әдісіне сәйкес кептіргіштердің келесі түрлері бөлінеді:

а) конвективті, материалдан ылғалдың булануы үшін қажет жылу ауадан, жану газдарынан немесе қызып кетуден өтеді.

б) материалдан ылғалдың булануы үшін қажет жылу оған ыстық бетінен немесе әдетте 100° С-тан жоғары температурасы бар материалмен жанасатын сұйықтықтан беріледі;

в) кептіру «жоғары немесе өндірістік жиіліктегі ток өрісінде» немесе электромагниттік, материал ішіндегі температура көтеріліп, ішкі қабаттардан ылғал тез бетіне қарай жылжып, қоршаған ортаға буланып кетеді. Сонымен қатар, кептірудің аралас әдістері қолданылады: конвективті-контактілі кептіру, конвективті, терморрадиациялық және т. б. комбинацияда жоғары жиілікті токтармен кептіру.

Жұмыс кеңістігіндегі кептіру агентінің қысымына байланысты олар мыналарды ажыратады: атмосфералық кептіргіштер, онда материал атмосфералық жағдайда кептіріледі және кептіру камерасындағы қысым кезінде жұмыс істейтін вакуумдық кептіргіштер атмосферадан әлдеқайда аз.

Жұмыстың сипаты бойынша барлық кептірілген материалдарды мезгіл-мезгіл тиеу және түсіру арқылы мерзімді кептіргіштерді ажыратыңыз және үздіксіз жұмыс істейтін, онда материалды тиеу және түсіру үздіксіз жүреді (таспалы, конвейерлік кептіргіштер), немесе белгілі бір уақыт аралығында бір жағынан кептіргішке орналастырылған материалдың бір бөлігі кептіргіштің екінші жағынан (дәліздік кептіргіштер) кептірілетін материалдың сол бөлігінің түсірілуіне қарай тиеледі.

Қолданылатын кептіру агентіне байланысты ауаны пайдаланатын кептіргіштер және пеш газдарындағы кептіргіштер. Кептіру кезінде ауа оттегімен

жанаспайтын материалдар үшін кептіру агенті ретінде қыздырылған буды немесе басқа инертті газдарды қолданатын қондырғылар қолданылуы мүмкін. Кептірілгенге қатысты кептіру агентінің қозғалысы бойынша материал тікелей ағынды, қарама-қарсы, кросс-ток және кері ток кептіргіштерін ажыратады.

Кептіру агентінің айналымы принципіне сәйкес табиғи айналымы бар қондырғылар, онда кептіру камераның ішіндегі агент камераның әртүрлі бөліктеріндегі газ тығыздығының айырмашылығына байланысты және кептіру агентінің қозғалысы центрифугалық немесе осьтік желдеткіштердің немесе реактивті сорғы-эжекторлары.

Кептіру агентін қыздыру әдісіне сәйкес бу жылытуы бар кептіргіштер ерекшеленеді, онда кептіру агентін жылыту бұл қысыммен бу көмегімен беткі жылытқыштарда болады 3-тен 10 атм-ге дейін, мұнда кептіру агенті (ауа) әдетте қызады 60-145° С дейін. қыздыру температурасы мен жылыту буының қажетті қысымының жоғарылауы кептіргіштердің жабдықтарын одан әрі қымбаттатады. Кептіру агентін жұмыс камерасында қолдану жиілігі бойынша кептіру агентін бір рет қолданатын және рециркуляциясы бар кептіргіштер ажыратылады.

Пайдаланылған ылғалды ауаны құрғақ ауамен толық немесе ішінара ауыстыру жүзеге асырылатын кептіргіштер ауа алмасуы бар кептіргіштер деп аталады. Ауа алмасусыз немесе кептіру агентінің жабық айналымымен жұмыс істейтін кептіргіштер бар. Бұл кептіргіштердегі ауаның тұрақты ылғалдылығына контактілі немесе беттік жылу алмастырғыш-конденсатордың көмегімен ауаны үздіксіз кептіру арқылы қол жеткізіледі. Мұндай кептіргіштер кейде конденсация деп аталады.

Дизайн ерекшеліктері бойынша камералық, дәліз, шахта, таспа, конвейер, барабан, құбырлы және басқа да көптеген кептіргіш құрылымдар ерекшеленеді.

14.2 Кептіру процесінің физикалық негіздері. Кептіру динамикасы және кинетикасы

Ылғал материалдарды кептіру механизмі негізінен анықталады, ылғалдың материалмен байланыс формасы және кептіру режимі немесе шарттары материалдың бетінен қоршаған ортаға ылғалдың булануы. Ылғалдың материалмен байланыс формасы қазіргі уақытта ұсынылған акад. қағидалық сұлбасына сәйкес анықталады. П. А. Ребиндер, оған сәйкес:

- 1) ылғалдың материалмен химиялық байланысы;
- 2) физикалық-химиялық байланыс;
- 3) физикалық - механикалық байланыс.

Материалмен химиялық байланысқан ылғал үнемі сақталады. Денені 120 - тан 200° С-қа дейін және одан жоғары температураға қыздырған кезде жойылады. Химиялық байланысты ылғалды жою материалдың молекулалық құрылымының өзгеруіне әкеледі. Егер материал ауада ұзақ уақыт тұрақты параметрлермен болса, процестер үшін жеткілікті уақыт сорбциялар толығымен аяқталды, материал ылғалдылықты алады, онда материалдың үстіндегі су буының қысымы қоршаған ауадағы су буының ішінара қысымына тең болады. Материалдың бұл ылғалдылығы ω_p тепе-теңдік ылғалдылығы деп аталады .

Материалдың үстіндегі су буының қысымы оның ылғалдылығының функциясы ω_p болып табылады. Сондықтан материалдың ылғалдылығы ауа ылғалдылығына байланысты өзгереді. Тепе-теңдік ылғалдылығының тұрақты температурадағы ауа ылғалдылығына тәуелділік қисығы сорбция изотермасы деп аталады.

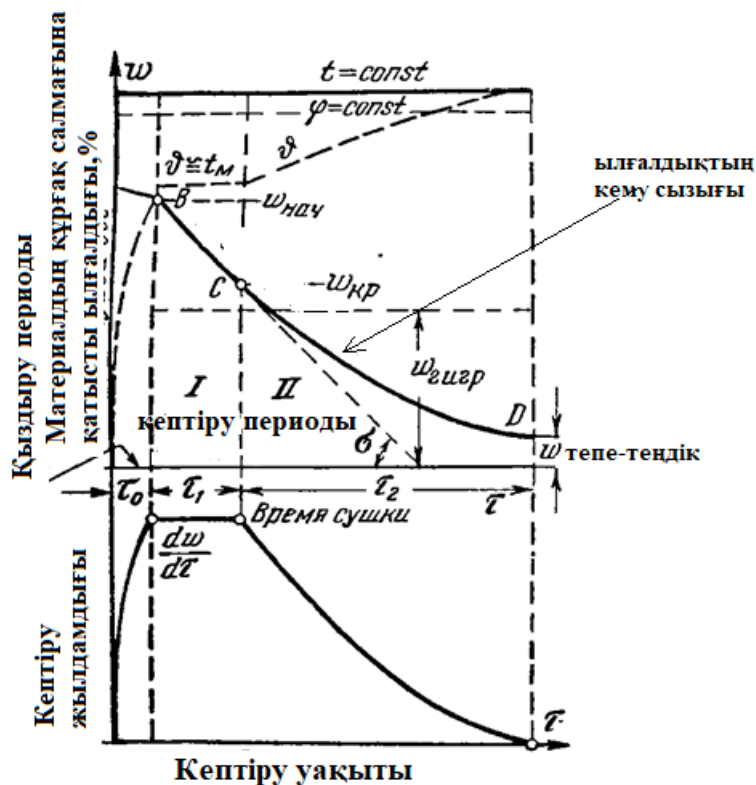
Сонымен қатар, материалдың тепе-теңдік ылғалдылығы ауа температурасының функциясы болып табылады. Тепе-теңдік ылғалдылығы кез-келген температураға сәйкес ауадағы су буларының парциал қысымы P_n мен сол температураға сәйкес ауадағы қаныққан су буларының P_h қысымының өзара қатынасы $\frac{P_n}{P_h} = 1$ (немесе $\varphi = 100\%$) арқылы анықталады және гигроскопиялық ылғалдылық ω_r деп аталады.

14.1-суретте жұмсақ кептіру режимдеріне тән және кептіру кезінде материалдың ылғалдылығының өзгеруін көрсететін кептіру қисығы көрсетілген. Бастапқы τ_0 – салыстырмалы түрде қысқа мерзімде уақыт аралығында жылу материалды қыздыруға жұмсалады; осы уақыт ішінде материалдың ылғалдылығы әдетте аздап төмендейді. ВС учаскесінде кептіру жылдамдығы тұрақты және ВС сызығы уақытқа байланысты түзу сызықты тәуелділікті көрсетеді. Уақытқа сәйкес келетін бұл кезең бірінші τ_1 немесе тұрақты жылдамдығы бар кептіру кезеңі деп аталады. С нүктесінен кейін материалдың температурасы көтеріле бастайды және кептіру жылдамдығы төмендейді. Материал тепе-теңдік ылғалдылығына жеткенде ω_p (D нүктесінде) кептіру жылдамдығы нөлге тең болады. Ұзақтығы τ_2 , уақытқа сәйкес келетін екінші кезең (CD бөлігі) кептіру жылдамдығының төмендеу немесе құлдылау кезеңі болып табылады.

Материалдың орташа интегралды ылғалдылығы, оның бетіне гигроскопиялық ылғалдылықтың мәні жеткен кезде С нүктесіне сәйкес келеді, бұл критикалық ылғалдылық $\omega_{кр}$ деп аталады .

Кептіру жылдамдығын графикалық саралау әдісімен анықтауға болады, мысалы, кептіру қисығының кез келген нүктесінде тангенстің көлбеу бұрышының тангенсі:

$$\frac{dw}{dt} = tg\sigma. \quad (14.1)$$



14.1 сурет - Кептіру агентінің тұрақты параметрлері кезінде ылғалдың кему және кептіру жылдамдығының, материал ылғалдылығының және оның температурасының өзгеру қисықтары

Тепе-теңдік w_p ылғалдылығында бұрыш $\sigma=0$ және кептіру жылдамдығы тең нөлге тең. Кептірудің ең жоғары жылдамдығы тұрақты жылдамдық кезеңінде (I – ші кезеңде) болады

$$\left(\frac{dw}{d\tau}\right)_{\max} = tg\sigma_{\max} \approx \frac{\Delta w}{\Delta \tau} = N. \quad (14.2)$$

Ылғалды материалдардың сыртқы ортамен жылу және масса алмасу процестерін зерттеу күрделі термофизикалық мәселе болып саналады. Өте жуық есептеулер үшін және температуралық тегеуріннің аз өзгеруі кезінде материалдың дымқыл бетінен судың булану қарқындылығын Дальтон заңы негізінде анықтайды және (14.3) формула бойынша есептеуге болады:

$$q_m = 0,04075 v^{0,8} (P_{\text{нас}} - P_{\text{п}}), \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{сағ}}. \quad (14.3)$$

14.3 Кептіруші агенттерінің жіктелуі

Кептіргіштерде кептіруші агент (ауаны немесе түтін газдарын) түрін таңдау және ауаны жылыту үшін жылутасымалдағышты тағайындау аса маңызды,

өйткені тұтынылатын жылудың құны үнемді кептіру қондырғыларының тиімділігіне әсер етіп отырады. Кептіру қондырғысы үшін жылутасымалдағышты таңдау бүкіл кәсіпорынның жылу сұлбасын ескере отырып жасалуы керек.

Су буын қолдану. Ең көп қолданылатын кептіру тәсілі материалдарды ауамен кептіру болып табылады, бұл жағдайда ауа бу жылытқыштарында қыздырылады. Бу, сондай-ақ, материалдарды кептіру ылғалды ауада жүргізілген кезде және материалды бумен өңдеу кезінде қажет. Бумен өңдеу үшін кептіру камерасына су буын тікелей енгізеді. Алайда, су буын пайдалану кептіргіш жабдықтың жұмысын қиындатады және жабдықты қымбаттады.

14.2-суретте кептіргішті бумен қамтамасыз етудің ықтимал нұсқаларының сұлбасы көрсетілген:

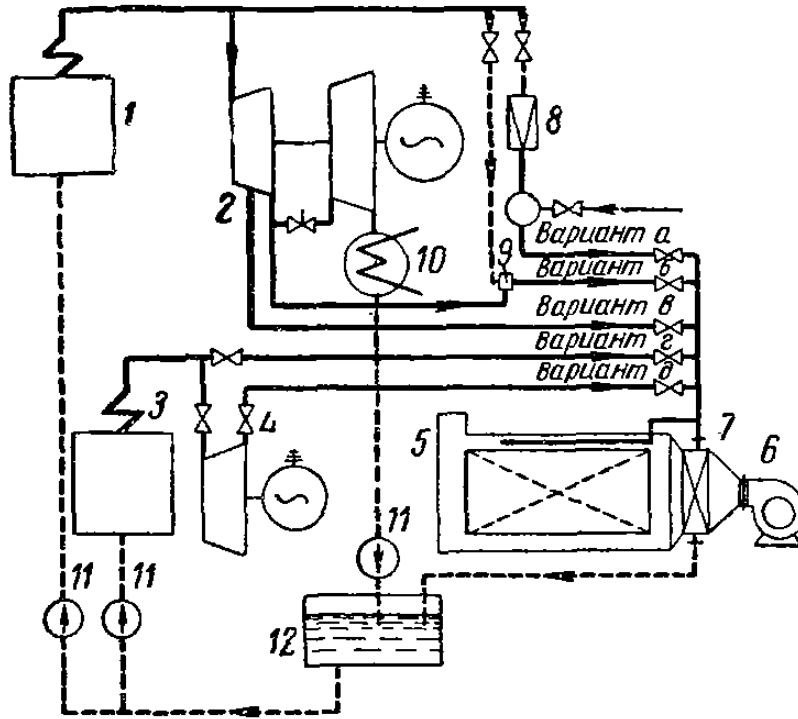
- а нұсқасы - кептіргішті жоғары қысымды бу өндіретін қазандықтардан аса қызған бумен қамтамасыз етуді қамтиды;

- в нұсқасы кептіргіш үшін турбинаның реттелетін 2-ші бу алымынан буды қолдануды көздейді, бұл өте ұтымды нұсқа, өйткені кептіргіште тұтынылатын будың арқасында турбина электр энергиясын өндіреді;

- г нұсқасы төмен қысымды бу өндіретін қазандықтан келген бумен кептіргішті қамтамасыз етеді (кептіргішке қажет будың қысымы қазандық өндіретін будың қысымына тең немесе сәл төмен). Кейбір жағдайларда бұл нұсқа тиімділігі жағынан а нұсқасынан гөрі ұтымды.

Бұл нұсқаның тиімділігі - төмен қысымды қазандықтардың көп жағдайда қалдық отынмен жұмыс істейтіндігімен анықталады. Төмен қысымды қазандықтардың ПӘГі жоғары қысымды қазандықтардың ПӘГінен төмен екенін ескерген жағдайдың өзінде г нұсқасы тиімді болып саналады. Алайда, бұл нұсқа екінші в нұсқасымен ешқашан бәсекелесе алмайды.

- д нұсқасы будың едәуір мөлшерін тұтынатын кептіру цехтарында будың жыл бойғы шығыны салыстырмалы түрде тұрақты болған жағдайда қолданылады. Мұндай жағдайда кептіргіштерде жұмсалатын буды электр энергиясын өндіретін қысымға қарсы турбинадан алу ұтымды болып саналады.



14.2 сурет- Кептіргішті бумен жабдықтау нұсқаларының сұлбасы

15-Дәріс. Буландыру, сорбциялық және кептіру процестері мен қондырғылары

Дәріс сабағының жоспары: конвективті кептіру, кептірілген материалдардың жіктелуі. Конвективті кептіру қондырғысының жылу және материалдық балансы.

15.1 Кептірілген материалдарды жіктеу

Термиялық кептіруге арналған қондырғыларды жобалау ылғалды материалдың қасиеттерін білуді қамтиды, өйткені олар материалға жылу берудің ұтымды әдісін және кептіру қондырғысының дизайнын таңдауды анықтайды. Кептіру әдісінің болашағын бағалау үшін дымқыл материалдар алты негізгі топқа бөлінеді.

Бірінші топқа барлық сұйық материалдар кіреді - шынайы және коллоидты ерітінділер, эмульсиялар мен суспензиялар.

Екінші топқа сорғымен соруға болмайтын паста материалдары кіреді.

Үшінші топқа-ылғалды жағдайда сусымалылығы бар шаң тәрізді, түйіршікті және кесек материалдар жатады.

Төртінші топқа жұқа икемді материалдар кіреді: маталар, пленка, қағаз.

Бесінші топқа бөлшектер, көлемді материалдар мен бұйымдар кіреді: керамика, құрылыс материалдары, ағаш бұйымдары.

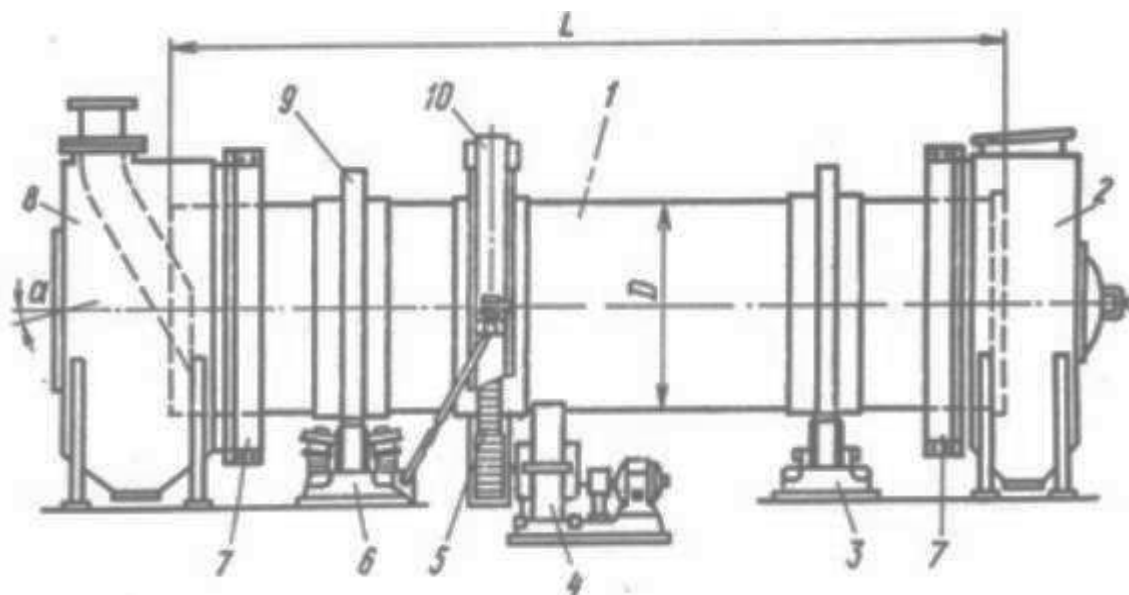
Алтыншы топқа материалдың бетіне тегістеу, бояу, желімдеу және басқа жұмыстардан кейін кептірілетін әртүрлі өнімдер кіреді.

Физика-химиялық және құрылымдық-механикалық қасиеттері, пішіні, мөлшері, саны бойынша кептірілген материалдардың айырмашылығы кептіру қондырғыларының дизайнының алуан түрлілігін анықтайды.

15.2 Конвективті кептіру. Ыстық ауаны бір рет қолданумен конвективті кептіргішті есептеу

Кез келген кептірудің мақсаты-материалдың сапасын жақсарту (оның көлемін азайту, беріктігін арттыру) және осыған байланысты оны пайдалану мүмкіндіктерін арттыру. Технологиялық процестер негізінен сұйық фазада жүретін химия өнеркәсібінде соңғы өнімдер паста немесе дән, үгінділер, шаң түрінде болады. Бұл тиісті кептіру әдістерін таңдауды анықтайды. Химиялық технологияда кептірудің конвективті және байланыс әдістері кең таралған. Конвективті кептіру кезінде жылу салқындатқыштан кептірілген материалдың бетіне өтеді. Жылу тасымалдағыш ретінде ауаны, инертті және түтін газдарын пайдаланады.

Ең көп кең таралған барабан кептіргіштері. Бұл кептіргіштер жоғары өнімділікке ие және конвективті кептіргіштерге жатады. Кептіру агенті ретінде олар ауа мен түтін газдарын пайдаланады. Бұл аппараттарда тұз, отын, пасталар кептіріледі; олар сода, тыңайтқыштар, пестицидтер өндірісінде қолданылады. Кептіргіш-1 Цилиндрлік барабан, оған 9 тіректері бекітілген, тірек 3 және тірек 6 роликтерге сүйенеді. Айналдыру барабаны электр қозғалтқышынан 4 редуктор және 5 редуктор арқылы 10 корпусымен жабылған. Қозғалтқыш қуаты 1-ден 40 кВт-қа дейін. Барабанның айналу жиілігі 1-8 айн/мин.



15.1 сурет - Дағыралы кептіргіш

15.3 Конвективті кептіру қондырғысының жылу және материалдық балансы

Кептірілетін өнімнің материалдық балансы.

Материалдық баланс буланған ылғалдың мөлшерін (шығынын) және кептіру агентінің шығынын анықтауға бағытталған. Кептірілген материал мен газ ағындары үшін материалдық тепе-теңдік жасалады. Мынадай белгілеулер енгізіледі:

G_1 - кептіргішке келіп түсетін материалдың мөлшері, кг/сағ;

G_2 - кептірілген материалдың мөлшері, кг/сағ;

ω_1^0, ω_1^c - жалпы және құрғақ массаға қатысты материалдың бастапқы ылғалдылығы, %;

ω_2^0, ω_2^c - жалпы және құрғақ массаға арналған материалдың соңғы ылғалдылығы, %.

Кептірілген өнімнің материалдық балансының теңдеуі

$$G_1 = G_2 + W . \tag{15.1}$$

Шикі материалмен кептіргішке түскен және кептірілген материалмен кептіргіштен шығатын ылғалдың мөлшері келесідей анықталады

$$W_1 = \frac{G_1 \cdot w_1^0}{100}, \text{ кг/сағ}$$

$$W_2 = \frac{G_2 \cdot w_2^0}{100}, \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}$$

Кептіргіште буланған ылғал мөлшері;

$$W = G_1 - G_2 = W_1 - W_2, \text{ кг/сағ.} \quad (15.2)$$

Мүлдем құрғақ зат мөлшері

$$G_{\text{сух}} = \frac{G_1 \cdot (100 - \omega_1^0)}{100} = \frac{G_2 \cdot (100 - \omega_2^0)}{100}, \text{ кг/сағ} \quad (15.3)$$

соңғы теңдеуден $\frac{G_2}{G_1} = \frac{100 - \omega_1^0}{100 - \omega_2^0}$ екені анықталады және (15.1) теңдеуін қолдану негізінде $\frac{G_2}{G_1}$ қатынасын жалпы массаға қатысты материалдың бастапқы және соңғы ылғалдылықтары арқылы анықтаймыз

$$\frac{W}{G_1} = 1 - \frac{G_2}{G_1} = 1 - \frac{100 - \omega_1^0}{100 - \omega_2^0} = \frac{\omega_1^0 - \omega_2^0}{100 - \omega_2^0}$$

Нәтижесінде біз материалдық баланстың негізгі теңдеуін аламыз

$$W = G_1 \frac{\omega_1^0 - \omega_2^0}{100 - \omega_2^0} = G_2 \frac{\omega_1^0 - \omega_2^0}{100 - \omega_2^0}. \quad (15.4)$$

Сол сияқты, егер материалдың ылғалдылығы құрғақ массаға берілсе, белгілі шарттар үшін материалдық тепе-теңдік теңдеулерін алуға болады

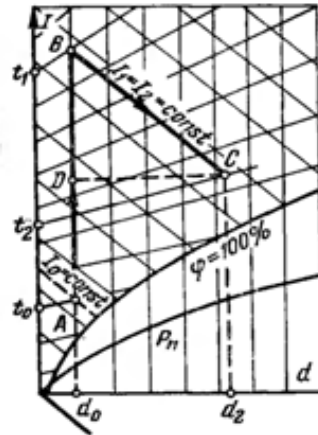
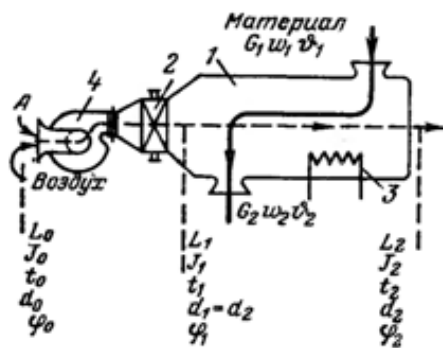
$$W = G_1 \frac{\omega_1^c - \omega_2^c}{100 + \omega_1^c} = G_2 \frac{\omega_1^c - \omega_2^c}{100 + \omega_2^c}. \quad (15.5)$$

Осылайша, массаның сақталу заңына негізделген және кептіру процесіне дейін және одан кейінгі материал ылғалдылығының өзгеруін ескеретін теңдеулер алынды.

Кептіруден өткен өнімнің жылу балансы.

Жылу балансы теориялық кептіргіште материалды кептіру шарттары үшін жасалады. Теориялық кептіргіш - бұл қоршаған ортаға кететін жылу шығыны жоқ, көлік құрылғылары мен кептірілген материалды қыздыратын, ал кептіру камерасының кірісі мен шығысындағы материалдың температурасы 0°C болатын, кептіргіш агентті алдын-ала қыздыратын, ойдан шығарылған кептіргіш.

15.1-суретте $I - d$ диаграммада теориялық кептіргіштің сұлбасы мен процесі көрсетілген.



1-кептіргіш; 2 және 3 - жылытқыштар (негізгі және қосымша); 4 - желдеткіш
 15.1 сурет – Теориялық кептіргіштің сызбасы және кептіру процесін $I - d$ диаграммада бейнелеу

Теориялық кептіргіштің жылу балансы

$$L_0 \cdot I_0 + Q_k = L_1 \cdot I_1 = L_2 \cdot I_2, \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}, \quad (15.6)$$

мұнда I_0 - жылытқышқа түсетін ылғалды ауаның энтальпиясы, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

I_1 - кептіргішке кірген кезде жылытқыштан кейінгі ылғалды ауаның энтальпиясы, 1 кг ауаға қатысты кДж/кг;

Q_k - жылытқыштағы ауаға берілетін жылу мөлшері, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теориялық кептіргіште $L_0 = L_1 = L_2 = \text{const}$ және $I_1 = I_2 = \text{const}$, сондықтан кептіру процесі ылғалды ауаның тұрақты энтальпиясында жүретіні диаграммадан көрінеді. 15.1 суреттегі $I - d$ диаграммадан АВ сызығы калорифердегі ауаны t_0 температурадан t_1 температураға дейін жылытуға көрсетеді. Кептіру процесі $I = \text{const}$ кезде - ылғалдың булануына әкеледі және жылудың ауа мен кептірілген материал арасындағы ылғал алмасу үшін шығындалғанын көрсетеді және кептірудің ВС – кесіндісі бойымен өтетінін анықтайды.

Теориялық кептіргіштегі ауа шығыны теңдеу бойынша анықталады

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} = \frac{1000}{d_2 - d_0} = \frac{1000}{DC \cdot M_d}, \quad (15.7)$$

мұнда $d_2 - d_0$ айырмасы DC кесіндісімен анықталады, ал M_d – ылғалдық осі бойымен анықталатын масштаб бірлігі.

1 кг буланған ылғалға арналған жылытқыштағы жылу шығыны анықталады

$$q = \frac{I_1 - I_0}{d_2 - d_0} \cdot 1000 = \frac{AB}{DC} \cdot \frac{M_1}{M_2} \cdot 1000, \text{кДж} \quad 1 \text{ кг ылғал үшін.}$$

Мұнда $I_1 - I_0$ энтальпиялар айырмасы диаграммадан АВ кесіндісінің мм алынған ұзындығының M_I масштабына көбейтіндісімен анықталады,

немесе $I_1 - I_0 = AB \cdot M_I$.

Теориялық кептіргіште келесі жылу шығындары бар:

- 1) $q_1 = i_2$ - материалдан ылғалдың булануына кететін жылу шығыны;
- 2) $q_2 = l \cdot c_v \cdot (t_2 - t_0)$ - температурасы t_0 -ге тең кептіргішке кіретін және одан t_2 температурада шығатын кептіру агентінің жылу шығыны.
- 3) $q_3 = l \cdot x_0 \cdot (i_2 - i_0)$ - кептіргішке кірген кезде кептіру агентіндегі транзиттік ылғалдың энтальпиясының ұлғаюы салдарынан жылудың жоғалуы.

Осы жылу шығындарын ескере отырып, теориялық кептіргіштің жылу балансының теңдеуі келесідей болады

$$q = l[c_v \cdot (t_2 - t_0) + x_0 \cdot (i_2 - i_0)] + i_2, \text{ 1 кг ылғалға кДж.} \quad (15.8)$$

Әдебиеттер тізімі

1. Сериков Э.А., Мусабеков Р.А., Колдасова Г.А. Жылу энергетикалық жүйелер мен энергияны қолдану. Оқу құралы. Алматы: АЭЖБУ, 2019. – 270 б.
2. Асамбаев А.Ж. Термодинамиканың тәжірибелік негіздері: оқу құралы . - Алматы : Бастау , 2015. - 304 б.
3. Доссат Р.Дж., Хоран Т.Дж. Основы холодильной техники. - М.: ЗАО РИЦ Техносфера, 2008.-304 с.
4. Теоретические основы холодильной техники. Учебник/ К.А. Ржесик, Д.К. Кулешов, М.А. Пундик, В.Г. Приймак – Донецк: ДонНУЭТ, 2017. – 214 с.
5. Аверкин А.Г. Примеры и задачи по курсу кондиционирование воздуха и холодоснабжение.-М., 2007.
6. Абильдинова С.К. Низкотемпературные термовлажностные процессы и установки. Конспект лекций. Алматы: «АУЭС», 2011.
7. Кукарин В. Тоңазыту – компрессорлы машиналар мен қондырғылар. -А.: «Фолиант», 2010. - 96 б.
8. Цой А.П., Ким И.А. Холодильная техника и технология потребителей холода: Учебное пособие. Алматы, 2012. – 510 с.
9. С.Т.Колач. Бытовые холодильники и кондиционеры.-М.: Издательский центр «Академия», 2016.
10. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры.-М.:«Издательство АСВ», 2011, 2012. – 424 с.

Интернет ресурстар:

11. Электрондық кітапхана <https://www.c-o-k.ru/articles/tehnologicheskii-raschet-distillya>
12. Электрондық кітапхана https://enogrup.com/distillyacionnie_ustanovki.pdf
13. Электрондық кітапхана <https://www.youtube.com/watch>
14. Электрондық кітапхана <https://www.youtube.com/watch>
15. Расщепкин А.Н., Ермолаев В.А., Кемеровский Теплообменные аппараты низкотемпературной техники. [Электронный ресурс] 2012 URL: <http://www.iprbookshop.ru/14393.html> (Дата обращения: 23.09.2013).

Мазмұны

1. Дәріс №1. Айдау және ректификация.....	3
2. Дәріс №2. Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	11
3. Дәріс №3 Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	14
4. Дәріс №4 Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	19
5. Дәріс №5 Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	23
6. Дәріс №6 Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	28
7. Дәріс №7 Айдау және ректификация (тақырып жалғасы).....	33
8. Дәріс №8 Төмен температураларды алу әдістері.....	38
9. Дәріс №9 Төмен температураларды алу әдістері (тақырып жалғасы).....	42
10. Дәріс №10 Төмен температураларды алу әдістері (тақырып жалғасы).....	47
11. Дәріс №11 Төмен температураларды алу әдістері (тақырып жалғасы).....	52
12. Дәріс №12 Төмен температураларды алу әдістері (тақырып жалғасы).....	56
13. Дәріс №13 Буландыру, сіңіру және кептіру процестері мен қондырғылары.....	62
14. Дәріс №14 Буландыру, сіңіру және кептіру процестері мен қондырғылары (тақырып жалғасы).....	69
15. Дәріс №15 Буландыру, сіңіру және кептіру процестері мен қондырғылары (тақырып жалғасы).....	74
Әдебиет тізімі.....	80

Сауле Кианбековна Абильдинова

ЖЫЛУТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН ҚОНДЫРҒЫЛАР

«Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07115 «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін дәрістер жинағы

Редактор:

Изтелеуова Ж.Н.

Стандартизация бойынша маман:

Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды __. __. __.

Таралым 100 дана.

Көлем 5,0 – оқу- бас.ә.

Формат 60x84 1/16

Типографиялық қағаз № 1

Тапсырыс Бағасы 2500 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғамының

көшірме – көбейту бюросы

050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1