Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
«Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ахпанбетова А.К., Аубекерова Г.А.,
Кереева Ж.Р., Тулеуов Ж.Н.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАР МЕН КОММУНИКАЦИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

0819000 – «Мұнай және газ өңдеу технологиясы» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік, орта білімнен кейінгі білім берудің өзектендірілген үлгілік оқу жоспарлары мен бағдарламалары бойынша оқу құралы ретінде әзірленді

Астана 2018

«Технологиялық жабдықтар мен коммуникацияларды пайдалану»: Оқу құралы / Ахпанбетова А.К., Аубекерова Г.А., Кереева Ж.Р., Тулеуов Ж.Н. Астана: «Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2018 ж.

ӘОЖ 665.6/.7(075)
КБЖ 35.514 Я73
Т38

ISBN 978-601-333-515-5

Бұл оқу құралы 0819000 – «Мұнай және газ өңдеу технологиясы» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік білім берудің үлгілк оқу жоспарына сәйкес әзірленген. Оқу құралында мұнай өңдеу және мұнай-химия зауыттарының технологиялық жабдықтарының сипаттамасы, аппараттарға техникалық қызмет көрсету және жөндеу жұмыстары берілген. Технологиялық процестердің классификациясы, теориялық негіздері, мұнай-газ өңдеу аппараттарының түрлері, мақсаты және құрылымдық ерекшеліктері, сондай-ақ қалыпты жағдайда қондырғыны іске қосу мен тоқтатудың негізгі жағдайлары келтірілген. Технологиялық жабдықты пайдалану кезінде қауіпсіздік техникасы мен қоршаған ортаны қорғауға көп көңіл бөлінген.

Оқу құралы техникалық және кәсіптік білім беретін оқу орындарының студенттеріне арналған, сондай-ақ техник-технологтар, мұнай өңдеу және мұнай-химия зауыттары қондырғыларының операторлары мен аппаратшылары пайдалана алады.

Рецензенттер:
Жунусова Э.Б.. – техника ғылымдарының кандидаты, доцент.
Кабанкина Н.К. – «Атырау МӨЗ» ЖШС инженер химик-технологы
Муслимова Б.О. – жоғары санатты оқытушы

«Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ ғылыми-әдістемелік кеңесінде мақұлданды, 26.09.2018 ж. №2 хаттама

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз 6
Кіріспе 7
1 Негізгі процестер мен аппараттардың жіктелуі 9
1.1 Аппараттардың түрлері, олардың бейнелері…….....…..……10
1.2 Жылу процестері. Жылу беру негіздері 12
1.3 Жылу процестерін жүргізу тәсілдері. Жылу беру түрлері 12
2 Жылу алмасу аппараттарының жіктелуі …….....14
2.1 Жылу алмасу аппараттарының түрлері…..... 14
2.2 Жылу алмасу аппараттарын есептеу 32
2.3 Жылу алмасу аппараттарын есептеу бойынша практикалық тапсырмала.....36
2.4 Құбырлы пештер. Құбырлы пештердің мақсаты, олардың жіктелуі 38
2.5 Құбырлы пештерді есептеу бойынша практикалық тапсырмала.....39
2.6 Пеш түрлері, олардың ерекшеліктері мен конструкция бөлшектері.....41
3 Гидромеханикалық процестер. Газдарды электрлік тазалау …….....46
3.1 Сұйық орталарды араластыру мақсаты, әдістері және тиімділігі.....46
3.2 Механикалық араластырғыштардың құрылымы, оларды салыстырмалы бағалау және таңдау.....47
3.3 Пневматикалық және гидравликалық араластыру 53
3.4 «Жылу процестері» және «Гидромеханикалық процестер» бөлімдері бойынша тест сұрақтары»……..... …….....56
4 Массаалмасу процестері. Жаппай тарату теориясының негіздері.....61
4.1 Ректификациялау процесінің мәні және жүргізілуі 63
4.2 Ректификациялық колоннаның материалдық балансы 63
4.3 Ректификациялық колоннаның жылу балансы 65
4.4 Колоннаның материалдық және жылу балансын есептеу бойынша практикалық сабақ.....67
4.5 Колонналық үлгідегі аппараттардың негізгі жіктелуі 71
4.6 Баған құрылғысы опциялары 73
4.7 Абсорбция және десорбция процестерінің физикалық мәні 75
4.8 Абсорберлердің конструкциялары 76
4.9 Экстракция процесінің мәні және жүргізілуі 80
4.10 Экстракцияны жүзеге асырудың негізгі әдістері 82
5 Экстракторлар. Экстракторлардың жіктелуі 82
5.1 Экстракциялық аппараттардың құрылымы 83
5.2 Экстракциялық аппараттардың негізгі өлшемдерін есептеу 90
6 Адсорбция. Адсорбция процесінің мәні 93
6.1 Адсорбция (десорбция) процесін есептеу 96
6.2 Адсорберлер. Адсорберлердің құрылысы мен жұмыс істеу принципі.....98
6.3 Адсорбердің (десорбердің) негізгі өлшемдерін есептеу 106
6.4 Адсорбердегі теориялық тәрелкелер санын есептеу 107

6.5 «Массаалмасу процестері» бөлімі бойынша тест сұрақтары ……...109
7 Химиялық процестер. Реакторлық құрылғылар 114
7.1 Ауысымды-циклдық процестердің реакторлары. Каталитикалық крекинг реакторлары.....114
7.2 Арнайы мақсаттағы реакторлардың конструкциялары 119
7.3 Реакторды жылулық есептеу бойынша практикалық тапсырмалар 121
7.4 «Химиялық процестер. Реакторлық құрылғылар» тарауы бойынша тест сұрақтары 124
8 Қалыпты жағдайда қондырғыны іске қосу мен тоқтатудың негізгі ережелері ….....…129
8.1 Ұшырылымға дайындау 130
8.2 Қондырғыны майсыздандыру 133
8.3 Қондырғы секциясын іске қосу 135
8.4 Қондырғыны тоқтату тәртібі ……136
8.5 Қысқы уақытта қондырғыны іске қосу, тоқтату және пайдалану ерекшеліктері ….....137
8.6 Технологиялық процестер мен жабдықтарды авариялардан қорғау және жұмысшылардың жарақаттануының алдын алу.....137
8.7 Жабдықтарға техникалық қызмет көрсету және жөндеу жөніндегі жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу тәртібі.....138
9 Шешімдері көрсетілген есеп үлгілері 140
9.1 Өзіндік жұмысқа арналған тапсырмалар 163
10 Қорытынды ……..……..167
11 Пәннің негізгі ұғымдары мен анықтамаларының тізімі (глоссарий) …..168
12 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 171

Алғы сөз

Оқу құралы 0819000 – Мұнай және газды қайта өңдеу технологиясы мамандығы және 081901 2 – Технологиялық қондырғылардың операторы біліктілігі үшін «Технологиялық жабдықтар мен коммуникацияларды пайдалан» модулі бойынша әзірленген.

«Технологиялық жабдықтарды және коммуникацияларды пайдалану» пәні бойынша оқу курсының мақсаты мұнай өңдеу және мұнай-химия зауыттарының технологиялық жабдықтарын пайдалану және құрылғысымен студенттер мен жұмысшы біліктілігінің мамандарын таныстыру, студенттерде технологиялық аппараттар жұмысының жалпы заңдылықтарын және оларда өтетін процесстерді, әр түрлі өндірістердің жұмыс режимдерін дұрыс аппаратуралық ресімдеу және таңдау үшін қажетті терең білімді қалыптастыру, химиялық технологияның қазіргі заманғы процестерін жүзеге асыру үшін іскерліктер мен дағдыларды қалыптастыру болып табылады.

Курстың негізгі міндеті – студенттер мен мамандардың қалыпты жағдайда технологиялық қондырғыны іске қосу және тоқтату жұмыстарын техникалық сауатты жүргізу бойынша жұмыс біліктерін меңгеруі, жабдықтың апатсыз және үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету, технологиялық жабдықты жөндеуге дайындау.

Техникалық және кәсіптік білім беру студенттері, технологиялық қондырғылардың операторлары мен аппаратшылары мұнай-газ өңдеу процестерінің жіктелуін, теориялық негіздерін, құрылысы мен әрекет ету принципін, аппараттардың конструкциясының ерекшеліктерін, жабдықтарды пайдалану бойынша негізгі талаптарды, жабдықтың тиімділігін бақылау тәсілдерін үйренеді. Алынған білім негізінде олар конструкциялық материалдарды таңдай алады және жабдықтарды тозудан қорғауды қамтамасыз ете алады, технологиялық жабдықтарды пайдалану және техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша жұмыстарды жүргізу бойынша өздеріне жүктелген міндеттерді орындайды.

Тақырыптарды зерттеу кезінде мұнай-газ өңдеу аппараттарының әрекет ету принципі және мақсаты бойынша, конструктивтік орындалуы және типі бойынша жіктелуі, жеке аппараттарды есептеу принциптері қарастырылады.

Технологиялық жабдықтарды пайдалану кезінде технологиялық процестер мен жабдықтарды қауіпсіз пайдалану және авариялардан қорғау, қауіпсіздік техникасы және қоршаған ортаны қорғау мәселелеріне ерекше назар аударылады.

Кіріспе

Мұнай-газ өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібін дамыту. Мұнай өңдеудің заманауи процестері технологиялық әдістер мен аппаратуралық безендірудің, сондай-ақ шығарылатын өнімнің ассортиментінің алуан түрлілігімен ерекшеленеді. Жоғарыда айтылғандар соңғы он жылда әсіресе кең дамыған мұнай-химия өндірістеріне жатады.

Алайда әр түрлі өңдеу процестерінде қолданылатын әртүрлі технологиялық тәсілдер кейбір жалпы заңдылықтарға бағынатын бір типті бірнеше процестерді және тиісті аппараттарды пайдалануға негізделеді. Осылайша, әртүрлі өндірістерде жылыту және салқындату, айдау және ректификация, абсорбция, араластыру, тұндыру, сүзу және т.б. сияқты жалпы процестер қолданылады.

Жабдықтың құрылымын жетілдіру қажеттілігі. Мұнай өңдеу техникасының тұрақты дамуы, шығарылатын өнімнің сапасына қойылатын жоғары талаптар қазіргі заманғы жоғары өнімді жабдықтарды пайдалану қажеттілігін тудырады. Технологиялық параметрлердің тар шегінде жұмыс істеген, бұрын машина жасау өнеркәсібі шығарған соғылған, құйылған және тойтарылған аппараттар мен өнімділігі аз машиналар қазіргі уақытта конструкциясы бойынша ірі және күрделі аппараттарға және қатты агрессивті орталарда төмен және жоғары (3000 °С дейін) температура, вакуум және 300 МПа дейінгі қысым жағдайында жұмыс істей алатын машиналарға жол берді. Бұл машина жасау мен аппарат жасаудағы техникалық прогрестің, прогрессивті дәнекерлеу және монтаждау техникасын қолданудың, сондай-ақ бақылаудың сенімді әдістерінің арқасында мүмкін болды.

Типтік процестер мен аппараттардың жалпы заңдылықтарын зерттеу.

Осы процестердің әрқайсысы үшін қолданылатын аппараттарьбір типті болып табылады, бірақ конструкциядан әр түрлі өндірістердің ерекше ерекшеліктеріне байланысты айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін. Әр түрлі өндірістердің жұмыс режимдерін дұрыс аппаратуралық ресімдеу және таңдау үшін аппараттар жұмысының жалпы заңдылықтарын және оларда өтетін процестерді терең білу қажет.

Химия және мұнай өңдеу жабдықтары өндірісін дамыту химия және мұнай өңдеу өнеркәсібінің дамуымен тікелей байланыста. Мұнай өңдеу, ең алдымен, қарапайым айдауға жеткенде, сәйкесінше процестерді аппаратуралық ресімдеу өте қарапайым болды. Жылытқыштар ретінде куб, ректификация үшін – дефлегматор және т.б. қолданылды.

Химиялық технологияның қазіргі заманғы процестерін келесі топтарға бөлуге болады.

1. Біртекті емес жүйелерді (қатты немесе сұйық бөлшектермен өлшенген сұйықтықтар мен газдарды) өңдеумен байланысты гидромеханикалық

процестер. Бұл процестерге араластыру, тұндыру, сүзу, центрифугалау, қайнаған қабаттың газодинамикасы және т.б. жатады.

2. Қатты материалдарды өңдеуге байланысты механикалық процестер. Оларға қатты материалдарды ұсақтау, себу және орнын ауыстыру жатады.

3. Бір денеден екіншісіне жылу беруге байланысты жылу процестері. Жылу процестеріне жылыту, салқындату, булану, конденсация, балқыту, қатаю жатады.

4. Заттың (массаның) бір фазадан екінші фазаға диффузия (масса алмасу) жолымен ауысуына байланысты массаалмасу процестері. Массаалмасу процестеріне айдау, ректификация, абсорбция, экстракция, адсорбция, кептіру, кристалдану жатады.

5. Процесте қатысатын заттардың химиялық айналуымен байланысты химиялық процестер.

Мұнай-газ өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібін дамыту қазіргі кезеңде шығарылатын өнім ассортиментінің едәуір кеңеюімен және сапасының артуымен, мұнай өңдеу тереңдігінің ұлғаюымен, мұнай-газ өндіруші аудандардың қажеттіліктерін ескере отырып, мұнай өнімдерінің кең гаммасын алуға мүмкіндік беретін мұнайды, газды және газ конденсатын кешенді өңдеудің модульдік аз тоннажды қондырғыларының үлкен бірлі-жарым қуаты қондырғыларымен қатар құрылыспен сипатталады. Мұндай шағын көлемді қондырғылар газ-мұнай шикізатын физикалық бөлу жолымен бастапқы өңдеуді ғана емес, сонымен қатар тиімділігі жоғары катализаторларды пайдалана отырып, химиялық өңдеудің қайталама процестерін жүргізуді қамтамасыз етуі тиіс.

Жабдықты орнату принциптері. Өнеркәсіптік процестерді технологиялық және аппаратуралық ресімдеу өте көп. Көптеген өндірістік процестерде бастапқы шикізатты құрамдас компоненттерге бөлу, өнімдерді қыздыру және салқындату, жүйенің түрлі фазаларын механикалық бөлуді жүзеге асыру талап етіледі. Бұл ретте өзінің физикалық табиғаты бойынша бірдей процестер технологиялық процестің әртүрлі сатыларында қолданылуы мүмкін, ол өнімнің талап етілетін сапасы мен қасиеттерін алуды қамтамасыз етеді.

1 Негізгі процестер мен аппараттардың жіктелуі

Мұнай өңдеу өндірістерінде жүзеге асырылатын барлық процестер оларды біріктіретін негізгі заңдарға байланысты мынадай топтарға бөлінеді: - **гидромеханикалық процестер** (сұйықтар мен газдардың орнын ауыстыру, сұйық және газды біртекті емес жүйелерді бөлу, сұйықтықтарды араластыру); - **массаалмасу процестері** (біріктірілген заңдарында массатарату және қайта айдау, ректификация, абсорбция, адсорбция, экстракция, кристалдау және кептіру кіреді); - **жылу процестері** (жылу беру заңдары біріктірілген және жылыту, салқындату және конденсация, буландыру); - **механикалық процестері** (қатты заттарды ұсақтау, тасымалдау, жіктеу және араластыру); - **химиялық процестері** (химиялық

кинетика заңдарымен біріктірілген және әртүрлі химиялық реакцияларды қамтиды).

Барлық аталған процестер конструкциясы неғұрлым орынды тәсілмен және осы процесті жүзеге асырудың нақты шарттарымен анықталатын тиісті аппараттар мен машиналарда өтеді. Технологиялық жабдықты онда өтетін процестерге сәйкес жіктеу тек зерттеу үшін ғана емес, сондай-ақ әрбір аппаратты немесе машинаны кешенді технологиялық және механикалық есептеу үшін де ыңғайлы.

Гидромеханикалық процестерді жүргізу:

- сорғылармен (сұйықтықтарды ауыстыру үшін);
- компрессорлық машиналармен (газдарды ауыстыру және сығу үшін);
- тұндырғыштармен (сұйық фазада бөлінген қатты бөлшектердің ауырлық күші немесе су тамшылары әсерінен тұндыру үшін));
- сүзгілермен (кеуекті қалқамен ұстап қалатын ұсақ қалқымалы бөлшектері бар суспензияларды бөлу үшін);
- центрифугалармен (ортадан тепкіш күштер өрісінде эмульсиялар мен суспензияларды бөлу үшін);
- араластырғыштармен (біртекті ерітінділер, эмульсиялар, суспензиялар алу үшін, сондай-ақ диффузиялық және жылу процестерін қарқындату үшін) және басқа машиналар мен аппараттармен.

Жылу процестерін жүзеге асыру үшін қолданылады:

- құбырлы пештер-жағылатын отынның жылуы шикізатпен берілетін от жылытқыштары;
- мұнай өңдейтін қондырғылардың жылуы қалпына келтірілетін немесе бу конденсацияланатын және осы қондырғылардан шығатын дистилляттар салқындатылатын жылу алмасу аппараттары.

Массаалмасу процестері үшін қолданылатындар:

- колонналық аппараттар: ректификациялық колонналар, абсорберлер, адсорберлер, десорбер, экстракторлар және т.б. **механикалық процестер** ұсақтағыштарда, диірмендерде, классификаторларда және қатты материалдардың дозаторларында жүзеге асырылады. **Химиялық процестер** реакциялық аппараттарда әр түрлі құрылым-реакторларда өтеді.

Негізгі технологиялық процесті ұйымдастыру тәсілі бойынша аппараттар мерзімді және үздіксіз жұмыс істейтін аппараттарға бөлінеді.

Мерзімді әрекет ететін аппараттар белгілі бір уақыт аралығынан кейін алдымен бастапқы шикізатпен және материалдармен жүктейді, ал процесс аяқталғаннан кейін соңғы өнімнен түсіреді. Мұндай цикл технологиялық процесті жүзеге асырудың барлық уақыты ішінде қайталанады. Үздіксіз жұмыс істейтін аппараттардың ерекшелігі бастапқы шикізат пен материалдардың үздіксіз түсуі және мақсатты өнімдерді үздіксіз түсіру болып табылады. Қалыптасқан процесс кезінде аппаратты тиеу және түсіру бір уақытта, циклсіз жүргізіледі.

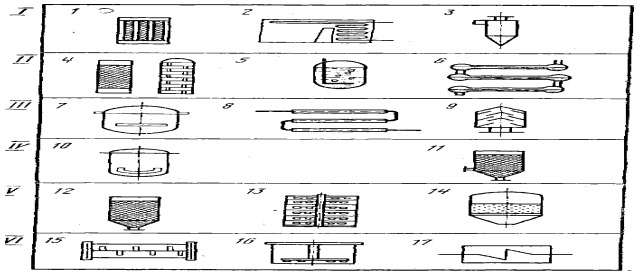
1.1 Аппараттардың түрлері, олардың бейнелері

Химиялық өндіріс аппараттары мен машиналарының конструкциясы олардың технологиялық мақсаттарымен, реагенттейтін заттардың агрегаттық жай-күйімен және процесті жүргізу тәсілімен (мерзімді немесе үздіксіз) анықталады.

Технологиялық аппараттарда мынадай фазалық жүйелер болуы мүмкін: газ + газ, газ + сұйықтық, сұйықтық + сұйықтық, сұйықтық + қатты зат, газ + қатты зат, қатты зат + қатты зат (1-сурет).

I (газ + газ) жүйесінде жоғары температуралы химиялық процестер жүргізіледі, олар үшін орамтүтікті *2* және *1* байланыс аппараттары және әр түрлі жүйелердің конверторлары қолданылады, сондай-ақ газ тазарту аппараттары *3* пайдаланылатын газ тазарту процестері. *II* жүйеде (газ + сұйықтық) ректификация, абсорбция, сулы газ тазарту, сондай-ақ көптеген химиялық реакциялар жүргізіледі. Бұл ретте сұйықтық пен газ арасындағы жақсы байланысты қамтамасыз ететін құрылғылары бар *4* бағаналы және мұнаралы аппараттар қолданылады. Сұйықтықта жақсы еритін газдар үшін, контактінің аз беті жеткілікті болғанда, процесс барботаждық типті 5 қарапайым аппараттарда немесе 6 беттік абсорберлерде жүргізіледі. *III* жүйесінде (сұйықтық + сұйықтық) физика-химиялық және әртүрлі химиялық процестерді жүзеге асырады. Ол үшін *7* араластырғышы бар немесе оларсыз сыйымдылықты аппараттар және *8* жылан типті аппараттар қолданылады. Әр түрлі меншікті салмағы бар өзара ерімейтін сұйықтықтарды өңдеу үшін кейде сұйықтықтардың қарсы қозғалысы бар колонналық типті аппараттар қолданылады. Сепарацияны ортадан тепкіш *9* типті сепараторларда жүргізеді. *IV* (сұйықтық + қатты зат) жүйесіндегі химиялық және физика-химиялық процестерді ыдыстық аппараттарда *10* араластырғыштармен немесе қатты өніммен толтырылған *11* және *12* ағынды камераларда жүзеге асырады. Сүзу, тұндыру, центрифугалау тиісінше сүзгілерде, тұндырғыштарда және центрифугаларда жүргізіледі.

V фазалық жүйесінде (газ + қатты зат) газ тазарту, кептіру, адсорбция, сондай-ақ, негізінен жоғары температуралы бірқатар химиялық процестер жүргізіледі. Кептіруге, күйдіруге немесе химиялық өзара әрекеттесуге арналған қарапайым аппарат – газ ағынымен жуылатын *12* қатты өніммен толтырылған камера.



1-сурет. Химиялық аппараттардың түрлері. Заттың агрегаттық күйі.

Процесс қарқындылығы үшін айналмалы барабандар түрінде *13* және *16* қырғыш типті аппараттарды қолданады.

VI жүйесі (қатты зат + қатты зат) химиялық технологияда салыстырмалы түрде сирек қолданылады. Қатты өнімдерді өңдеу үшін *15* және *16* еспелі типті аппараттар, валкалық, бұрыштық араластырғыштар және *17* пластификаторлар қолданылады.

Процесс жүргізудің кезеңдік немесе үздіксіз тәсілі аппараттың конструкциясына айтарлықтай әсер етеді, өйткені конфигурацияны, компоненттерді тиеу және түсіру тәсілін және басқа да конструктивтік ерекшеліктерді анықтайды.

Химиялық машиналарға әдетте механикалық тораптар: центрифугалар, сепараторлар және пластмассалар мен резеңке цехтарының жабдықтары елеулі үлес салмағын алатын жабдықтар жатады.

1.2 Мұнай өңдеу зауыттары жабдықтарының жіктелуі мақсаты және конструкциясы бойынша

Мұнайды өңдеу процесі өзара байланысты технологиялық операциялардың күрделі тізбегін білдіреді, олардың әрқайсысы маңызды және қажет. Химиялық технологияның барлық жабдықтары процестің өту заңдылықтарына байланысты шартты түрде бес топқа бөлінеді. Бірінші топқа механикалық процестерді жүргізуге арналған жабдықтар жатады: ұсақтау, тасымалдау, сұрыптау және қатты материалдарды араластыру. Бұл топтың процестерін арнайы құрастырылған машиналар мен аппараттарда (мысалы, ұсақтағыштар, классификаторлар, мөлшерлегіштер және т.б.) жүргізеді. Екінші топ — Гидромеханикалық процестерге арналған жабдық, олардың қарқындылығы гидродинамика заңдарымен-Сұйықтықтар мен газдардың қозғалысы туралы заңдармен анықталады. Жабдықтың бұл тобына Сұйықтықтар мен газдарды тасымалдауға арналған құбырлар, тұндыру камералары, циклондар мен гидроциклондар және т. б. жатады.

Үшінші топ-жылу беру жылдамдығына байланысты өтетін жылу процестеріне арналған жабдық. Бұл топқа тоңазытқыштар, жылытқыштар, буландырғыштар, буландырғыш қондырғылар, Тоңазытқыш агрегаттар, пештер және т. б. кіреді.

Төртінші топ массаалмасу процестеріне арналған жабдықты қамтиды, олардың жылдамдығы массаалмасу жылдамдығына байланысты. Бұл абсорберлер, адсорберлер, айдау, ректификациялау, экстракция, кристалдау, кептіру аппараттары және т. б.

Бесінші топ – химиялық реакция болатын химиялық реакторлар-заттардың химиялық қасиеттерінің өзгеруі. Реакторлардың конструкциялары әртүрлі: араластырғыштары бар, катализатордың қозғалмайтын немесе жалған күйдірілген қабаты бар реакторлар және т.б. технологиялық процесс кезеңдік немесе үздіксіз режимде ұйымдастырылуы мүмкін.

Мерзімді режимде процестің барлық кезеңдері бір аппаратта, бірақ әр уақытта жүргізіледі. Мысалы, алдымен бастапқы шикізатты тиеуді жүзеге асырады, содан кейін қоспаны араластырады және қыздырады, ал процесс аяқталғаннан кейін реакторды босатады. Мұндай режимде барлық технологиялық операцияларды жүйелі түрде жүргізеді, олардың әрқайсысы процестің уақытша параметрлерін қатаң сақтауды, реагенттердің көп санының қатысуын талап етеді. Кезеңдік режимде қатысатын компоненттердің көп санының қатысуымен процестер, сондай-ақ аз тоннажды процестер жүргізіледі.

Үздіксіз режимде шикізатты тиеу, процестің өтуі, өнімді түсіру бір уақытта, бірақ түрлі аппараттарда жүзеге асырылады. Процесс жүргізудің үздіксіз режимінің артықшылықтарына процестің әрбір сатысына арнайы аппаратураны пайдалану, уақытты тұрақтандыру, өнім сапасын жақсарту, процесті автоматтандырылған басқару мәселелерін шешу мүмкіндігі жатады. Әдетте, мұнайды өңдеудің көп тоннажды процестері үздіксіз режимде жүзеге асырылады.

1.3 Жылу процестері. Жылу беру негіздері

Әр түрлі температурасы бар денелер арасында болатын жылу түрінде энергия тасымалдау *жылу алмасу* деп аталады. Жылу алмасудың кез-келген процесінің қозғаушы күші термодинамиканың екінші заңына сәйкес, жылу өз бетімен, қыздырылған денеден қыздырылған денеге ауысатын қыздырылған дененің температураларының айырмашылығы болып табылады. Денелер арасындағы жылу алмасу молекулалар, атомдар және еркін электрондар арасындағы энергия алмасу болып табылады; жылу алмасу нәтижесінде қыздырылған дененің бөлшектер қозғалысының қарқындылығы төмендейді, ал қыздырылған дененің аз мөлшері өседі. Жылу алмасуға қатысатын денелер жылу тасымалдағыштар деп аталады.

Жылу беру – жылу тарату процестері туралы ғылым. Жылу беру заңдары жылыту, суыту, бу конденсациясы, буландыру негізінде жатыр және көптеген массаалмасу, сондай-ақ жылуды жеткізу немесе бұру арқылы өтетін химиялық процестерді жүргізу үшін үлкен маңызы бар.

Бір денеден екіншісіне немесе кеңістіктің әр түрлі нүктелері арасындағы жылуды беру үш тәсілмен жүзеге асырылуы мүмкін: *жылу өткізгіштігі, конвекция және сәулелену*.

1.4 Жылу процестерін жүргізу тәсілдері. Жылу беру түрлері

Жылу өткізгіштігі. Әр түрлі температура бар денелердің немесе бір дененің жекелеген бөліктерінің жанасуында жылу беру процесі жылу өткізгіштік деп аталады.

Жылу өткізгіштігімен жылу тасымалдау механизмі дененің агрегаттық күйіне байланысты. Сұйықтар мен қатты денелер – диэлектриктерде жылу беру атомдар мен молекулалардың көршілес бөлшектермен жылу қозғалысының энергиясымен алмасуы нәтижесінде жүзеге асырылады.

Жылуландыру және жылуалмастырғыштың жылуалмастырғыштары негізінен еркін электрондардың диффузиясы нәтижесінде жүзеге асырылады. Газдарда жылуөткізгіштік молекулалар мен атомдардың соқтығысуы кезіндегі энергия алмасуымен де, олардың диффузиясымен де байланысты.

Жылу өткізгіштігімен берілетін жылу мөлшері жылу тасымалдағыштар температураларының әртүрлілігіне пропорционалды. Мысалы, жылу алмастырғыштың құбырлары бойынша қозғалғанда мұнай жылу өткізгіштіктің нәтижесінде құбыр қабырғасы арқылы неғұрлым қыздырылған ағыннан жылуды алады.

Конвекция. Жылу кеңістігінің бір нүктесінен екінші нүктесіне, бір температурадан басқа температурамен облысқа ортаның қозғалысына байланысты конвекция деп аталады. Бұл ретте жылудың жиынтық тасымалдануы ортаның жылу өткізгіштігімен де, оның қозғалыс заңдарымен де анықталады.

Мәжбүрлі және *еркін конвекция* бар. Бірінші жағдайда ортаның орын ауыстыруы қандай да бір сыртқы көзімен, мысалы, сорғы, желдеткіш, жел және т.б. байланысты; екінші жағдайда-ортаның салқын және қыздырылған учаскелері тығыздығының әртүрлілігі. Қыздырылған беттің жанында ортаның тығыздығы жоғары температураның салдарынан аз, ал басқа бөліктерде тығыздығы жоғары. Сондықтан, жылыту бетінің жанында қыздырылған ортаның жоғары ағынын және қыздырылған беттен алыста суық ортаның төмен түсетін ағынын байқайды. Конвекция құбылысы ортаның бөлшектерінің бір жағынан екіншісіне ауысуымен байланысты болғандықтан, оны балқытылған металдарды қоса алғанда, газдар мен сұйықтықтарда қарастырады.

Еркін конвекцияның мысалы резервуарлар мен сыйымдылықтарда сұйықтықтарды қыздыру (салқындату) болып табылады. Сұйықтықтарды сорғымен тасымалдау кезінде сол жағдайларда мәжбүрлі конвекцияға ие.

Сәулемен жылу алмасу. *Жылуалмастырғыш сәулелену* деп дененің молекулалары энергиясының сәулелік энергияға айналуымен байланысты жылуды тасымалдау процесін түсінеді. Сәулеленетін энергияның мөлшері дене температурасымен, оның бетінің жай-күйімен, дене қасиеттерімен анықталады. Қыздырылған денемен сәулеленетін энергия басқа денелерге беріледі. Бұл ретте сәулелі энергияның кейбір мөлшері оны қабылдайтын дененің бетінен ішінара көрінеді, ішінара дене жұтылады, ал ішінара дене арқылы өтеді. Сіңірілген сәулелі энергия ішкі энергияға қайтадан айналады, яғни дене температурасының жоғарылауына жұмсалады.

Оған түсетін барлық сәулелерді көрсететін дене мүлдем ақ деп аталады, ал барлық сәулелерді жұтатын – *мүлдем қара*. Мөлдір немесе диатермиялық, денелер барлық сәулелі энергияны толығымен өткізеді. Нақты жағдайларда жылу жоғарыда көрсетілген тәсілдердің бірі емес, құрама жолмен беріледі. Мысалы, қатты қабырға мен газ ортасы арасындағы жылу алмасу кезінде жылу конвекциямен, жылу өткізгіштігімен және сәулемен бір мезгілде

беріледі. Жылу қабырғадан газ тәрізді (сұйық) ортаға немесе кері бағытта *жылу беру* деп аталады.

Өнеркәсіптік аппараттарда жылу берудің әртүрлі тәсілдері байқалады. Сонымен, құбыр пешіндегі мұнай өнімінің қызуы жылу түтін газынан құбыр қабырғасына дейін жылу сәулесімен, құбыр қабырғасы арқылы жылу өткізгіштігімен және құбыр ішіндегі мәжбүрлі конвекциямен байланысты. Одан да күрделі жылу беру процесі неғұрлым қыздырылған сұйықтықтан төмен қыздырылған сұйықтыққа (газға) олардың бетін немесе қатты қабырғасын бөлуші арқылы беру процесі болып табылады. Бұл процесс *жылу беру* деп аталады. Жылу беру процесінде конвекциямен жылуөткізгіштік және жылу алмасу сәулемен бірге жүреді. Алайда, нақты жағдайлар үшін басым, әдетте, бір түрі тарату жылу.

Ойға қатысты сұрақтар

1. Қазіргі кезеңде мұнай және газ өнеркәсібінің дамуы туралы айтып берсеңіз?
2. Мұнай мен газды өңдеудің қазіргі заманғы технологиялық процестерінің негізгі топтары?
3. Технологиялық жабдықтың процестерге сәйкес жіктелуі?
4. Периодтық және үздіксіз әрекет ететін аппараттардың ерекше ерекшеліктерін анықтаңыз?
5. Жылу алмасу процесінің қозғаушы күші?
6. Жылу алмасу процесінде жылуды беру тәсілдері.
7. Қандай заттар жылу тасымалдағыштың рөлін атқарады?
8. Мәжбүрлі конвекция еркін немен ерекшеленеді? Мысалдар келтіріңіз

2 Жылу алмасу аппараттарының жіктелуі

Жылу алмасу аппараттары мақсатты мақсатына байланысты *жылытқыштар* немесе *тоңазытқыштар* деп аталады. Егер процесс суық жылу тасығышқа жылу беру үшін жүргізілсе, онда жылу алмастыруға қатысатын ыстық жылу тасығыш *қыздырғыш агент* деп аталады. Егер процесс ыстық жылу тасығышынан жылу бөлуден тұрса, онда бөлінетін жылу хабарланатын суық жылу тасығыш салқындату агенті деп аталады.

Кейбір жағдайларда екі процестің де мақсатты мақсаты бар-суық жылу тасымалдағыштың қызуы және ыстық суыту. Сонда жылу алмастырғыш аппараттар *жылу алмастырғыш* деп аталады. Жылу алмасу аппараттары беттің нысанына, жылу тасымалдағыштың түріне, жылу беру тәсіліне байланысты бөлінеді. Соңғы көрсеткішке сәйкес оларды: 1) *үстіңгі* (рекуперативті); 2) *араластырғыш* (контактілі) және 3) *регенеративті* деп жіктеуге болады.

Беттік жылу алмастырғыштар – жылу алмастырғыш аппараттардың ең маңызды және маңызды тобы. Беттік жылу алмастырғыштарда жылу тасымалдағыштар қабырғамен бөлінген, бұл ретте жылу осы қабырғаның

беті арқылы беріледі. Егер осындай жылу алмастырғыштардағы жылу алмасу беті құбырлардан құралса, онда оларды *құбырлы* деп атайды. Беттік жылу алмастырғыштардың басқа тобында жылу алмасу беті аппарат қабырғасы немесе металл жалпақ табақтар болып табылады.

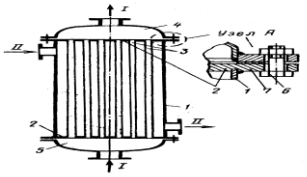
Араластыру жылу алмастырғыштарында жылу тасымалдағыштардың тікелей жанасуы кезінде жылу алмасу болады.

Регенеративті жылу алмастырғыштарда жылулықты ыстық жылу тасымалдағыштан салқынға ауыстыру процесі екі кезеңге уақыт бойынша бөлінеді және жүктемені жылыту және саптаманың салқындауы кезінде жүреді.

2.1 Жылу алмасу аппараттарының түрлері

Кожухотрубчатые жылу алмастырғыштар. Олар өте қарапайым, бір аппаратта жылу алмасудың үлкен бетін дамыту мүмкіндігімен ерекшеленеді, жұмыста сенімді.

2-суретте 2-ші құбыр торлары бар тік қаптамалы жылу алмастырғыш көрсетілген, онда 3-ші құбыр бекітілген. 1 қаптамасына 6 бұрандамалар мен 7 төсемдердің көмегімен 4 қақпағы мен 5 түбі бекітіледі.



2-сурет. Қатты конструкциялы қаптамақұбырлы жылу алмастырғыш:
1 – қаптама; 2 – құбыр торлары; 3 – құбырлар; 4 – қақпақ; 5 – түп; 6 – болт; 7 – төсеме; I және II – жылу тасымалдағыштар.

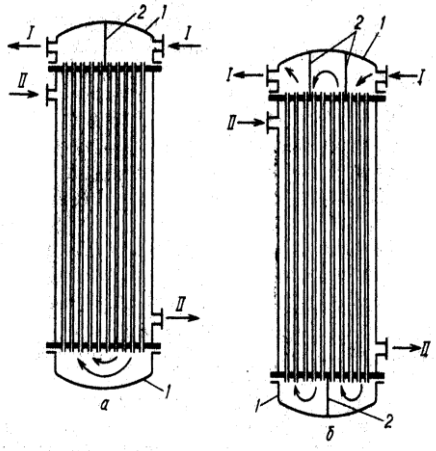
Жылу тасымалдағыштардың бірі і құбыр бойынша, екіншісі II құбыраралық кеңістік бойынша өтеді. Бір жылу тасымалдағыштан екіншісіне жылу құбыр қабырғаларының беті арқылы беріледі. Әдетте қыздырылатын жылу тасығыш төменнен, ал салқындатылған жылу тасығыш-жоғарыдан төменге қарсы беріледі. Жылутасымалдағыштардың мұндай қозғалысы жылудың неғұрлым тиімді тасымалдануына ықпал етеді, сонымен бірге әрбір жылутасымалдағыштардың қозғалыс бағыты осы жылутасымалдағышты қыздыру немесе салқындату кезінде оның тығыздығының өзгеруі әсерінен қозғалуға ұмтылатын бағытпен сәйкес келеді.

Қараған былғарықұбырлы жылу алмастырғыш (2-сурет) бір жүрісті болып табылады, яғни бұл жылу алмастырғышта екі жылу тасымалдағыштың бағытын өзгертпей, бүкіл қима бойынша (біреуі құбыр бойынша, екіншісі құбыраралық бойынша) қозғалады. Жылутасымалдағыштың қозғалыс жылдамдығы аз болған жағдайда және, демек, жылу беру коэффициентінің төмен болуы *көп жүрісті жылу алмастырғыштарды* пайдаланған жөн.

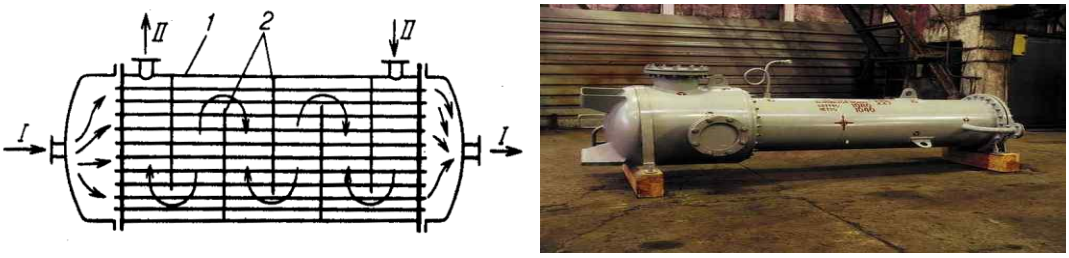
Жылу алмастырғыштың құбыр кеңістігі бойынша көп жүрісті (3-сурет) жылу алмастырғыштардың қақпақтарында орнатылған көлденең

қалқалардың 2 көмегімен құбыр шоғыры жылу тасығыш біртіндеп қозғалатын қозғалыстарға бөлінген. Бұл ретте әрбір секциядағы құбыр саны әдетте бірдей.

Мұндай жылу алмастырғыштарда жылу тасығыштың бір шығысы кезінде оның құбыр бойынша қозғалыс жылдамдығы жүрістің санына есе артады. Құбыраралық кеңістіктегі жылдамдықты арттыру үшін онда 2 сегментті қалқалар қатары орнатылады (4-сурет). Көлденең жылу алмастырғыштарда бұл қалқалар бір уақытта құбырларға арналған аралық тіректер болып табылады.



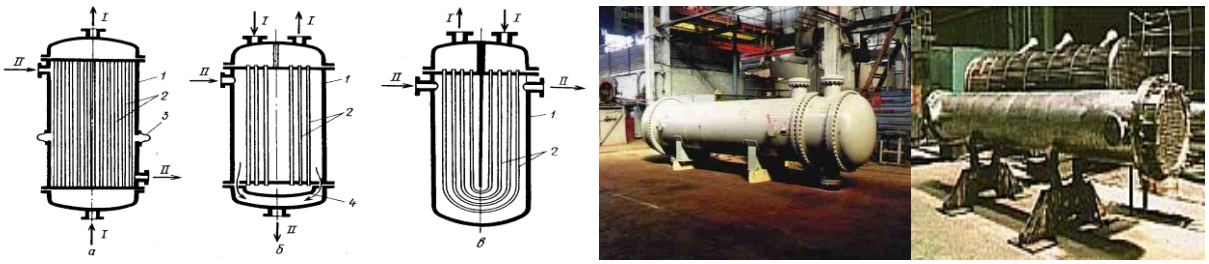
3-сурет. Қатты конструкциялы көп жүрісті (құбырлы кеңістік бойынша) қаптамақұбырлы жылу алмастырғыштар:
а – екі жүрісті; б – төрт жүрісті; 1 – қақпақтар; 2 – қақпақтағы қалқалар; I және II – жылу тасымалдағыштар.



4-сурет. Көп жүрісті (құбыраралық кеңістік бойынша) қаптамақұбырлы жылу алмастырғыш:
1 – былғары; 2 – қалқалар; I және II – жылу тасымалдағыштар.

Жылу алмастырғыштың құбыр және құбыраралық кеңістіктеріндегі жылу тасығыштардың қозғалыс жылдамдығын арттыру оның гидравликалық кедергісін арттыруға және жылу алмастырғыштың құрылымын күрделендіруге әкеп соғады. Мұндай жағдайларда жылу тасығыштың экономикалық орынды қозғалыс жылдамдығын анықтау қажет (төменде қараңыз). Айта кету керек, көп жүрісті жылу алмастырғыштарда қарама-қарсымен салыстырғанда үдерістің қозғаушы күші бірнеше есе төмендейді, нәтижесінде, бұл принципі бойынша аралас ток жұмыс істейді.

Егер құбырлар мен қаптаманың температураларының айырмашылығы жеткілікті үлкен болса (50^0С-тан жоғары), онда құбырлар мен қаптамалар айтарлықтай біркелкі емес ұзарады, бұл құбырлы торлардағы елеулі кернеуге, құбырлы торлармен құбырлардың қосылу тығыздығының бұзылуына әкеледі, ал бұл жылу тасымалдағыштардың араласуына немесе құбырлардың деформациясына әкелуі мүмкін. Сондықтан, құбырлар мен қаптаманың температурасы 50^0С-тан жоғары және құбырлардың едәуір ұзындықтарында құбырлардың аппарат қаптамасына қатысы бойынша орын ауыстыруы мүмкін қатты емес конструкциялы жылу алмастырғыштарды қолданады.



5-сурет. Құбырлардың және қаптаманың температуралық ұзаруының біртектес еместігін компенсациялайтын қаптама түтікті жылу алмастырғыштар:

а – линалы компенсаторы бар жылу алмастырғыш (жартылай қатты конструкциясы); б – қалқымалы басы бар аппарат; в – U-тәрізді құбырлары бар аппарат; 1 – қаптамалар; 2 – құбырлар; 3 – линзалы компенсатор; 4 – қалқымалы бас; I және II – жылутасымалдағыш.

5-суретте құбырлардың және қаптаманың температуралық ұзаруының біртекті еместігін компенсациялаумен қаптамақұбырлы жылу алмастырғыштардың кейбір конструкциялары ұсынылған.

5а-суретте *корпуста 3 линзалы компенсаторы бар жылу алмастырғыш схемасы* көрсетілген. Бұл аппаратта температуралық деформациялар осьтік қысумен немесе компенсатордың кеңеюімен өтеледі.

Линзалы компенсаторлары бар жылу алмастырғыштарды аздаған температуралық деформациялар (10-15 мм артық емес) және құбыраралық кеңістіктегі жоғары емес қысымдар (0,5 МПа артық емес) кезінде қолданады.

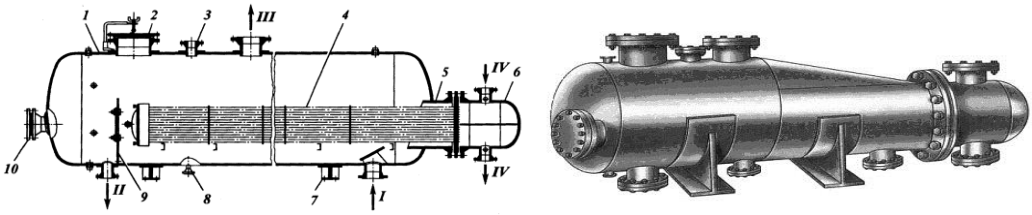
<u>Қалқымалы басы бар жылу алмастырғыш</u> (5б-сурет) құбырлар мен қаптаманың едәуір салыстырмалы орын ауыстыруы кезінде қолданылады, өйткені онда құбыр торларының бірі қаптамамен қосылмаған және температуралық ұзартулар кезінде ось бойымен еркін қозғалуы мүмкін.

<u>U-тәрізді құбырлар бар жылу алмастырғышта</u> (5В-сурет) құбырлардың екі шеті бір құбыр торында бекітілген, бұл құбырларға еркін ұзаруға мүмкіндік береді. Осы типті аппараттарда, сондай-ақ қалқымалы басы бар аппаратта құбырлардың сыртқы қабырғаларын қаптамадан барлық түтікшелерді алу кезінде қақтан және ластанудан тазалау оңай. Алайда, бұл

аппаратта құбырларды монтаждау қиындауда, олардың ішкі қабырғаларын тазалау қиын.

<u>Элементті жылуалмастырғыштар</u> бір жүрісті қосылған бір жүрісті қаптамалы жылуалмастырғыштардың (элементтердің) қатары болып табылады, бұл құбыраралық және құбыр кеңістіктерінде қалқаларды пайдаланбай жылу тасымалдағыштардың қозғалыс жылдамдығын айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Ізбасардың жылу тасымалдағыштары барлық элементтер арқылы өтеді. Жылу алмастырғыштардың құбыраралық кеңістіктерінде үлкен қысым жасауға болады. Бұл жылу алмастырғыштарда процесс таза ағын кезінде өтеді. Алайда, элементті жылу алмастырғыштар көп жүрісті қаптамалы қаптамамен салыстырғанда, жылу беру беті бірдей болғанда және оларды дайындауға металдың көп шығынын талап етеді.

<u>Бу кеңістігімен буландырғыш (рибойлер)</u> (6-сурет) 1 қаптамадан және 4 бір-үш түтікті шоғырдан тұрады. Булану айналарының жеткілікті бетін және бу кеңістігінің көлемін қамтамасыз ету үшін ағызу қалқасының үстінен 9-дан қаптаманың жоғарғы бөлігіне дейінгі қашықтық қаптаманың 1/3 диаметрінен кем болмауы тиіс. Буландырғышта сұйықтықтың деңгейі сұйықтықтың біркелкі құюға арналған тісті жиегі бар 9 ағызу қалқасымен ұсталады. Бу кеңістігі бар буландырғыштарда жүзетін басы немесе U-тәрізді түтікшелері бар аппараттарда сияқты түтік тәрізді булар қолданылады. Бұл ретте қозғалмайтын құбыр торының диаметрі біршама көп, бұл жинақталған түрдегі қалқымалы бастиек 5 аузынан демонтаждау кезінде еркін өтуі үшін қажет.



6-сурет. Бу кеңістігі бар буландырғыш (рибойлер):

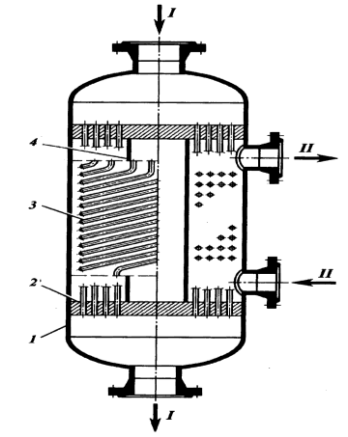
1 – қаптама; 2 – люк; 3 – сақтандырғыш клапанның штуцері; 4 – құбырлы шоғыр; 5 – мойын; 6 – тарату камерасы; 7 – тірек; 8 – дренаж штуцері; 9 – аралық; 10 – шығырдың арқанына арналған люк. Ағындар: I – буланатын сұйықтық; II – қалдық; III – бу; IV –жылу тасығыш.

<u>Қос түтіктері бар</u> ***<u>қаптамақұбырлы жылу алмасу аппараттары</u>*** (*7-сурет*). Мұндай аппараттарда аппараттың бір жағынан орналасқан екі құбыр торы бар. Бір құбыр торында жоғары ұштары ашық, екінші үлкен диаметрлі құбырларға, төменгі ұштары сөндірілген кіші диаметрлі құбырлар жаншылған. Мұндай конструкция құбырлардың тәуелсіз ұзартылуын қамтамасыз етеді.

7-сурет. Қос түтікті жылу алмасу аппараты:
1 – қаптама; 2 – жылу алмасу түтіктері; 3 – тірек; 4, 5 – құбыр торлары.

Осы типті аппараттарда жылу алмастырғыш ортаның бірі штуцер арқылы қақпағы мен жоғарғы құбыр торының арасындағы кеңістікке түседі, одан кіші диаметрлі түтіктер бойынша төмен қарай бағытталады. Одан шыққан кезде ағын түтіктер арасындағы сақиналы кеңістік бойынша оралады, құбыр торлары арасындағы кеңістікте жиналады, содан кейін аппараттан шығарылады.

<u>Бұылған түтіктері бар қаптамалы жылу алмастырғыш аппараттар</u> орталар арасындағы жылу алмасу үшін мұнай-газ өңдеуде қолданылады, олардың бірі жоғары қысымда болады. 8-суретте табиғи газды суыту және ішінара конденсациялауға арналған аппарат көрсетілген. Жылу алмастырғыш 1 қаптамадан, 2 Құбыр торларынан тұратын тұтас дәнекерленген құрылым болып табылады, онда 3 мыс немесе болат түтікшелері бекітілген, 4 өзекшеге шиыршықпен салынған. Өзек құбырды орауға арналған катушканың рөлін орындайды және бір мезгілде салмақ түсіретін корпус пен құбыр торлары ретінде пайдаланылады. Табиғи газ қысымы 5 МПа-ға дейін және температурасы + 70 ^{0}С -қа дейін түтікшенің ішінде қозғалады, ал метан фракциясы – 42 ^{0}С температурада және 4,2 МПа қысым кезінде құбыраралық кеңістікке беріледі.



8-сурет. Оралған түтіктері бар жылу алмасу аппараты:
1 – қаптама; 2 – құбыр тор; 3 – жылу алмасу құбыры; 4 – өзекше. Ағындар: I – табиғи газ; II – метан фракциясы.

Қаптамақұбырлы жылуалмастырғыш аппараттардың тиімділігі жылуалмастырғыш ағындардың қозғалыс жылдамдығының және олардың турбуленттілік деңгейінің ұлғаюымен жоғарылайды. Аппараттың өзгермейтін өнімділігі кезінде түтікшелердегі сұйықтықтың қозғалыс

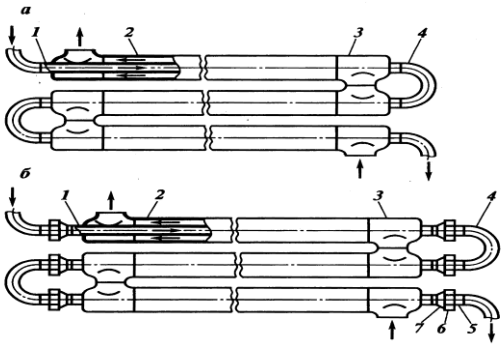
жылдамдығын арттыруға бөлгіш камераның қақпақтарында қалқалар орналастырумен қол жеткізіледі, бұл түтікшелер арқылы өтетін сұйықтықтың ағындарының санын өзгертеді. Өнеркәсіптік практикада қондырғының технологиялық қажеттілігінен шыға отырып, әртүрлі жүрістері бар аппараттар қолданылады.

Құбыраралық кеңістікте ағын қозғалысының жылдамдығын арттыру және жылу алмасу бетінің ағуы, ағындардың үлкен турбуленттілігін құру және құбыр осіне перпендикуляр бағытта жылу тасығыштың қозғалысын ұйымдастыру үшін қаптамақұбырлы жылу алмасу аппараттарында арнайы көлденең қалқалар орнатылады. Олар сондай-ақ құбырлы бума тіректерінің рөлін орындайды, құбырларды бір-бірінен белгіленген қашықтықта бекітеді және құбырлардың дірілін азайтады.

<u>«Құбырдағы құбыр» типті жылу алмастырғыштар.</u> *«Құбырдағы құбыр» типті жылу алмасу аппараттары* конструкциясы бойынша*: 1) бір ағынды (жиналмалы және бөлшектелген) және 2) көп ағынды* болып бөлінеді.

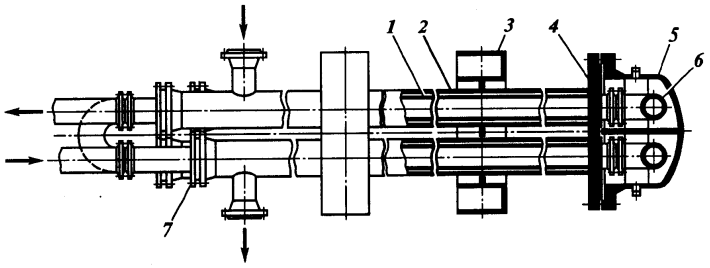
«Құбырдағы құбыр» типті жиналмалы емес жылу алмасу аппараттары (9-сурет) екі орында дайындалады: құбырдың ішкі бетін механикалық тазартусыз пайдаланылатын жылу алмасу құбырларындағы қосарланған қосарлы және құбырларды механикалық тазартуды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін жылу алмасу құбырларындағы алмалы-салмалы қосарлы.

«Құбырдағы құбыр» типті жылу алмастырғыштардың жиналмалы конструкцияларында (10 және 11-суреттер) ішкі құбырлар температураның жоғарылауы кезінде сыртқы құбырларға қарамастан ұзартылуы мүмкін.



9-сурет. «Құбырдағы құбыр» типті жиналмалы бір ағынды жылу алмасу аппараты:

а – жылу алмастырғыш құбырлардағы қосарлы қосарлы қосарлы; б – жылу алмастырғыш құбырлардағы алмалы-салмалы қосарлы қосарлы; 1 – жылу алмастырғыш құбыр; 2 – қаптамалық құбыр; 3 – арнайы үштік; 4 – қосарлы; 5 – ниппель; 6 – гайка; 7 – штуцер.

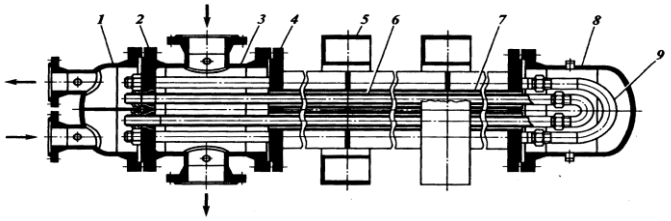


10-сурет. «Құбырдағы құбыр» типті жиналмалы бір ағынды жылу алмасу аппараты:

1 – жылу алмастырғыш құбыр; 2 – қаптамалық құбыр; 3 – тірек; 4 – қаптамалық құбыр тор; 5 – бұрылмалы камера; 6 – екілік; 7 – жылу алмастырғыш құбыр тор.

Аппараттардың конструкциясы жылу алмасу құбырларының ішкі бетін ластанудан тұрақты механикалық тазартуды жүзеге асыруға, сондай-ақ қажет болған жағдайда оларды ауыстыру немесе сыртқы үстін механикалық тазалау үшін құбырларды алуға мүмкіндік береді.

«Көпағынды жылу алмасу аппараттарында (11-суретті қараңыз) 1 тарату камерасы 6 жылу алмасу құбырлары бойынша ағысты бөлу үшін қызмет етеді. 2 жылу алмасу және 4 қаптамалық құбырлар торларының арасында 7 қаптамалық құбырларда сақиналы кеңістік бойынша өтетін ортаға арналған 3 бөлгіш камера орналасқан. Көп ағынды жылу алмастырғыштардың ішкі құбырлар бойынша екі жүрісі және сыртқы бойынша екі жүрісі бар.



11-сурет. «Құбырдағы құбыр» типті жиналмалы көп ағынды жылу алмасу аппараты:

1 – бірінші таратушы камера; 2 – жылу алмастырғыш құбырлардың торы; 3 – екінші таратушы камера; 4 – қаптамалық құбырлардың торы; 5 – тіреуіш; 6 – жылу алмастырғыш құбыр; 7 – қаптамалық құбыр; 8 – бұрылмалы камера; 9 – егіз.

Осы типті аппаратта қаптамақұбырлы жылу алмастырғыштарға қарағанда, ағын қозғалысының жылдамдығымен қамтамасыз ету оңай, бұл жылу берудің неғұрлым жоғары коэффициенттеріне және қыздыру бетінің жылу кернеулігінің үлкен мәндеріне ие болуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, «құбырағы құбыр» типті аппараттарда жылу алмастырғыш ортаның арасында тұманға қарсы тұру оңай, бұл да жылу алмасудың жоғары тиімділігіне ықпал етеді.

Қарастырылып отырған типті жылу алмасу аппараттарының беті аз дәрежеде жылу алмастырғыш орталарда болатын коррозия өнімдерімен және механикалық қоспалармен ластануға бейім. Көптеген жағдайларда «құбырдағы құбыр» типті аппараттар қаптамақұбырлы жылу алмастырғыштарға қарағанда жоғары жылу көрсеткіштерімен жұмыс істейді.

Жиналмалы конструкциялы жылу алмасу аппараттарында ішкі құбырлар бірқатар жағдайларда сыртқы бетінен олардың жылу алмасу бетін 4-5 есе арттыруға мүмкіндік беретін жаңғақ арқылы орындалады. Ішкі құбырларды жаңғақ жылу алмастырғыш ортаның бір жағынан жылу берудің жоғары коэффициентін қамтамасыз ету қиын болған жағдайларда қолданылады (газ, тұтқыр сұйықтық қозғалады, ағынның ламинарлы сипаты бар және т.б.). Бұл жағдайда мұндай жылу алмастырғыш орта жағынан бетінің жаңғақ берілген жылу мөлшерін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді.

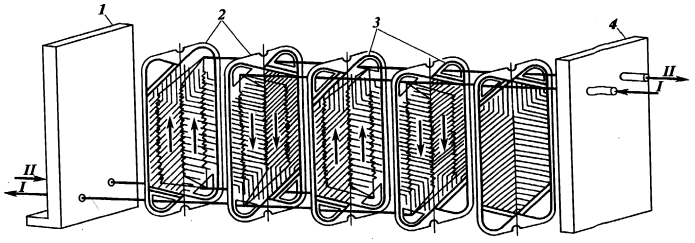
«Құбырдағы құбыр» типті жылу алмасу аппараттарының кемшіліктері қаптамақұбырлы аппараттармен салыстырғанда үлкен габариттер, сондай-ақ қыздыру бетінің бірлігіне металдың неғұрлым жоғары шығысы болып табылады.

Қатты конструкциялы «құбырдағы құбыр» типті жылу алмасу аппараттары, қозғалмайтын торлары бар қаптамалы торлар сияқты жылу алмастырғыш орта температурасының біршама аз айырмашылығы кезінде және ластанбаған сұйықтықтардың жылу алмасуы кезінде пайдаланылады (сақиналы кеңістікті жиі тазалау қажет емес).

«Құбырдағы құбыр» типті жылу алмасу аппараттарында құбырдың ішкі және сыртқы беттері салыстырмалы түрде оңай тазартылады; бұл аппараттардың жылу берудің жоғары коэффициенті бар және пайдалануда сенімді болып табылады.

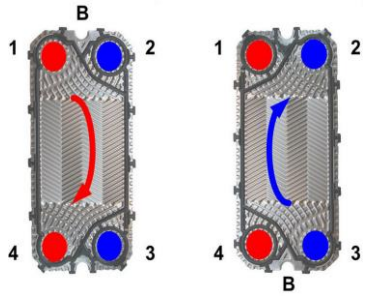
<u>Пластиналы жылу алмастырғыштар.</u> Пластиналы жылу алмастырғыштар беті гофрленген беті бар жұқа қалыпталған пластиналар жиынтығымен құрылған аппараттар болып табылады. Оларды қарап шығу және механикалық тазалау үшін жылу алмасудың қол жетімділік дәрежесі бойынша бөлшектелген, қосарланған пластиналармен бөлшектелген (жартылай іріктелген) және іріктелмеген (дәнекерленген немесе дәнекерленген) болып бөлінеді. Пластиналы жылу алмастырғыштарда сұйықтық–сұйықтық, бу–сұйықтық, бу + газ–сұйықтық, газ–сұйықтық, газ–сұйықтық, газ-газ жұмыс ортасы арасында жылу алмасуды жүзеге асыруға болады. Отандық өнеркәсіп вакууммен де, жұмыс ортасының температурасы минус 100-ден плюс 300 ^{0}С -қа дейін 4 МПа-ға дейінгі қысымда да жұмыс істеу үшін жылу алмасу беті 1-ден 800 м^2-ге дейінгі түрлі модификациялы пластиналы жылу алмастырғыштарды шығарады. Пластиналы жылу алмастырғыштар екі жұмыс ортасының арасындағы жылу алмасу үшін, олардың әрқайсысы аппарат ішінде бірнеше параллель ағындармен өтетін, сондай-ақ бір аппараттағы үш, төрт және көп орта саны арасындағы жылу алмасу үшін қолданылуы мүмкін.

Ең кең таралған пластиналы жылу алмастырғыштар (12-сурет) 2 гофрленген пластиналар бір-бірінен екінші 3 төсемдермен бөлінген. Пластиналар қозғалмайтын 1 және қысқыш 4 плиталар арасында қысылады, жылу алмасу секциясын құрады (13-сурет). Әрбір пластинада төрт тесік бар: біреуі пластиналар арасындағы кеңістікке ортаны енгізу үшін, біреуі – ортаны шығару үшін және екеуі – ортаның өтпелі өтуі үшін (14-сурет). Пластиналардың кіші қалыңдығы және өте жоғары турбуленттілік үстіңгі қабаттың рифленуі есебінен қаптамалы құбырлармен салыстырғанда жылу берудің жоғары коэффициенттерін қамтамасыз етеді. Бұл аппараттарды монтаждау және демонтаждау өте тез жүзеге асырылады, жылу алмастырғыш беттерді тазарту аз ғана еңбек шығындарын талап етеді. Сериялық шығарылатын алмалы-салмалы жылу алмастырғыштар 4 мм артық емес қатты қосулар мөлшері кезінде ластанған жұмыс ортасымен жұмыс істей алады (15-сурет). Пластиналар мен төсемдерді дайындау үшін қазіргі заманғы материалдарды қолдану агрессивті ортада осындай аппараттарды пайдалануға мүмкіндік береді, мысалы, температурасы 130-140 0С болатын күкірт қышқылының 98,5% салқындағанда.

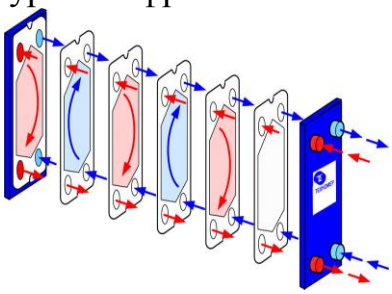


12-сурет. Техникалық жинамалы пластиналық жылу алмастырғыш схемасы:

1 – қозғалмайтын плита; 2 – гофрленген пластиналар; 3 – төсемдер; 4 – қысқыш плита. Ағындар: I –ыстық жылу тасымалдаушы; II – жылытылатын өнім.

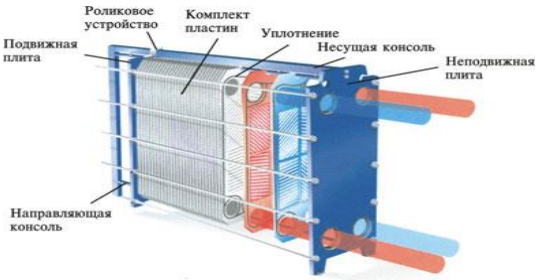


13-сурет. Гофрленген пластина.



14-сурет. Гофрленген пластиналар арқылы ағындардың қозғалыс схемасы.

15-сурет. Пластиналы жылу алмастырғыштардың түрлері.

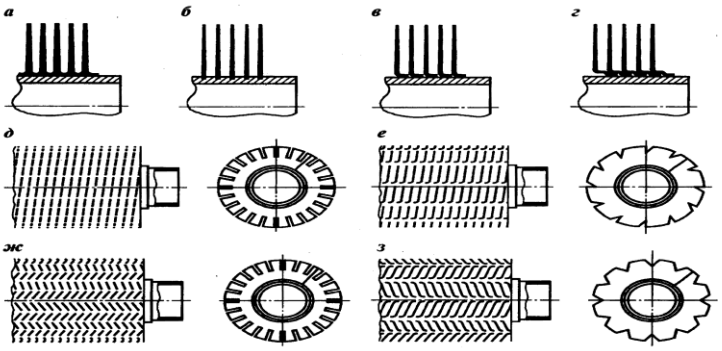


16-сурет. Пластиналы жылу алмастырғыштардың құрылғысы.

Жартылай жинақты жылу алмастырғыштардың пластиналары қосарланған дәнекерленген (немесе дәнекерленген) және жылу алмасу бетіне қол жеткізу жұмыс ортасының бірінің жүрісі жағынан ғана мүмкін болады. Іріктелмеген жылу алмастырғыштардың пластиналары жылу алмастырғыш блоктарға дәнекерлеумен немесе вакуумдық пеште дәнекерлеу әдісімен қосылған (16-сурет).

<u>Батыру аппараттары.</u> Осы типті аппараттардың ерекше ерекшелігі жылу алмасу құбырлары тиелген сыйымдылық-жәшіктің болуы болып табылады. Жәшікте салқындату ортасы, мысалы, су. Бұл типті аппараттар тоңазытқыштар немесе конденсатор-тоңазытқыштар ретінде қолданылады. Орамтүтікті және секциялық аппараттар бар.

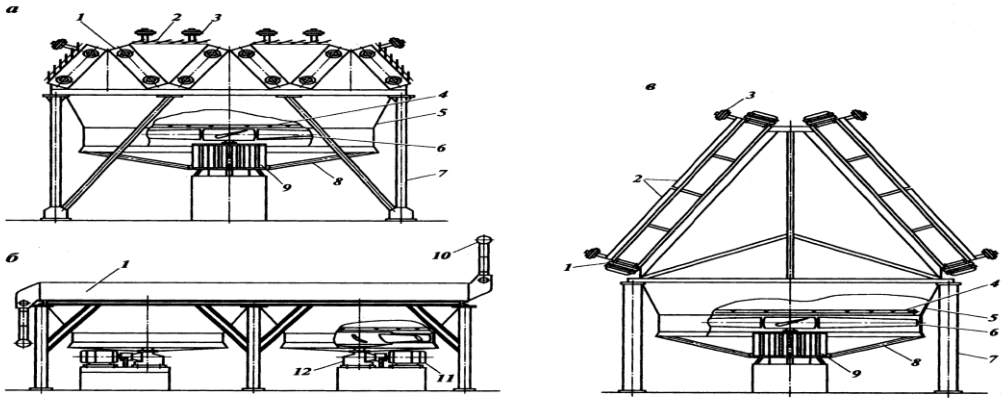
Бір ағынды батырмалы конденсатор-тоңазытқыштың принципті құрылғысы 17-суретте көрсетілген. Жылу алмасу беті дәнекерлеудің көмегімен немесе фланецтерде бір құбырдан екінші құбырға өту қосындылардың көмегімен жүзеге асырылған құбырлардан тұрады. Суыту ағыны осы көлденең қатарда орналасқан құбырлар тізбектеліп өтеді, содан кейін келесі қатарда және т.б. құбырларға өтеді.



17-сурет. Көлденең қабырғаланған құбырлар:
а – домалатылған; б – келтеленген; в – L-орама; г – екі сатылы l-орама; д – кесінді қабырғалары бар домалатылған; е – «жартылай интеграл» пішінді кесінді қабырғалары бар домалатылған; ж – зигзаг тәрізді пішінді кесінді қабырғалары бар домалатылған; з – «интеграл» нысанындағы кесінді қабырғалары бар домалатылған.

Отандық өнеркәсіпте коррозиялық белсенділігіне және қоршаған ортаның температурасына байланысты ішкі құбырларды көміртекті немесе қоспаланған болаттан не жезден орындайтын, иілген жаңғақ бар биметалл құбырлар кеңінен қолданылады.
Қабырғалар негізі бойынша тегіс құбырдың сыртқы бетіне жаңғақ құбырының үстіңгі бетінің қатынасына тең жаңғақ коэффициенті 5,8-ден 22,6-ға дейін өзгереді. Ауамен салқындату аппараттарының жылу тиімділігін арттыруды ауа ағынының турбулизаторларымен жарақтандырылған жаңғақ құбырларды қолдану есебінен қамтамасыз етуге болады (20д-з-сурет). Турбулизаторлардың болуы қыртыстың бүйір бетіндегі шекаралық қабаттардың дамуын үзеді, қабырға аралық қуысқа кіретін және жылу алмасу қарқындылығын арттыратын ұсақ құйындардың пайда болуын қамтамасыз етеді. Мысалы, «жартылай интеграл» және «интеграл» қабырғалары бар құбырлы шоғырдың орташа жылу беруі (20е-з-суретті қараңыз) кесілмеген қабырғалармен салыстырғанда тиісінше 22 және 29%-ға, гидравликалық кедергінің шамамен 60%-ға өсуі кезінде өсті.

Ауамен салқындату аппараттары мынадай түрлерге бөлінеді: *көлденең, зигзаг тәрізді, аз ағынды, тұтқыр өнімдер үшін, жоғары тұтқыр өнімдер үшін.*

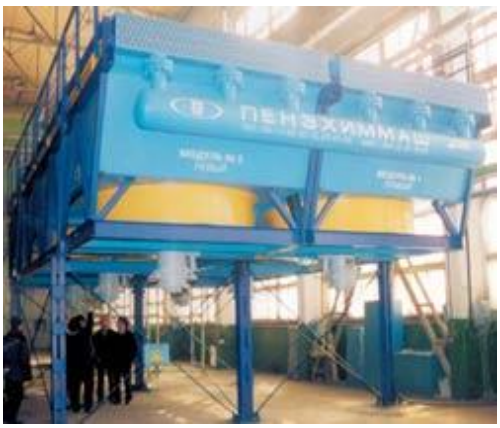


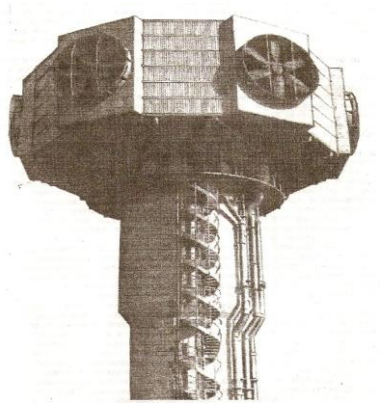
18-сурет. Ауамен салқындату аппараттарының конструкциялары:
а – зигзаг тәрізді; б – көлденең коллекторлық типті; в – шатырлы; 1 – құбыр секциясы; 2 – жалюздер; 3 – пневматикалық жетегі бар жалюздерді қашықтықтан бұрылу механизмі; 4 – химиялық тазартылған суды бүрку коллекторы; 5 – диффузор; 6 – дөңгелек; 7 – металл көтергіш конструкция; 8 – тартпа; 9 – тыныш жүрісті электрқозғалтқышы; 10 – табиғи газды беру коллекторы; 11 – электрқозғалтқышы; 12 – редуктор.

18-суретте құбыр секциялары зигзаг тәрізді, көлденең және шатыр түрінде орналасқан ауамен салқындату аппараттарының конструкциялары келтірілген. Құбыр секцияларын орналастыру зигзаг тәрізді және шатыр түрінде сол бос тұрған алаң кезінде жылу алмасудың үлкен беті болуға мүмкіндік береді.

Ауамен салқындату аппараттарының конструкцияларында ауа температурасының маусымдық және тәуліктік өзгеруіне байланысты жұмыс режимін реттеу үшін шаралар көзделуі қажет. Ауа салқындату аппараттарының жұмысын желдеткіш доңғалағының айналу жиілігінің өзгеруімен; желдеткіш қалақтарының көлбеу бұрышының өзгеруімен; ауа ағынын дросселирлейтін жалюзиялық құрылғылармен; бөлікті немесе барлық желдеткіштерді ажыратумен (жылдың қысқы мезгілінде); ауа бөлігін рециркуляциямен және атмосфераға дренирлеумен; химиялық тазартылған суды бүрку есебінен ауаны ылғалмен (ыстық жазғы уақытта) реттеуге болады.

Ауамен салқындату аппараттарын металл конструкцияларда, темірбетон тіректерде немесе тікелей ректификациялық бағанаңың үстіне орналастырады (22-сурет). Соңғы жағдайда колоннаның жоғарғы жағында конденсацияға түсетін бу ағыны үшін аз гидравликалық кедергі қамтамасыз етіледі.





19-сурет. Өндірісте ауамен салқындату аппараттары.

<u>Араластыру жылу алмасу аппараттары</u>. Жылу алмасу аппараттарында жылу алмасу ағындарының тікелей байланысы арқылы бір ортадан екіншісіне беріледі. Мұндай жылу беру әдісі аппараттарды дайындауға металл шығынын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді. Алайда, бұл әдісті тек ағындарды араластыру мүмкін болған жағдайларда ғана қолдануға болады. Мысалы, суды тікелей араластыру кезінде су буының жылуын пайдалану есебінен қыздыруға болады; конденсацияланатын бумен бөлінетін жылу тікелей сумен қабылданады.

Жылу алмастырғыш ағындарды тікелей араластыруға, олар өзара әрекет етпеген, ерімейтін және одан әрі жақсы бөлінген жағдайларда да болады; мұндай жағдай бензин конденсаторларында араластыру орын алады.

Түйіршіктелген қатты материалды (катализаторды, адсорбентті, жылу тасымалдағышты және т.б.) қыздырылған газдармен және бумен тікелей байланыста қыздыру жиі орынды болып табылады. Араластыру жылу алмасу аппараттары келесі негізгі белгілер бойынша жіктеледі.

Жылу алмасудың аралас ағындарының агрегаттық жағдайына байланысты бу тәрізді (газ тәрізді), сұйық немесе қатты күйдегі орталар арасында жүзеге асырылуы мүмкін. Әртүрлі жағдайлар – бірнеше газ (бу), газ және сұйықтық, газ және қатты дене, сұйықтық пен сұйықтық және т.б. арасында жылу алмасу мүмкін. Ағындардың араласу тәсіліне байланысты ол аралас орталардың тура ағынды немесе қарсы қозғалысы кезінде бір немесе көп сатылы болуы мүмкін.

Араластыруды қамтамасыз ететін ішкі құрылғыға байланысты аппараттар арнайы бүріккіш және тарату құрылғыларымен болуы мүмкін; *арнайы сөрелермен немесе қалқалармен жабдықталған каскадтар* (араластыруға ықпал ететін); жанасу негізінен саптама бетінде болатын *саптамалар.* Араластыру жылу алмасу аппараттарына вакуум шығаратын жабдықтың (вакуум-насостар, эжекторлар) жүктемесін азайту мақсатында су буларын конденсациялауға арналған вакуум колонналарының барометрлік конденсаторлары жатады. Барометрлік конденсатордың қосылу сұлбасы мен принципті құрылымын қуыс конденсатор мысалында қарастырайық (23-сурет). Барометрлік конденсаторға ауадан, мұнай шикізатының ыдырау өнімдерінен, су буларынан (технологиялық мақсаттар үшін ректификациялық

колоннаға берілген) және мұнай булары аз мөлшерде тұратын газдар мен булар қоспасы келіп түседі. Бұл қоспаны конденсациялау және салқындату үшін ағындардың көп саны кезінде перфорацияланған сөрелер бойынша ағатын суық су беріледі. Барометрлік конденсаторға ауа вакуумдағы аппаратура мен құбырлардың тығыз еместігі арқылы, ішінара су буымен бірге, сондай-ақ конденсаторға түсетін судың ішінара деаэрациясы салдарынан түседі.

2.2 Жылу алмасу аппараттарын есептеу

Жылу алмастырғыштарды жобалау кезінде олардың жылу есептеуі белгілі шығындар, жылу тасымалдағыштардың бастапқы және соңғы температурасы кезінде F жылу алмасудың қажетті бетін анықтауға негізделеді.

Жұмыс істеп тұрған жылу алмастырғыш аппараттар үшін тексеру жылу есептемелерін орындайды, онда аппараттың мүмкін болатын өнімділігі іс жүзінде салыстырылады және жылу алмастырғыш жұмысының оңтайлы режиміне сәйкес келетін шарттар анықталады. Төменде жылу алмастырғыштарды жобалау кезінде технологиялық есептеулердің жалпы әдістемесі қарастырылған.

Жылу есептеулері гидравликалық және конструктивтермен бірге жүргізіледі, осы есептеулердің негізінде жылу алмасу аппараттарының ең қолайлы стандартты немесе нормаланған конструкциясын таңдайды. Таңдалған конструкция мүмкіндігінше оңтайлы – интенсивті жылу алмасуды төмен құны, арзан және пайдалану қолайлылығы бар үйлестіретін болуы тиіс.

Жобаланатын жылу алмастырғыштың ***жылу есебі*** келесі ретпен жүргізіледі.

Жылулық жүктемені және жылу тасығыштардың шығынын анықтау. Жылу жүктемесін жылу балансының теңдеулері бойынша табады:

$$Q = G_1\left(I_{1H} - I_{1K}\right) = G_2\left(I_{2K} - I_{1H}\right) \qquad (1)$$

немесе, бір немесе екі жылу тасымалдағыштың агрегаттық жай-күйі өзгерген жағдайда:

$$Q = G\left(I_{1\text{П}} - I_{1\text{К}}\right) = Gc_{\text{П}}\left(t_{\text{П}} - t_{\text{нас}}\right) + Gr + Gc_{\text{К}}\left(t_{\text{нас}} - t_{\text{К}}\right) \qquad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерден жылу тасымалдағыштардың шығындарын да анықтайды. Егер олардың шығындары берілген болса, онда сол теңдеулерді пайдалана отырып, әдетте бұл жағдайда белгісіз жылу тасымалдағыштардың бірінің соңғы температурасын табады. Екі жылу тасымалдағыштың соңғы температурасы белгісіз болған кезде, олар жылу алмастырғыштың соңында жылу тасымалдағыштар арасындағы температуралардың айырмасы 3-5 ^{0}С-тан кем болмауы тиіс екенін назарға ала отырып, қойылады.

Жылу тасығыштардың орташа температурасының және орташа температурасының айырымын анықтау. Жалпы жағдайда температураның орташа айырмасы жылу тасымалдағыштардың орташа температурасының айырмасына тең:

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{ср}1} - t_{\text{ср}2}\,, \qquad (3)$$

Бұл ретте әрбір жылу тасымалдағыштың орташа температурасы мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$t_{cp} = \frac{1}{F}\int_{0}^{F} t dF\,, \qquad (4)$$

мұндағы t – жылу тасымалдағыштың ағымдағы температурасы.

Осылайша, теңдікті пайдалану үшін (4) Жылу алмасу бетінің бойындағы жылу тасымалдағыштар температураларының өзгеру заңдылықтарын білу қажет, бұл есептеу үшін осы теңдеуді қолдану мүмкіндігін шектейді.

Қарсы және тура ағын кезінде температураның орташа айырмасы орташа арифметикалық ретінде анықталады.

Жылу беру коэффициентін және жылу алмасу бетін анықтау. К жылу беру коэффициентін анықтау үшін жылу алмасу ортасын бөлетін қабырғалардың екі жағы бойынша α_1 және α_2 жылу беру коэффициенттерін, сондай-ақ жылу алмастырғышты пайдалану процесінде әдетте (бір немесе екі жағынан) ластану қабаты түзілетін қабырғаның өзінің термиялық кедергісін алдын ала есептеу қажет. α есептеу үшін $t_{ст}$ (^{0}С) қабырғасының температурасын немесе меншікті жылу жүктемесін q [*вт/(м*^{2} · ч)] білу қажет, олардың мәндері, өз кезегінде, α анықталатын мәніне байланысты болады. Мұндай жағдайларда жылу беру коэффициенттері әдетте тізбектей жақындау әдісімен есептеледі: $t_{\text{ст}}$ және q мәндерімен жылу беру коэффициентінің мәнін анықтағаннан кейін К тексереді (төменде қараңыз). Қабырға мен ластанудың термиялық кедергілері қабырға қалыңдығы мен ластану қабатының қалыңдығына (практикалық деректер бойынша), сондай-ақ қабырға материалы мен ластанудың жылу өткізгіштігі коэффициенттерінің мәндеріне байланысты табады.

Жылу алмасу жазық қабырға арқылы жүргенде, *жылу беру коэффициенті* теңдеу бойынша анықталады:

$$K = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_1} + \sum \dfrac{\delta_i}{\lambda_i} + \dfrac{1}{\alpha_2}}\,, \qquad (5)$$

мұндағы $\sum \frac{\delta_1}{\lambda_i}$ – қабырға мен ластанудың термиялық кедергілерінің жиынтығы.

Жұқа цилиндрлік қабырға үшін К теңдеуі бойынша есептеледі (5).

К мәнін ала отырып, алдын ала қабылданған $t_{\text{ст}}$ және q мәндерін тексереді және қабылданған және есептік мәндер қанағаттанарлықсыз сәйкес келмеген жағдайда, жаңа $t_{\text{ст}}$ немесе q мәндерін қоя отырып, қайта есептеуді жүргізеді.

К анықтай отырып, жылу берудің жалпы теңдеуі бойынша жылу алмасу бетін табады:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{ср}} \qquad (6)$$

Жылуалмастырғыштың жылу есептеуінен кейін *конструктивтік есеп* жүргізіледі. Қаптама түтікті аппараттар үшін ол құбырлардың санын немесе ұзындығын анықтауға, оларды құбыр торында орналастыруға (жүріс санын ескере отырып), аппараттың негізгі өлшемдерінің (диаметрі мен биіктігін) болуына негізделеді.

Конструктивті есептеу кезінде жылу алмастырғыш штуцерлерінің келтеқұбырларының диаметрлері де анықталады.

Әрбір құбырдың құбыр саны n және ұзындығы l өзара тәуелділікпен байланысты:

$$n = \frac{F}{\pi d_p l}, \qquad (7)$$

мұндағы d_p – құбырдың есептік диаметрі.

(7) өрнектен құбырлардың қажетті ұзындығын табады, ол әдетте стандарт немесе нормаль бойынша ең жақын үлкен шамаға дейін дөңгелектенеді.

Қаптама түтікті жылу алмастырғыштың ішкі диаметрі мынадай формула бойынша есептеледі:

$$D_{вн} = s(b-1) + 4d_H, \qquad (8)$$

мұнда s – құбырлар арасындағы қадам (s = 1,2 – 1,5d_H);

$b = (2a - 1)$ – құбырлардың шахматтық орналасуы кезінде ең үлкен алтыбұрыштың диагоналы бойынша орналастырылатын құбырлар саны (мұнда а – ең үлкен алтыбұрыштың жағындағы құбырлар саны);

d_H – сыртқы құбыр диаметрі.

Диаметрі келте штуцерлерді жылу алмастырғыш анықтайды шығынының теңдеуі.

Жылуалмастырғыштардың конструктивтік есебі жалпы ұзындығын, орамдардың санын және жыланғыштың биіктігін анықтауды қамтиды.

Орамтүтіктің $d_{зм}$ орамының диаметрін және вертикаль h бойынша орамдардың арасындағы қашықтықты қабылдай отырып, мынадай формула бойынша бұрандалы сызық ретінде жыланевиктің бір орамының ұзындығын табады:

$$l = \sqrt{(\pi d_{зм})^2 + h^2} \approx \pi d_{зм} \qquad (9)$$

h шамасын елемеуге болады, сондықтан h орамдарының арасындағы қашықтық орамтүтіктің 1,5-2 диаметріне тең болады.

Орамтүтіктің жалпы ұзындығы $L = n\pi d_{зм}$, мұнда:

$$n = \frac{L}{\pi d_{зм}} \qquad (10)$$

Орамдардың есептік саны бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Орамтүтіктің жалпы биіктігі (шеткі құбырлардың осі бойынша) $H = nh$.

F жылу алмасу беті бар түзу орамтүтіктер үшін орамтүтіктің жалпы ұзындығы:

$$L = \frac{F}{\pi d_p}, \qquad (11)$$

мұнда d_p – орамтүтік құбырының есептік диаметрі.

Орамтүтік әдетте бірнеше параллель секциялардан тұрады. $V_{сек}$ сұйықтығының шығынын біле және жылан құбырындағы оның w жылдамдығын қабылдай отырып, секциялар санын анықтайды:

$$m = \frac{V_{сек}}{\frac{\pi}{4} d^2 w} \qquad (12)$$

Тиісінше, жыланның бір секциясының l ұзындығы – L/m.

Жылу алмастырғыштарды гидравликалық есептеу. Жылу алмастырғыштардың гидравликалық кедергісі жалпы формула бойынша үйкеліске арынның жоғалуын және жергілікті кедергіні ескере отырып табады:

$$\Delta p_П = \left(\lambda \frac{l}{d_э} + \sum \zeta_{м.о} \right) \frac{\rho w^2}{2} \qquad (13)$$

2.3 Жылу алмасу аппараттарын есептеу бойынша практикалық тапсырмалар

Жылу есебі. Температураның орташа айырмашылығын анықтау

1-мысал. Жылу алмастырғыш аппаратта екі жылу тасымалдаушы ағады. Ыстық 275-тен 120 ^{0}С аралығында салқындатылады, суық 70-тен 160 ^{0}С дейінгі аралықта қызады. $\Delta t_{ср}$ температурасының орташа айырмашылығы анықтаңыз.

Шешімі:

Жылу алмасу схемасы келесідей: ыстық ағын

$t_1 = 275\ ^0$С → $t_2 = 120\ ^0$С

суық ағын

$\underline{t_3 = 160\ ^0С} \leftarrow \underline{t_4 = 70\ ^0С}$

$\Delta t_б = t_1 - t_3 = 115\ ^0$С $\Delta t_м = t_2 - t_4 = 50\ ^0$С.

Температураның орташа айырмасы мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Delta t_{ср} = (\Delta t_б - \Delta t_м)/(2{,}3 \lg (\Delta t_б/\Delta t_м)) \quad (14)$$

$\Delta t_{ср}$ = (115 – 50)/2,3 · lg (115/50)) = 65/(2,3 · lg (65)) = 78 ^{0}С.

Мысалды шешу үшін 24-суретте көрсетілген кестені қолданамыз, $\Delta t_б$ = 115 ^{0}С и $\Delta t_м$ = 50 ^{0}С мәндер бойынша.

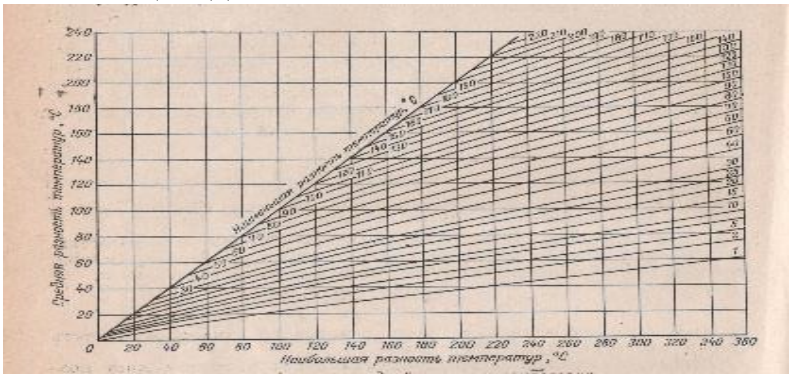
Айқас немесе аралас ток кезінде температуралардың орташа арифметикалық айырмасы мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Delta t_{ср} = \varepsilon\ \Delta t_{ср.прот}, \quad (15)$$

Мұндағы *ε* – қиылысатын және аралас токтардың қарсы тұрудан айырмашылығын ескеретін түзету коэффициенті;

$\Delta t_{ср.прот}$ – тұманға арналған температуралардың орташа логарифмдік айырмашылығы.

ε коэффициентті P және R параметрлеріне байланысты төмендегі формула бойынша анықтайды:



20-сурет. Температураның орташа айырмашылығын анықтауға арналған кесте.

$$P = (t_к - t_н)/(t'_н - t_н); \quad (16)$$

$$R = (t'_н - t'_к)/(t_к - t_н), \quad (17)$$

мұнда $t_н$, $t_к$ – суық жылу тасымалдағыштың бастапқы және соңғы температурасы, ^{0}С;

$t'_н$, $t'_к$ – ыстық жылу тасымалдағыштың бастапқы және соңғы температурасы, ^{0}С.

Өзіндік жұмыс

2-мысал. Жылу алмастырғыш аппаратта екі жылу тасымалдаушы ағады. Ыстық 250-ден 100 ^{0}С дейін салқындатылады, суық 60-тан 150 ^{0}С дейін қызады. $\Delta t_{ср.}$ температураның орташа айырмашылығын анықтаңыз.

2.4 Құбырлы пештер. Құбырлы пештердің мақсаты, олардың жіктелуі

Құбырлы пеш мұнай мен мұнай өнімдерін пеш камерасында отынның жану өнімдерінің жылуымен қыздыру үшін қызмет етеді. Құбырлы пеште

қыздырылатын шикізат орамтүтікті құбырында қозғалады, ал ыстық жану өнімдері құбырларды сыртынан жуады.

Қазіргі заманғы құбырлы пештің әдетте екі камерасы бар: *радиантты*, онда отын жанады және жылу құбырларға беріледі, негізінен қыздырылған жану өнімдерінен және қабырғалардың қалауынан сәулеленумен және жылу құбырларға берілетін *конвекциялы,* ең алдымен, ыстық жану өнімдерінің құбырлармен жануы кезінде.

Жылыту шикізаты конвекциялық және Радиант камераларының құбырлары жүйелі түрде өтеді. Радиантты камерадан шығатын жерде жану өнімдерінің температурасы жеткілікті жоғары (600-900 0С). Бұл газдардың жылуы конвекциялық құбырларда шикізатты бастапқы қыздыру, қызған су буын алу және отынды жағу үшін ауаны жылыту үшін тиімді пайдаланылуы мүмкін.

Құбырлы пештердің көмегімен қондырғылардың технологиялық ағындарына процесті жүргізу үшін қажетті жылу хабарланады. Құбырлы пештер оларға тән төмендегі белгілері бойынша жіктеледі:

- пайдалы жылу қуаты;
- өнімділігі;
- технологиялық мақсатқа;
- құрылымдық ерекшеліктері.

2.5 Құбырлы пештерді есептеу бойынша практикалық тапсырмалар

Пештің жылу жүктемесін анықтау

1-мысал. 50000 кг/с мазут (d^{20}_{4} = 0,930) өнімділігімен вакуумдық қондырғы пешінің жылу жүктемесін анықтау. Пеште мазут 226-нан 430 0С-қа дейін қызады; бұл ретте оның 40% бу фазасына өтеді. Пеште 650 кг/с су буының 120-дан 400 ^{0}С -қа дейін қыздырылатын бу қыздырғышы бар. Ал қалған қалдық – 0,95. Су буының ылғалдылығы 2%.

Шешім:

Пештің пайдалы жылу жүктемесін мына формула бойынша табады:

$$Q_{пол.} = Q_{нагр} + Q_{исп} + Q_{пер.в.п} \qquad (18)$$

Мазут пен айдау өнімдерінің энтальпиясын бу мен сұйықтықта 1, 2-қосымшалар бойынша табады.

226 ^{0}С кезінде мазут сұйық күйде болады, ал 430 ^{0}С кезінде оның бөлігі (40 %) буға – отгонға ауысады.

Приложение 1

Сұйық мұнай өнімдерінің энтальпиясы

***t*, ^{0}С (К)**	***a*, кДж/кг**	***t*, ^{0}С (К)**	***a*, кДж/кг**	***t*, ^{0}С (К)**	***a*, кДж/кг**	***t*, ^{0}С (К)**	***a*, кДж/кг**
0 (273)	0,00	130 (403)	248,17	260 (533)	553,75	390 (663)	916,39

5 (278)	8,16	135 (408)	258,00	265 (538)	566,65	395 (668)	931,73
10 (283)	17,05	140 (413)	269,66	270 (543)	579,60	400 (673)	946,94
15 (288)	25,72	145 (418)	279,89	275 (548)	592,67	405 (678)	962,19
20 (293)	34,44	150 (423)	291,45	280 (553)	605,83	410 (683)	977,56
25 (298)	43,28	155 (428)	302,47	285 (558)	619,07	415 (688)	992,98
30 (303)	52,16	160 (433)	313,62	290 (563)	632,39	420 (693)	1008,53
35 (308)	61,17	165 (438)	324,80	295 (568)	645,80	425 (698)	1024,16
40 (313)	70,26	170 (443)	336,07	300 (573)	659,29	430 (703)	1039,83
45 (318)	79,40	175 (448)	347,47	305 (578)	672,87	435 (708)	1055,62
50 (323)	88,66	180 (453)	358,91	310 (583)	686,53	440 (713)	1071,50
55 (328)	98,00	185 (458)	370,47	315 (588)	700,27	445 (718)	1091,62
60 (333)	107,38	190 (463)	382,08	320 (593)	714,10	450 (723)	1103,47
65 (338)	116,94	195 (468)	393,77	325 (598)	728,01	455 (728)	1119,14
70 (343)	126,78	200 (473)	405,59	330 (603)	742,00	460 (733)	1135,82
75 (348)	136,30	205 (478)	417,44	335 (608)	756,08	465 (738)	1152,08
80 (353)	145,93	210 (483)	429,43	340 (613)	770,28	470 (743)	1164,48
85 (358)	155,44	215 (488)	441,45	345 (618)	784,53	475 (748)	1184,93
90 (363)	135,71	220 (493)	453,60	350 (623)	798,86	480 (753)	1201,48
95 (368)	175,72	225 (498)	465,84	355 (628)	813,02	485 (758)	1218,11
100 (373)	185,82	230 (503)	478,12	360 (633)	827,81	490 (763)	1234,83
105 (378)	196,00	235 (508)	490,52	365 (638)	842,39	495 (768)	1251,63
110 (383)	206,27	240 (513)	503,00	370 (643)	857,06	500 (773)	1268,52

115 (388)	216,62	245 (518)	515,53	375 (648)	871,85		
120 (393)	227,05	250 (523)	528,19	380 (653)	886,68		
125 (398)	237,57	255 (528)	540,88	385 (658)	901,64		

Приложение 2

Мұнай өнімдері буларының энтальпиясы

***t*, ^{0}C (K)**	***a*, кДж/кг**	**t, ^{0}C (K)**	***a*, кДж/кг**	***t*, ^{0}C (K)**	***a*, кДж/кг**	***t*, ^{0}C (K)**	***a*, кДж/кг**
5(278)	212,54	130(403)	279,64	260(533)	268,72	390(663)	477,66
10(283)	214,94	135(408)	282,69	265(538)	372,57	395(668)	482,31
15(288)	217,33	140(413)	285,75	270(543)	376,42	400(673)	486,87
20(293)	219,72	145(418)	288,90	275(548)	380,28	405(678)	491,52
25(298)	222,11	150(423)	292,04	280(553)	384,22	410(683)	496,17
30(303)	224,58	155(428)	295,22	285(558)	388,16	415(688)	500,91
35(308)	227,05	160(433)	298,41	290(563)	392,10	420(693)	505,60
40(313)	229,52	165(438)	301,68	295(568)	396,12	425(698)	510,38
45(318)	232,08	170(443)	304,94	300(573)	400,14	430(703)	515,20
50(323)	234,64	175(448)	308,21	305(578)	404,20	435(708)	520,02
55(328)	237,23	180(453)	311,56	310(583)	408,27	440(713)	524,83
60(333)	239,83	185(458)	314,87	315(588)	412,42	445(718)	529,74
65(338)	242,51	190(463)	318,27	320(593)	416,56	450(723)	534,64
70(343)	245,19	195(468)	321,66	325(598)	420,71	455(728)	539,58
75(348)	247,88	200(473)	325,14	330(603)	425,15	460(733)	542,43
80(353)	250,64	205(478	328,62	335(608	429,18	465(738	549,56

		)		)		)	
85(358)	253,41	210(483)	332,09	340(613)	433,41	470(743)	554,54
90(363)	256,17	215(488)	335,66	345(618)	437,72	475(748)	559,61
95(368)	259,02	220(493)	339,22	350(623)	442,04	480(753)	564,68
100(373)	261,87	225(498)	342,78	355(628)	446,40	485(758)	569,79
105(378)	264,76	230(503)	346,38	360(633)	450,76	490(763)	574,95
110(383)	267,65	235(508)	350,07	365(638)	455,20	495(768)	580,14
115(388)	270,63	240(513)	353,71	370(643)	459,60	500(773)	585,34
120(393)	273,60	245(518)	357,44	375(648)	464,08		
125(398)	276,58	250(523)	361,17	380(653)	468,60		
		255(528)	364,94	385(658)	473,13		

Мазут энтальпиясы формулалар бойынша анықталады:

$$I^{ж}_{о,t} = 1/\sqrt{d^{15}_{15}} \cdot a \qquad (19)$$

$I^{п}_{о,t} = a\,(4 - d^{15}_{15}) - 308{,}99$ кДж/кг.

$I^{ж}_{226} = 743{,}3$ кДж/кг, отгонның $I^{п}_{430} = 1278$ кДж/кг, қалдықтың $I^{ж}_{450} = 1258{,}13$ кДж/кг.

Мазуттың қызуына және булануына жұмсалатын жылу:

$$Q_1 = Q_{нагр} + Q_{исп} = G_м e\,(I^{п}_{430} - I^{ж}_{226}) + G_м\,(1 - e)\,(I^{п}_{430} - I^{ж}_{226})$$

$Q_1 = 50000 \cdot 0{,}4\,(1278 - 743{,}3) + 50000 \cdot 0{,}6\,(1258 - 743{,}3) = 26138900$ кДж/ч $= 7266{,}614$ кВт.

Су буының қызуына жұмсалатын жылу:

$$Q_2 = Q_{пер.в.п.} = G_{в.п}\,[xl + C\,(t_3 - t_4)] \qquad (20)$$

$$I^{ж}_{о,t} = 1/\sqrt{d^{15}_{15}} \cdot a \qquad (19)$$

$I^{п}_{о,t} = a\,(4 - d^{15}_{15}) - 308{,}99$ кДж/кг.

$I^{ж}_{226} = 743{,}3$ кДж/кг, отгонның $I^{п}_{430} = 1278$ кДж/кг, қалдықтың $I^{ж}_{450} = 1258{,}13$ кДж/кг.

Мазуттың қызуына және булануына жұмсалатын жылу:

$$Q_1 = Q_{нагр} + Q_{исп} = G_м e\ (I^п_{430} - I^ж_{226}) + G_м\ (1 - e)\ (I^п_{430} - I^ж_{226})$$

Q_1 = 50000 • 0,4 (1278 – 743,3) + 50000 • 0,6 (1258 – 743,3) = 26138900 кДж/ч = 7266,614 кВт.

Су буының қызуына жұмсалатын жылу:

$$Q_2 = Q_{пер.в.п.} = G_{в.п}\,[xl + C\,(t_3 - t_4)] \qquad (20)$$

Q_2 = 650 [0,02 • 2262 + 0,5 (1171 – 503)] = 410605 кДж/ч = 114,148 кВт.

Пештің пайдалы жылу жүктемесі:

$$Q = Q_1 + Q_2 \qquad (21)$$

Q = 7266,614 + 114,148 = 7380, 762 кВт.

Өзіндік жұмыс

2-мысал. Вакуумдық қондырғы пешінің жылу жүктемесін 49000 кг/сағ мазут өнімділігімен анықтау (d^{20}_4 = 0,930). Пеште мазут 220-дан 395 ^{0}С -қа дейін қызады; бұл ретте оның 40% бу фазасына өтеді. Пеште бу қыздырғыш бар, мұнда 630 кг/с су буы 110-нан 390 ^{0}С -қа дейін қызады. Ал қалған қалдық – 0,95. Су буының ылғалдылығы – 3 %.

2.6 Пеш түрлері, олардың ерекшеліктері мен конструкция бөлшектері

Құбырлы пеш – бұл құрылыс-Технологиялық ғимарат, ол мынадай негізгі функционалдық тораптардан тұрады: іргетас, қаңқасы, футеровкасы, жылан, шілтер, түтін құбыры және гарнитурасы.

Пештің іргетасын монолитті немесе құрама темір бетоннан тұрғызады және жоғары температураның әсерінен конструктивті оқшаулайды. Пеш қаңқасының көтергіш тіректері арқылы іргетасқа пештің барлық массасы тіреледі.

Пештің қаңқасы-отқа төзімді футеровканың, түтікше жыланның, түтін құбырының қосалқы тораптарының және т. б. салмағынан түсетін жүктемені қабылдайтын негізгі көтергіш Металл конструкция.

Қаңқаның конфигурациясы құбырлы пештің формасына сәйкес келеді. Қаңқаның әрбір рамасының тірек тіректері анкерлік бұрандамалармен іргетасқа бекітіледі. Қаңқаның рамалары немесе олардың тораптары топсалы қосындылармен өзара бекітіледі және температура өзгерген кезде қаңқаның сызықтық кеңеюінің орнын толтыруға жол беріледі. Каркастың бүйір жақтаулары пештің шатырын көтеретін фермалармен жалғанады.

Футерлеу фасонды отқа төзімді кірпіштерден және арнайы оқшаулағыш материалдардан жасалады.

Пештің технологиялық жыланшысы-бұл пештің ең жауапты бөлігі, ыстықтай иленген жіксіз құбырлардан жасалған және ең ауыр температуралық және коррозиялық жағдайларда жұмыс істейтін.

Құбырлардың ұзындығы – 12-18 м, ал неғұрлым қуатты пештер үшін – 24 м.жыланшы дәнекерленген бұрылыс калачтарының немесе алмалы-салмалы ретурбендтердің көмегімен құбырлардың осындай кесінділерінен құрастырылады (жыланшы құбырларының түзу учаскелерін қосуға арналған құрылғы).

Тұтас дәнекерленген жылан Құрылғы бойынша оңай, сенімді және герметикалық, ал ең бастысы-ол тұтас пеш жағуына немесе конвекция камерасына орналастырылады,бұл жағуды және жалпы пешті герметикалауға және сырттан ауаның зиянды сорғыштарын болдырмауға мүмкіндік береді.

Жылан құбырларының пеште көлденең орналасуы кезінде олар кронштейндерге тіреледі немесе пеш қаңқасына бекітілген аспаларға орналастырылады. Жылан құбырлары тік көп қатарлы шоғырға жиналған конвекциялық камераларда олар құбырлар өткізілген құбырлы торларға тіреледі. Тік құбырлары бар жыланшы пештің қаңқасына арнайы аспалармен ілінеді.

Құбырлы пештердің жыланғыштары көміртекті болаттан (20 Г), төмен қоспаланған (15х5 М) немесе жоғары қоспаланған (12Х18Н10Т) болаттан жасалған, ұзындығы 3...24 м тік жіксіз құбырлардан қалыптасады. Ирек диаметрі құбырлар қолданылады 0,057; 0,076; 0,089; 0,102; 0,108; 0,114; 0,152; 0,159; 0,219; 0.326; 0,377 және 0,426 М.

Құбыр қабырғасының қалыңдығы қысымға байланысты. Шартты қысымда 2,5 МПа дейін қабырға қалыңдығы 0,006...0,008 м, 6 МПа дейін – 0,008...0,012 М.

Пеш құбырлары иілген фитингтердің (кокстеу орын алмаған жағдайда) және ретурбендтердің (қосындылардың) көмегімен жыланғышқа жалғанады. Ішкі ортаны қыздыру температурасы 560 ºС дейін болған кезде жекелеген құбырларды жыланшаларға қосу алмалы-салмалы тығындары бар арнайы қосқыштармен қамтамасыз етіледі.

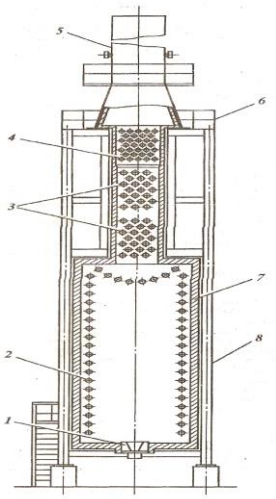
2.6.1 Құбырлы пештердің жіктелуі

Жылу беру тәсілі бойынша шикізат ағынын құбырлы пештерді үш топқа бөлуге болады: конвекциялық, радиантно-конвекциялық және радиант.

Конвекциялық пештерде жылу түтін газдарының шикізат айдалатын құбырлармен жанасқан кезде беріледі. *Радиациямен* жылудың жалпы санының шамамен 20-30%-ы беріледі (ыстық түтін газдары, жуылатын құбырлар). Оттық жеке шығарылған және құбыр экрандары жоқ. Бұл типті пештерді шикізатты жұмсақ қыздыру жағдайын қамтамасыз ету қажет болған жағдайларда қолданады.

Барлық жылудың 40-60% *радиантты-конвекционды* типті пештерде радиациямен, ал қалған бөлігі конвекциямен беріледі. Бұл типті пештер

өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. *Радиантты* пештерде барлық жылудың негізгі үлесі сәулеленумен беріледі. Конвекция камерасы қосалқы мәнге ие. Бұл типті пештер өте ықшам, бірақ жану өнімдерінің жоғары температурасымен жұмыс істейді, бұл олардың экономикалық көрсеткіштерін біршама нашарлатады (25-сурет).



21-сурет. ГС типті құбырлы пештің құрылысы:
1 – форсунка (отын ретінде газ немесе мазут пайдаланылады); 2 – радиантты құбырлар; 3 – конвекциялық құбырлар; 4 – ауа жылытқыш; 5 – түтін құбыры; 6 – саты; 7 – футеровка; 8-аппараттың қаңқасы.

Технологиялық мақсаты бойынша *қыздыру* және *реакциялық* құбырлы пештер ажыратылады. *Жылыту* пештері шикізатты қыздыру және буландыру үшін қызмет етеді. Бұл типті пештерді бір фазалы шикізатпен, егер оны тек қыздыру қажет болса, немесе шикізат тек қызып қана қоймай, жартылай немесе толық буланатын болса, екі фазалы шикізатпен жүктеуге болады. Алайда, қоспаның құрамы өзгермейді. *Реакциялық* түтікшелі пештерде шикізат белгілі бір температураға дейін қызып қана қоймай, бастапқы шикізат құрамының өзгеруіне әкелетін түбегейлі өзгерістерге ұшырайды (пиролиз пештері, дегидрлеу, баяу кокстеу және т.б.). Құбырлы пештер (26-сурет) Мұнайды және оның қайта өңделген қайталама өнімдерін отпен қыздыруға, буландыруға және ыдыратуға арналған. Құбырлы пештерде сұйық және газ тәрізді отын жағылады. Мазутты босату әдетте бумен немесе ауамен жүзеге асырылады.

22-сурет. БТП 10МЭ түріндегі түтікті пеш.

Аппарат жұмысының тиімділігін сипаттайтын негізгі жылу техникалық көрсеткіштер *жылыту бетінің жылулылығы және пештің пайдалы әсер ету коэффициенті* болып табылады. Өнеркәсіпте 15-2000 м^2 құбырларды қыздыру беті бар құбырлы пеш қолданылады. Технологиялық процеске байланысты пешке кіру және шығу кезінде қыздыру ортасының температурасы кең диапазонда – 70-тен 900 °С дейін, ал қысым – 0,1-ден 30 МПа дейін өзгереді.

Тік құбырлы пештердің артықшылықтары:

1) Орамтүтікті құбырларының аспалары мен тіректеріне қоспаланған материал шығынының азаюы, өйткені бекіткіштердің саны азайған және олар жылытылатын аймақтан тыс шығарылған;

2) Жылу кәдеге жарату және сыртқы қабырғалар арқылы шығындарды азайта отырып, *к.п.д.* 80-85% дейін арттыру;

3) Пештердің көлемі мен алаңының едәуір азаюы;

4) жеңіл ыстыққа төзімді бетонды қолдану арқасында футерлеу материалы шығынының едәуір төмендеуі.

Кейде қыздыру электронды өнімді дайындаушы зауытта жүргізіледі, алайда соңғы жылдары кокстеу қондырғылары кезінде МӨЗ – де қыздыру пештерін кеңінен қолдана бастайды (27-сурет). Бұл ретте МӨЗ-ден тасымалданатын кокс мөлшерін 5-10%-ға төмендетуге және оны одан әрі пайдалануды жеңілдетуге болады, өйткені ұшқыштардың құрамы жоғары болғанда оларды өнім өндірісі орнында өртеуге тура келеді, бұл технологияны қиындатады және қыздыру цехтарының газдануын арттырады. Тесу агрегаттарын МӨЗ-ге ашық ауада орналастырады.

27-сурет. МӨЗ түтікше пеші.

Ең көп таралған айналмалы *көлденең қыздыру пештері.* Пештің коксі тоңазытқышқа отын жанған кезде пайда болатын және пеште бөлінетін ұшатын өнімдерге қарсы төгілуге мүмкіндік беретін шағын көлбеуі бар. Бункерлерден шикі кокс дозалаушы құрылғылар арқылы қыздыру пешіне түседі, одан өтеді және пештің шеңбері бойынша орналасқан екі желдеткішпен салқындатылады және суару тоңазытқышында бункерге шығарылады. Сол жерден ол таспалы конвейермен қыздырылған кокс сыйымдылығына беріледі. Бункер мен жинақтан кейін Кокс шаңын (ыстық,

тұтанған жану өнімдерімен және пешке қайта оралатын және суық) ұстау қарастырылған. Осы сыйымдылықтардағы газдар желдеткішпен түтін құбырына сорылады. Жану өнімдері камерада шаң жағылғаннан кейін басты түтін құбырына кетеді. Пештер бұл өте үлкен, мысалы, жылына 100 мың тонна қыздырылған кокс беретін пештің ұзындығы 60 м және сыртқы диаметрі 4,3 м.пеш отқа төзімді материалдарға футерленген және Кокс қозғалысын және қыздыру уақытын реттеу үшін арнайы ішкі құрылғылары бар. Сондай-ақ көлбеу айналмалы подомы бар тік пештер де қолданылады.

2.6.2 Форсункалардың құрылғысы. Құбырлы пештердің гарнитурасы

Пештердің оттықтарында отын арнайы форсункалар мен жанарғылардың көмегімен жағылады.

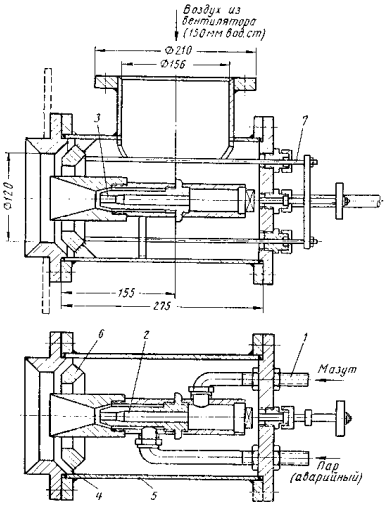
Құбырлы пештерде отын-жағатын құрылғыларды қабырғаларға, күмбездерге, подиналарға көлденең, тік, көлбеу және т. б. орналастырады.

Сұйық отынның отын-жағатын құрылғылары.

Сұйық отын (мазут) пештерде ол бу тәрізді күйге ауысқаннан кейін ғана жанып тұрады,себебі оның тұтану температурасы қайнау температурасынан жоғары. Сондықтан мазут тозаңдатылған күйде пешке жағуға беріледі. Отынды тозаңдату үшін қыздырылған су буы және (немесе) қыздырылған ауа пайдаланылады. Мазутта жұмыс істейтін форсункалардың қалыпты жұмысы үшін оның жанарғы алдындағы тұтқырлығы 3 ºВАДАН (шартты тұтқырлығы) аспауы тиіс, ал бүріккіш будың температурасы су буының қаныгу температурасынан кем дегенде 15...20 ºС жоғары болуы тиіс. Тозаңдану кезінде мазут оттық камерада тұман түрінде шашырайды. Энергия жеткізу және сұйық отынды бүрку тәсілі бойынша механикалық бүріккіштер (қысым бүріккіш алдында мазут құбырында жасалады) және ауа немесе бу бүріккіштері бар бүріккіштер ажыратылады.

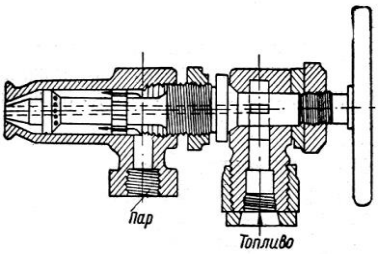
Форсункалар сұйық отынды (мазут, Соляр майы және т.б.) жағуға арналған. Форсунка конструкциясы отынның жақсы тозаңдануын және оны ауамен араластыруды қамтамасыз етуі тиіс, өйткені тек осы жағдайларда отынның толық жануына қол жеткізуге болады.

24-суретте ауа шашырауы бар форсунканың принципті сұлбасы көрсетілген. Өртеуге жататын сұйық отын 1 құбыр бойынша 2 орталық камераға беріледі. Бұл камерадан отын ағысы конустық кеңейетін 3 шүмегінде ағады. Соплдан шыққан кезде отын ағысы тамшыларға ауа ағынымен бөлінеді, ол тар тесік арқылы 5 форсунканың корпусының ішкі кеңістігінен түседі. Саңылаудың ені 6 шайбасын 7 тартқышпен жылжыта отырып өзгертуге болады. Форсунканың корпусына ауа вентиляторды штуцер арқылы айдайды. Мұндай форсункаларда 600 кг / сағ дейін отын жіберуге болады.



24-сурет Отынды ауамен тозаңдататын Форсунка.

Мұнай зауыт тәжірибесінде бу бүріккіштері кең таралған (сурет. 25) олардың қарапайымдылығы салдарынан. Алайда олар будың көп шығынын талап етеді (0,3-тен 0,6 кг/кг-ға дейін). Ауа бүріккіштерде (сурет. 25) бүріккіш агент Сығылған ауа болып табылады. Олар бу бүріккіштерінен аз энергия шығынын талап етеді, және отынды ауамен жақсы араластырудың арқасында қысқа алау береді. Жанарғылардың жылу өнімділігі инжектор шүмегінің алдында газ қысымының өзгеруімен реттеледі.



25-сурет Бу бүріккіші бар Форсунка

Газ отынының отын-жағатын құрылғылары.

Жанарғылар газ тәрізді отынды (табиғи газ, мұнай өңдеу газы) жағуға арналған. Жанарғылардың жануы үшін ауаны жеткізу тәсілі бойынша мынадай түрлерге бөлінеді: диффузиялық; инжекциялық; ауаны мәжбүрлеп беру.

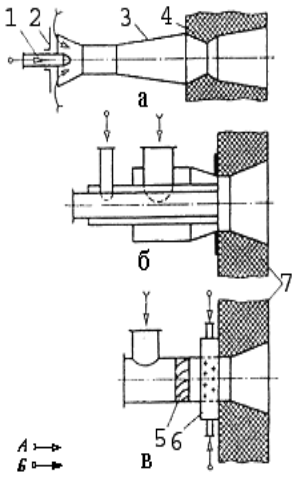
Диффузиялық жанарғыларда жануға қажетті барлық ауа қоршаған атмосферадан жалын ағады. Бұл жанарғылар газ қысымының тербелісіне сезімтал емес, бірақ оттықтың үлкен мөлшерін талап етеді, өйткені олар ұзын факелді құрайды.

Инжекциялы жанарғыларда газ-ауа қоспасының пайда болуы ішінара немесе толық жанарғылардың ішінде болады. Ауаның жақсы араласуы және қыздырғыштың керамикалық элементтерінің катализациялық әсерінің

арқасында жану процесі туннельдерде аяқталады. Сондықтан көрінетін алау жоқ. Бұл үшін олар жалсыз деп аталады.

Пештегі жанарғылардың (форсункалардың) орналасуы мен саны пештің түріне және жалпы жылу өнімділігіне байланысты. Жанарғылар пештің төменгі жағында, оның бүйір қабырғаларында немесе радиантты камераның үстінде орналасуы мүмкін.

Газ отынын жағу үшін көбінесе жанарғылардың екі түрі қолданылады (сурет. 26):



26 –сурет. Газды жағуға арналған жанарғылар схемалары:

а-орташа қысымның кинетикалық инжекционды инжекционды инжекционды; Б – ауаны мәжбүрлі түрде беру және газды ұсақ ағындармен беру арқылы диффузионды; 1 – газ шүмегі; 2 – реттеуші ауа жапқышы; 3 – араластырғыш; 4 – қыш саптамасы; 5 – қалақша күлдіргіш; 6 – газ коллекторы; 7 – оттықты қаптау; А – ауа; Б-газ.

Жоғары тиімділікпен және кең таралумен жалынсыз панельді жанарғылар сипатталады. Мұндай жанарғыларда жоғары температураның арқасында жану аймағында ауаның артық аз коэффициенті кезінде газдың толық жануы қамтамасыз етіледі: керамикалық арналарда ұзындығы 65...70 мм учаскеде газ-ауа қоспасының толық жануы қамтамасыз етіледі. Жылу беру керамикалық плитаның бетінен сәуле шығарады. Жанарғылардың жылу өндірісі коллекторға газ шығынының өзгеруімен реттеледі, оған жанарғылардың қатары қосылған, ал ауаның артық коэффициенті – әрбір жанарғылар үшін жеке жапқышпен реттеледі. Жанарғы бетінің өлшемдері 500х500 немесе 605х605 мм құрайды.

Мұнай өңдеу өнеркәсібінде құбырлы пештердің көпшілігі аралас газ-мазутты жанарғылармен жабдықталған. ГМГ типті газ-мазутты жанарғылар мазут пен газды жағуға, ал қажет болған жағдайда – оларды бірлесіп жағуға арналған.

Құбырлы пештердің гарнитурасына гляделкалар, сақтандырғыш терезелер, есіктер, саңылаулар, құбырлы торлар, құбырларға арналған аспалар кіреді.

Түтін құбыры екі негізгі функцияны орындайды – пеш жағуда қажетті тарту жасайды және зиянды түтін газын (құрамында көміртегі, азот және күкірт оксидтері мен көмірсутектері бар) атмосферада жақсы шашырау үшін үлкен биіктікке шығарады.

Түтін мұржасының шибері-бұл түтін мұржасының қимасы және тиісінше пеш оттығындағы тарту реттелетін қалқалағыш.

Құбырлы пештің гарнитурасына оның қосалқы конструкциялық және пайдалану тораптары – аспалар және жыланшы үшін құбыр торлары, сақтандырғыш терезелер мен люктер-лаздар, гляделкалар, түтін өткізгіштердің шиберлері және т. б. кіреді. Олар жоғары (1100 °С дейін) температураның және агрессивті түтін газдарының әсеріне ұшырайды және сондықтан жоғары қоспаланған болаттан жасалады. Пештердегі тік жыланшы пештің жоғарғы салмақ түсетін арқалықтарына штангалардың көмегімен змеевиктің жоғарғы қалақшаларының құлақшасына ілінеді. Аспаның әрбір түрі айналадан жұмысшыға дейінгі температура диапазонында жылан құбырларының термиялық кеңеюін өтеу мүмкіндігін қарастырады.

Гляделки-шағын (50-100 мм) люктердің қақпақтарындағы, пештің төменгі (төменгі) бөлігіндегі немесе сақтандырғыш терезелердегі, қайырмалы немесе бұрылмалы қақпақтармен жабылатын тесіктер. Олар отынды жағуға арналған құрылғылардың жұмысын және Радиант камерасы құбырларының жағдайын бақылауға, форсункалардың жануын, алаудың жану сипатын жүйелі көзбен шолып бақылауға, жұмыс жағдайында пеш жағуының жай-күйін және т. б. тексеруге арналған.

Сақтандырғыш терезелер пештің бүйір қабырғалары бойынша бір немесе бірнеше қатарға (оттықтың көлемі мен пештің биіктігіне байланысты) орналастырылады, олар оттықтағы авария кезінде жарылыс күшін әлсірету және пешті бұзудан сақтау үшін, сондай-ақ Радиант камерасын тексеру үшін қызмет етеді. Оттықтағы авариялық жағдай, мысалы, жылан түтігінің жауу нәтижесінде және оттықтағы қысымның күрт артуына әкелетін тез тұтануы жанғыш материалдың артық мөлшері келіп түсуі мүмкін. Сақтандырғыш терезелер оттықтағы қысым атмосфералық қысымнан жоғары көтерілген кезде олар атмосфераға жану газдарының артығын шығару арқылы ашылуға есептелген. Сақтандырғыш терезелердің саны пешті жобалау кезінде есептеледі.

Люктер-лаздар онда жөндеу жұмыстарын жүргізу немесе оттық және жылан қабырғаларының жай-күйіне тексеру жүргізу кезінде қызмет көрсетуші персоналдың оттыққа түсуі үшін қызмет етеді.

Есіктер мен лаздар конвективті камера мен экрандарды жабуға арналған; лаздар конвективті камераны қарауға арналған.

Аспалар күмбезге орнатылады және пеште құбырлардың салбырауын болдырмайды. Бұл элементтер ыстыққа төзімді жоғары қоспаланған болаттан (20Х23Н13) немесе ыстыққа төзімді шойыннан жасалады.

Құбырлы торлар конвективті және радиантты құбырларды орнатуға және оларды құбырлы пештің бүйірлерінде сүргілеуге арналған. Құбыр торларының арасындағы қашықтық аспалар арасындағы қашықтыққа ұқсас таңдалады; материал – ыстыққа төзімді болат және ыстыққа төзімді шойын.

Құбырлы пештердің жұмыс тиімділігінің эксплуатациялық сипаттамалары өнімділік, жылу қуаты, жылыту бетінің жылулығы, жылулықтың гидравликалық кедергісі, пештің п.Б. болып табылады.

Пештің өнімділігі уақыт бірлігінде пеш жылан арқылы өтетін шикізаттың (технологиялық ағынның) санымен көрсетіледі.

Пештің жылу қуаты (немесе пайдалы жылу жүктемесі) уақыт бірлігінде пеште жылытылатын жылу ағынын алатын жылу санымен көрсетіледі, МВт. Жылу қуаты оттықтағы жану процесін қарқындату немесе шикізат бойынша пеш өнімділігінің өзгеруі есебінен кең шектерде өзгеруі мүмкін. Технологиялық пештердің есептік (паспорттық) жылу қуаты 58 МВт, ал кейбірінде – 90 МВт дейін жетеді.

Жылыту бетінің жылулығы-бұл жылан құбыр қабырғалары арқылы меншікті жылу ағыны. Жылу кернеулігінің орташа мәні жылудың 1 м2 арқылы берілетін жылу санымен анықталады. Жылыту бетінің жылу кернеулігі көп болған сайын, аз мөлшерде берілген жылу мөлшерін беру үшін пеш қажет. Алайда, қыздыру бетінің тым жоғары жылу сыйымдылығы өнімнің кокстелуін және құбырдың қызуын тудыруы мүмкін,себебі құбыр қабырғасының температурасы шамадан тыс жоғарылайды.

Радиантты құбырлардың жылулығы жылутехникалық құбырдың шеңбері бойынша бірдей емес: оттыққа айналдырылған жағынан ол футеровкаға айналдырылған жағынан 2-3 есе жоғары, сондықтан оны барлық шеңбері бойынша орташа қабылдайды. Жылу ағынының қарқындылығы қыздыру сипатын анықтайды. Өте жоғары қарқындылық кезінде құбыр қабырғасындағы температураның ауытқуы және оның ішкі беті мен қыздырылатын ағынның шекаралық қабаты арасындағы температураның ауытқуы өседі. Бұл өз кезегінде құбыр қабырғасындағы ағынның температурасы жол берілмейтін жоғары мәндерге дейін артуы мүмкін және құбыр қабырғасындағы кокстың қарқынды шөгуіне әкелетін шекара маңындағы қабатта көмірсутектердің термиялық ыдырауы туындайды. Кокс шөгінділері, болатқа қарағанда анағұрлым жоғары термиялық кедергіге ие бола отырып, құбыр қабырғасындағы температураның ауытқуын, яғни оның сыртқы бетіндегі температураны одан әрі арттырады, бұл нәтижесінде құбырдың күйреуіне әкеледі. Сондықтан радиантты құбырлардың рұқсат етілген жылу кернеулігінің мәндері қандай ағынға және қандай күйге дейін қыздырылғанына байланысты болады.

Құбыр қабырғасының температурасы шикізаттың температурасына және оның қозғалыс жылдамдығына байланысты. Шикізат температурасы

төмен болған сайын және оның қозғалыс жылдамдығы жоғары болса, құбыр бетінің үлкен жылу кернеулігін жіберуге болады.

Қыздырылатын өнімнің түрі құбыр бетінің жылу кернеулігінің рұқсат етілген шамасына елеулі әсер етеді. Неғұрлым ауыр шикізат қыздырылады, соғұрлым құбырлардың жылу кернеулігі аз болады.

Змеевиктің гидравликалық кедергісі есептеу шамасы болып табылады және онда шикізат қозғалысының жылдамдығына, қыздырылатын ағынның тұтқырлығына, жыланның ұзындығына байланысты.

Пештер-бұл онда жағылатын отынның жылуын пайдалану тиімділігінің көрсеткіші. Отын толық жанған кезде к. п. д.артық ауа коэффициентіне, пештен шығатын түтін газдарының температурасына және пеш қабырғалары арқылы қоршаған ортаға жылу шығынына байланысты болады. Сондықтан жоғары к. т. ұстап тұру үшін жылу оқшаулауды күшейтеді, түтін газдарының жылуын кәдеге жаратады және ең бастысы – саңылаулар арқылы ауаның үлкен сорылуын болдырмау және оттықтағы ауаның артық коэффициентін 1,2-ден жоғары емес ұстап тұру үшін пешті герметикалайды. Қазіргі заманғы пештердің мәні 0,75-0,85 құрайды. Басқа тең жағдайларда тәуелділік орнатылған – түтін газдарының температурасынан жоғары болған сайын, пештің к.б. төмен.

Мұнай-газ өнеркәсібінде 15-2000 м2 құбырларды қыздыру беті бар құбырлы пеш қолданылады. Технологиялық процеске байланысты пешке кіру және шығу кезінде қыздыру ортасының температурасы кең диапазонда – 70 – тен 900 °С дейін, ал қысым-0,1-ден 30 МПа дейін өзгереді.

Құбырлы пештер жылу өнімділігіне, кіріс пен шығудағы қыздыратын ортаның температурасы мен қысымына, отын түріне, жылытылатын ортаның физикалық-химиялық қасиеттеріне және қыздырудың біркелкілігіне, сондай-ақ технологиялық процестің басқа да ерекшеліктеріне байланысты пештің өзі конструкциясы бойынша да, оның құбырлы жыланғыштың конструкциясы бойынша да ажыратылуы мүмкін.

2.6.3 Құбырлы пештерді пайдалану

Құбырлы пештерді пайдалану төрт элементтен тұрады: іске қосу; қалыпты жұмыс режимін баптау және қолдау; пештерді тоқтату, жөндеу жұмыстарын жүргізу.

Пешті іске қосу пайдалануға дайындығын мұқият тексергеннен кейін жүзеге асырылады. Пеш дайын деп саналады, егер:

- монтаждау (жөндеу) жұмыстары толық аяқталды;
- технологиялық құбырлар мен жыланның беріктігі мен герметикалығына гидравликалық сынау жүргізілді;
- пештің футеровкасы кептірілген және пештің барлық элементтері жарамды күйде;
- пешті Автоматтандыру және бұғаттау жүйесінің жарамдылығы тексерілді.

Пешті іске қосу операциясын осындай ретпен жүргізеді:

- пешке қызмет көрсететін барлық жабдықтардың және бақылау-өлшеу аспаптарының жарамдылығын және дайындығын, сондай-ақ отын, бу, ауа регламентіне сәйкес болуын тексереді;
- шибердің жағдайын тексереді (ашық болуы тиіс) және оттықтағы сиретуді (тартымды) өлшейді;
- барлық люктер-лаздарды жабады және оттықты түтін құбырынан бу пайда болғанға дейін су буымен (15-20 мин) Мұқият үрлейді, содан кейін пеш оттығынан ауа сынамасы алынады және көмірсутектердің болмауына талдау жасалады;
- пештің отын жүйесін жұмысқа дайындайды (қажет болған жағдайда жүйеден конденсат шығарылады);
- ағындардың шығынын ең төменгі мәндерден жоғары біркелкі жөндеуге арналған сорғыларды қамтиды, бұл ретте суық шикізат пеш арқылы аппараттарға (колонналарға) және олардан қайтадан пешке айналады;
- форсункалардың жалыны отын беруді жүзеге асыра отырып және бір уақытта тез арада жанарғының люгі арқылы форсунканың аузына жанарғыны немесе жанып жатқан алауды (сұйық отынмен суланған пакль бар қалың сым) жақындап от жағады. Оттықтарды құбырлардың ұзындығы бойынша жыланғышты жылудың біркелкілігін қамтамасыз ететін бірізділікпен тұтандырады;
- қосылған оттықтардың жануының тұрақтылығын қадағалайды және олар сөнген кезде қосу операциясын қайталайды.

Бір уақытта жанып жатқан жанарғылардың саны шикізаттың температурасын көтерудің талап етілетін жылдамдығына байланысты болады.

Пешті пайдаланудың қалыпты режимін баптауға және ұстап тұруға қыздыру шикізатының температурасын 30-50 °С/сағ аспайтын жылдамдықпен біртіндеп арттыру жолымен қол жеткізіледі. Сонымен қатар пеш арқылы айналатын ағындардың біркелкі таралуын, шикізат бойынша өнімділіктерді, кіре берістегі қысымды және пештен шығатын температураны қадағалайды.

Жөндеу кезінде жылу жүктемесін арттыру қажет болған жағдайда жұмыс істеп тұрған жанарғылардың санын біртіндеп арттырады.

Осы кезеңде жалынның бірдей қарқындылығын және жыланның біркелкі қызуын қамтамасыз ету үшін жанарғылардың жұмысын ерекше қадағалайды.

Пеш жұмысының регламенттік параметрлері белгіленгеннен кейін (өнімділігі, жылан ағынының әрқайсысына кіретін қысым, жылан ағынының шығысындағы температура, отынның температурасы мен шығыны, түтін газдарының температурасы және оттықтағы тартым) пеш жұмысының қалыпты пайдалану кезеңі басталады. Осы кезеңде бақылау және реттеу жүйелерінің көмегімен пеш жұмысының тұрақты параметрлерін ұстап, оның жұмысына жүйелі түрде көзбен шолып бақылау жүргізеді. Атап айтқанда, гляделкалар арқылы технологиялық персонал оттықтың ұзындығы бойынша алауларды бөлудің формасы мен біркелкілігін, жылан құбырлардың

салбырауын немесе деформациялануын, құбырлардың жекелеген учаскелерінің қызып кету дақтарының пайда болуын, аспалардың немесе футеровкалардың үзілуін немесе деформациялануын және т. б. қадағалайды.

Пешті тоқтату авариялық (құбыр күйіп қалған, шикізат беруді тоқтатқан жағдайда және т.б.), блоктау жүйесі іске қосылған кезде және пештің жұмысы авариялық режимге ауысқанда және қалыпты жағдайда болуы мүмкін. Қалыпты тоқтаған кезде операциялардың реті мынадай:

- пештен шыққан кезде шикізаттың температурасын бірте-бірте отын беруді азайтып, қызған шикізаттың температурасы 60-100 °С төмендегенге дейін жекелеген жанарғыларды ажыратып, жылан арқылы шикізатты сорып алуды жалғастыра береді (пешпен байланысты аппараттар арқылы айналым желісі бойынша);
- пештен шығатын шикізаттың қажетті температурасына жеткенде шикізат сорғысын тоқтатады, пешке кіретін шикізаттың ысырмаларын жабады және шикізатты змеевиктен дренаждық сыйымдылыққа шығару желісіндегі ысырманы ашады;
- пештің жыланғышындағы қысым су буының қысымынан төмен болғанда, соңғысы жыланғышқа беріледі және оны газ қауіпті жұмыстарды жүргізуге болатын көмірсутек қоспасының қажетті концентрациясы орнатылғанға дейін бірнеше сағат бойы үрлейді, алдын ала жеткізу және бұру құбырларында бітеуіштерді орната отырып.

Құбырлы пештерді жөндеу оларды ұзақ уақыт бойы қалыпты пайдалануды қамтамасыз етуге арналған.

Ойлануға арналған сұрақтар

1. Ыстық және суық жылу тасығыштардың ерекше ерекшеліктерін анықтаңыз
2. Жылуалмастырғыш аппараттардың жылу беру мақсаты мен тәсілі бойынша жіктелуі.
3. Жылу алмасу аппараттарының конструкциясын түсіндіріңіз, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.
4. Ауамен салқындату аппараттарының негізгі түрлерін сипаттаңыз.
5. Ауамен салқындату аппараттарының құрылымын түсіндіріңіз, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.
6. Құбырлы пештердің мақсаты және жұмыс істеу принципі.
7. Құбырлы пештер қандай белгілері бойынша жіктеледі?
8. Түтікті пеш қандай функционалдық түйіндерден тұрады?
9. Құбырлы пештердің конструкцияларының ерекшеліктерін анықтаңыз, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.

10. Құбырлы пештердің пайдалану сипаттамаларына?
11. Тік құбырлы пештер көлденең қарағанда ерекшеленеді?
12. Құбырлы пештерді пайдалану қандай іс-шараларды қамтиды?

3. Гидромеханикалық процестер. Газдарды электрлік тазалау

Газдарды тазарту - газ қоспасынан өнеркәсіптік объектілерге іргелес аудандарда қалыпты санитарлық жағдайларды сақтау, газдарды химиялық шикізат немесе отын ретінде, ал қоспалардың өздері – құнды өнімдер ретінде пайдалануға дайындау мақсатында оны атмосфераға әртүрлі қоспаларды шығарғанда бөлу. Газ тазартуды өлшенген бөлшектерден – шаңнан, тұманнан және газдарды пайдалану кезінде немесе оларды атмосфераға шығарғанда қажетсіз бу тәріздес және газ тәріздес қоспалардан тазарту болып бөлінеді.

Газдарды тазартудың өнеркәсіптік әдістерін үш топқа қосуға болады:

1) Қатты жұтқыштар немесе катализаторлар көмегімен-тазалаудың "құрғақ әдістері";
2) сұйық сіңіргіштердің (абсорбенттердің) көмегімен – сұйықтықты тазарту;
3) очистка без применения поглотителей и катализаторов.

Бірінші топқа адсорбцияға, қатты жұтқыштармен химиялық өзара әрекеттесуге және қоспалардың каталитикалық айналуына зиянсыз немесе жеңіл жойылатын қосылыстарға негізделген әдістер жатады. Құрғақ тазалау әдістері әдетте Сорбент, жұтқыш немесе катализатордың қозғалмайтын қабатымен жүргізіледі, ол мезгіл-мезгіл регенерацияға немесе ауыстыруға ұшырауы тиіс. Соңғы уақытта мұндай процестер "қайнаған" немесе қозғалатын қабатта жүзеге асырылады, бұл тазарту материалдарын үздіксіз жаңартуға мүмкіндік береді. Сұйық әдістер алынатын компонентті сұйық сорбентпен (еріткішпен) абсорбциялауға негізделген. Тазалау әдістерінің үшінші тобы қоспалардың конденсациясына және диффузиялық процестерге (термодиффузия, кеуекті қалқа арқылы бөлу) негізделген.

Өнеркәсіптік газдардағы бөлшектер құрамы, агрегаттық жағдайы, сондай-ақ дисперсиясы бойынша өте әртүрлі. Газды өлшенген бөлшектерден (аэрозольдардан) тазартуға механикалық және электр құралдарымен қол жеткізіледі. Газдарды механикалық тазартуды: ортадан тепкіш күштің әсерімен, кеуекті материалдар арқылы сүзумен, сумен немесе басқа сұйықтықпен шаюмен жүргізеді; кейде ірі бөлшектерден босату үшін олардың ауырлық күшін пайдаланады. Газдарды механикалық тазарту әдетте құрғақ газ тазарту (циклон аппараты), сүзу және дымқыл газ тазарту әдістерімен жүргізіледі. Газдарды электрлік тазарту шаңның жоғары дисперсті бөлшектерін немесе тұмандарды ұстау үшін қолданылады және белгілі жағдайларда тазартудың жоғары коэффициентін қамтамасыз етеді.

Өнеркәсіптік газдарды оларда өлшенген шаң бөлшектерінен және тұманнан тазартудың ең жетілдірілген тәсілдерінің бірі электр сүзгілерінде электрлік тазарту болып табылады.

Бұл процесс коронациялайтын разряд аймағындағы газдың соққылық иондануына, иондар зарядының қоспалардың бөлшектеріне берілуіне және соңғыларын Тұндыру және коронациялайтын электродтарда тұндыруға негізделген.

Электр өрісінде дисперсті қатты және сұйық бөлшектерді тұндыру газды өте ұсақ бөлшектерден тиімді тазалауға мүмкіндік береді. Ол газ молекулаларын электр разрядымен иондауға негізделген.

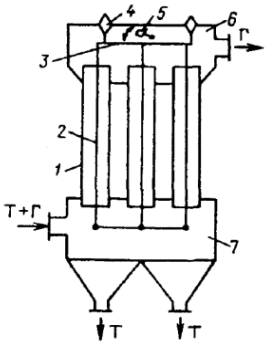
Электр сүзгіштегі газдарды тазарту дәрежесі көбінесе шаң бөлшектерінің электр өткізгіштігіне және олардың адгезиялық қабілетіне байланысты.

Электр сүзгілері өнеркәсіптік газдарды қатты және сұйық бөлшектерден тазартуға арналған аппараттар болып табылады. Электродтар түрі бойынша электр сүзгілері құбырлы және пластиналы болып, ал газдан Алынған бөлшектердің түріне байланысты – құрғақ және дымқыл болып бөлінеді. Ылғал электр сүзгілері ылғалды шаңды жоюға, сондай-ақ газда өлшенген сұйықтық тамшыларын тұндыру үшін арналған.

Электрофильтрлер. 28-суреттегі *құбырлы электрофильтр* – 0,15–0,3 м диаметрлі құбыр түрінде және 3-4 м ұзындықта орындалған 2 тұндырғыш электродтары орналасқан аппарат. Құбыр осі бойынша диаметрі 1,5÷2 мм сымнан 1 коронациялайтын электродтар өтеді, олар 3 рамаға ілінеді.

Шаңдалған газ аппаратқа штуцер арқылы төменге түседі және одан әрі 2 құбырдың ішінде қозғалады. Шаң олардың қабырғаларына шөгеді, ал тазартылған газ аппараттан жоғарғы жағында штуцер арқылы шығады.

Электр сүзгілері тұрақты токтың жоғары кернеуінде (40-75 кВ) жұмыс істейтін болса да, онда электр энергиясының шығыны үлкен емес және әдетте 1000 текше метр газға 0,2–0,3 кВт · сағ құрайды. Электр сүзгілердің гидравликалық кедергісі басқа газ тазарту аппараттарына қарағанда аз және 150-200 Па құрайды. Газды шаңнан тазарту дәрежесі 95-99 % жетеді.



27-сурет. Құбырлы электр сүзгіш:

1-шөгінді электрод; 2 – коронациялайтын электрод; 3 – рама; 4 – жоғары вольтты оқшаулағыш; 5 – сілкілейтін құрылғы; 6 – жоғарғы камера; 7-шаң жинағыш.

Құбырлы электр сүзгіш-суретте 27 білдіреді аппараты орналасқан осадительные электродтар 1, түрінде орындалған құбырлар диаметрі 0,15–0,3 м, ұзындығы 3-4 м. ж. осіне құбырларды өтеді коронирующие электродтар 2 сымнан диаметрі 1,5□2 мм, ілінген жақтауына 3.

Шаңдалған газ аппаратқа штуцер арқылы төменге түседі және одан әрі 2 құбырдың ішінде қозғалады. Шаң олардың қабырғаларына шөгеді, ал тазартылған газ аппараттан жоғарғы жағында штуцер арқылы шығады. Газды шаңнан тазарту дәрежесі 95-99 % жетеді.

Қатты және сұйық бөлшектерді ұстау үшін электр сүзгілерін кеңінен қолдану олардың әмбебаптығымен және салыстырмалы төмен энергия шығыны кезінде газдарды тазартудың жоғары дәрежесімен байланысты. Газдарды электрлік тазарту қондырғыларының тиімділігі 99% - ға, ал бірқатар жағдайларда 99,9% - ға жетеді. Мұндай сүзгілер әртүрлі мөлшердегі, соның ішінде субмикронды бөлшектерді газдағы бөлшектердің концентрациясы 50 г/м3 дейін және одан жоғары болғанда ұстап алуға қабілетті.

Электр сүзгілері тұрақты токтың жоғары кернеуінде (40-75 кВ) жұмыс істейтін болса да, онда электр энергиясының шығыны үлкен емес және әдетте 1000 текше метр газға 0,2–0,3 кВт · сағ құрайды. Электр сүзгілердің гидравликалық кедергісі басқа газ тазарту аппараттарына қарағанда аз және 150-200 Па құрайды.

Өнеркәсіптік электр сүзгілері 400-450°С және одан жоғары температура диапазонында, сондай-ақ коррозиялық ортаның әсер ету жағдайларында кеңінен қолданылады.

3.1 Сұйық орталарды араластыру мақсаты, әдістері және тиімділігі

Араластыру химиялық өнеркәсіпте суспензия, эмульсия және ерітінділер дайындау үшін кеңінен қолданылады. Араластыру нәтижесінде алынған қоспа соңғы өнім болып табылады немесе одан әрі технологиялық процесте пайдаланылатын жүйені құрайды. Бірқатар жағдайларда араластыру қандай да бір химиялық реакцияның неғұрлым тиімді өтуі үшін қолданылады. Мысал ретінде мұнай өнімдерін сілтімен немесе басқа реагенттермен өңдеу болуы мүмкін. Араластырудың келесі негізгі тәсілдерін қолданады:

- *механикалық* – әртүрлі айналмалы құрылғылардың көмегімен қамтамасыз етіледі;
- *барботаждық* – сұйықтық қабаты арқылы газды өткізу есебінен жүзеге асырылады;
- *гидравликалық* – құбырда, сорғыда немесе арнайы араластырғыштарда аралас ағындардың бірлескен қозғалысы кезінде жүзеге асырылады.

Сұйық ортада араластырудың ең көп таралған тәсілі-бұл қандай да бір нысандағы қалақтармен жабдықталған араластырғыштың көмегімен механикалық араластыру болып табылады. Механикалық араластырудан басқа, сығылған ауамен араластыру да қолданылады. Кейде сұйықтықтар

оларды сорғымен аппарат арқылы бірнеше рет айдау арқылы, яғни тұйық контурда айналдыру арқылы араластырады. Соңғы екі тәсіл де энергияның салыстырмалы үлкен шығынын талап етеді,ал ауамен араластыру өнімдердің тотығуы немесе булануы мүмкін.

Кез келген араластыру процесінің негізгі сипаттамалары: энергия шығыны және араластыру тиімділігі болып табылады.

Араластыру құрылғыларын таңдау кезінде n_0 айналымдарының анықтаушы Саны кезінде аз қуатты тұтынатын араластырғышқа артықшылық беру керек.

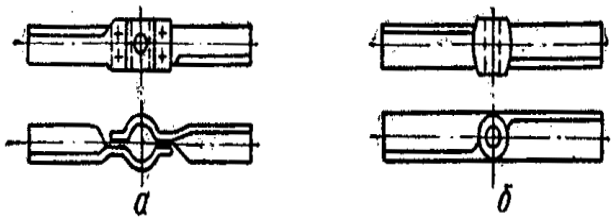
3.2 Механикалық араластырғыштардың құрылымы, оларды салыстырмалы бағалау және таңдау

Араластырғыштың құрылғысы.

Механикалық араластырғыштар қалақтарды орналастыру бойынша мынадай топтарға бөлінеді: 1) *қалақты* – жалпақ қалақтары бар; 2) *пропеллер* – бұрандалы қалақтары бар; 3) *турбиналық;* 4) *арнайы* (зәкірлік және т.б.).

Қалақты араластырғыштар. Қарапайым қалақты араластырғыштарда тік жазықтықта орнатылған, яғни айналу бағытына перпендикуляр екі жазық қалақтар болады (29-сурет). Қалақтар тік білікке бекітілген, ол тісті немесе бұрыштық берілістен айналуға келтіріледі және 12-80 айн/мин құрайды. Қалақтардың диаметрі араластырғыш айналатын ыдыстың шамамен 0,7 диаметрін құрайды.

Айналымның аз сандарында араластырғыштың сұйықтығы айналмалы қозғалыс жасайды, яғни қалақтар қозғалатын көлденең жазықтықтарда жатқан шеңберлер бойынша айналады. Бұл жағдайларда сұйықтықтың әртүрлі қабаттарын араластыру жоқ және араластыру қарқындылығы төмен.



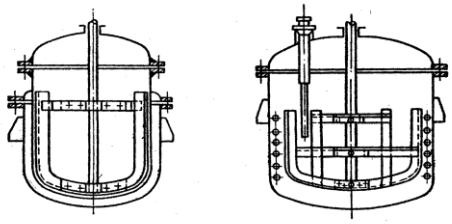
28-сурет. Қалақты араластырғыштар:
А – болат; б – шойын.

Қарқынды араластыру екінші ағындардың пайда болуы және сұйықтықтың құйынды қозғалысы нәтижесінде қол жеткізіледі. Екінші ағындар ыдыстың ортасынан оның қабырғаларына қалақтың айналу жазықтығында сұйықтықтың қозғалысын тудыратын ортадан тепкіш күштердің әсерінен пайда болады. Осының салдарынан ыдыстың ортасында төмен қысым пайда болады, және де төмен қысым аймағында қалақтан жоғары және төмен жатқан қабаттардан сұйықтық сорылады. Екінші ағындар сұйықтықтың негізгі айналмалы қозғалысымен бірге, жекелеген қабаттардың қарқынды араласуы болатын күрделі қозғалыс жасайды. Араластыру қарқындылығы айналым санының ұлғаюымен артады; алайда

араластырғышпен тұтынылатын қуат тезірек артады. Ыдыстағы сұйықтықтың барлық көлемін жақсы араластыру үшін білікке көлденең қалақтардың бірнеше жұбы орнатылады, яғни *көп қабатты,* сондай-ақ бірнеше көлденең және тік, ал кейде көлбеу жазық қалақтардан тұратын *рамалық* араластырғыштар қолданылады (30-сурет). Рамалық араластырғыштар берік және тұтқыр сұйықтықтарды араластыруға жарамды.

Қалақты араластырғыштардың *артықшылықтары:* 1) құрылғының қарапайымдылығы және дайындау арзандығы, 2) қалыпты тұтқыр сұйықтықтарды қанағаттанарлық араластыру.

Кемшіліктері: 1) тұтқыр сұйықтықтарды араластырудың аз қарқындылығы; 2) оңай ыдырайтын заттарды араластыруға жарамсыздығы.

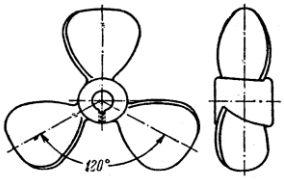


29-сурет. Рамалы араластырғыш.

Қалақты араластырғыштарды қолданудың негізгі салалары:

1) аз тұтқырлық сұйықтықтарды араластыру; 2) тығыздылығы аз қатты заттарды еріту және суспендирлеу; 3) сұйықтықтарды қатты араластыру.

Пропеллерлік араластырғыштар. Пропеллерлік араластырғыштың қалақтары кеме винтінің профилі бойынша иілген, яғни біртіндеп өзгеретін көлбеуі бар, шамамен 0° осьте қалақтың соңында 90° дейін (31-сурет). Сұйықтыққа айнала отырып, қалақтар бұранда сияқты әрекет етеді, ал қоршаған пропеллер гайка болып табылады және араластырғыштың осіне қарай жылжиды. Бұл осьтік қозғалыс сұйықтықтың айналмалы қозғалуымен қалыптасады, соның арқасында оның бұрандалы қозғалысы пайда болады. Егер пропеллердің бұрандалы беті оң, ал оның айналуы сағат тілі бойынша болса, онда осьтік, сұйықтықтың қозғалысы жоғары бағытталған және ыдыста сұйықтықтың айналымы пайда болады.



30-сурет. Пропеллер араластырғыш.

Пропеллер әдетте үш қалаққа ие, және тік білікке қабаттың биіктігіне, сұйықтыққа байланысты бір немесе бірнеше пропеллер орнатады. Пропеллер қалақтарының диаметрі аппараттың 0,25-0,3 диаметріне тең. Пропеллер

араластырғыштар қалаққа қарағанда сұйықтықтың қарқынды осьтік ағындарын жасайды және, демек, сұйықтықты қарқынды араластырады. Пропеллер араластырғышпен араластыру аппаратта шағылдырғыш қалқалар немесе диффузор – пропеллер орналастырылатын қысқа цилиндрлік (кейде сәл коникалық) стакан орнату кезінде жақсарады. Диффузор осьтік бағытта сұйықтықтың айналуын бағыттайды және биіктіктің диаметрге үлкен қатынасы бар аппараттарда, сондай-ақ жыланғыштары бар аппараттарда және басқа да ішкі құрылғылары бар аппараттарда араластыруға қолайлы әсер етеді.

Үлкен сыйымдылықтағы аппараттарда араластыру тиімділігі пропеллерлерді эксцентриялық орнату немесе пропеллерлік араластырғыштың білігі тігінен 10-200 бұрышта орналасқан кезде өседі.

Пропеллер араластырғыштарының артықшылықтары: 1) қарқынды араластыру; 2) орташа энергия шығыны, тіпті айналым саны айтарлықтай болғанда да; 3) жоғары емес құн.

Кемшіліктері: 1) тұтқыр сұйықтықтарды араластырудың аз тиімділігі; 2) қарқынды араласатын сұйықтықтың шектеулі көлемі.

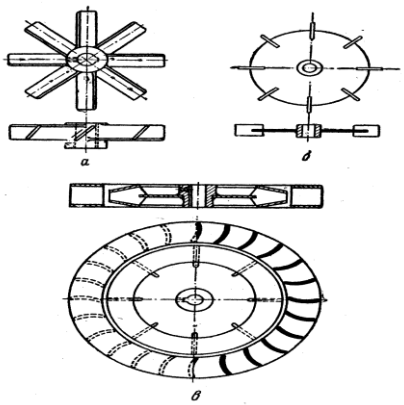
Пропеллерлік араластырғыштар мынадай мақсаттар үшін қолданылады: 1) Аз тұтқыр сұйықтықтарды қарқынды араластыру; 2) суспензиялар мен эмульсияларды дайындау; 3) мөлшері 0,15 мм-ге дейінгі бөлшектерден тұратын 10% - ға дейін қатты фазасы бар тұнбаларды тұнбалау.

Пропеллер араластырғыштары сұйықтықты қалақты араластырғыштардан жылдам және қарқынды араластырады, алайда қалақты араластырғыштарға жұмсалатын энергияның орташа шығынынан асып түседі.

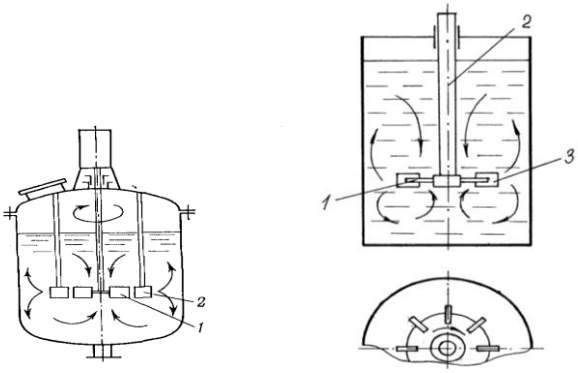
Пропеллерлік араластырғыштар үздіксіз процестерді жүргізу үшін жарамды, бірақ гомогенді араластыру үшін, тұтқыр сұйықтықтарды араластыру үшін (6000 спз астам), сондай-ақ сұйықтықтарды тығыздықтағы қатты заттармен

Турбиналық араластырғыштар. *Турбиналық* араластырғыштардың екі түрі болады: *ашық* және *жабық,* каналдары бар қалақты дөңгелегі бар (сорғының жұмыс дөңгелегі сияқты). Турбиналық араластырғыштар 100-350 айн/мин болғанда жұмыс істейді және сұйықтықты қарқынды араластырады (31-32-суреттер).

Ашық турбиналық араластырғыштар қарапайым қалақты араластырғыштардың жетілдірілген құрылымы болып табылады. Тік жазықтыққа бұрышта орналасқан бірнеше қалақтардың айналуы сұйықтықтың осьтік ағындарын радиалды ағындармен қатар жасайды,бұл оны үлкен көлемде қарқынды араластыруға мүмкіндік береді. Араластыру қарқындылығы ыдыста шағылыстырғыш қалқалар орнатылған кезде өседі.



31-сурет. Турбиналық араластырғыштар.



32-сурет. Турбиналық араластырғыш:
1 – дөңгелек; 2 – бағыттаушы аппарат. 3 - араластырғыш

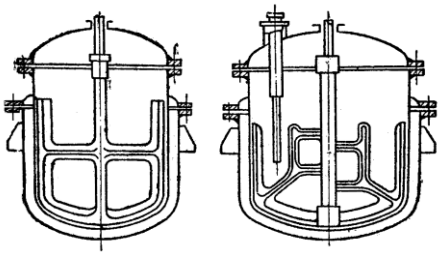
Жабық турбиналық, араластырғыштар әдетте 45-90°бұрышпен иілген қалақтары бар қозғалмайтын сақина болып табылатын бағыттаушы аппараттың ішіне орнатылады. Жабық турбиналық араластырғыштар көбінесе кинетикалық энергияның аз шығынында сұйықтықтың радиалды ағындарын жасайды. Сұйықтықтың пайда болатын радиалды ағындары өте үлкен жылдамдықпен ие және оның ең алыс нүктелеріне жеткен аппараттың барлық қимасы бойынша таралады. Сұйықтық араластырғышқа орталық тесік арқылы кіреді және дөңгелегіге жанасу арқылы шығады. Дөңгелекте сұйықтық бағытты тік (ось бойынша) көлденең (радиус бойынша) дейін бірқалыпты өзгертеді және үлкен жылдамдықпен дөңгелектен шығарылады. Мұндай бағытталған және бір уақытта бірнеше рет қайталанатын сұйықтықтың қозғалысы кезінде оны ыдыстың барлық көлемінде тез және тиімді араластыруға қол жеткізіледі.

Араластыруды жақсарту және жеделдету үшін (әсіресе үздіксіз әрекет ететін аппараттарда маңызды) әр түрлі биіктікте орналасқан қалақтары немесе доңғалақтары бар турбиналық араластырғыштар қолданылады.

Турбиналық араластырғыштардың артықшылықтары: 1) араластыру және еріту жылдамдығы; 2) тұтқыр сұйықтықтарды тиімді араластыру; 3) үздіксіз процестерге жарамдылығы.

Турбиналық араластырғыштардың жетіспеушілігі салыстырмалы күрделілік және жоғары дайындау құны болып табылады.

Турбиналық Араластырғыштарды қолдану салалары: 1) кең шектерде өзгеруі мүмкін әртүрлі тұтқырлықтағы сұйықтықтарды қарқынды араластыру және араластыру (ашық үлгідегі араластырғыштар 105 спз дейін, жабық үлгідегі араластырғыштар 5 • 105 спз дейін); 2) Жұқа диспергирлеу және тез еру; 3) құрамында 60% және одан да көп қатты фазасы бар сұйықтықтардағы жауын – шашын алу (Ашық араластырғыштар үшін-60% дейін); қатты бөлшектердің рұқсат етілген өлшемдері: ашық араластырғыштар үшін 1,5 мм дейін, жабық ескерту.



33-сурет. Зәкір араластырғыштар.

Арнайы араластырғыштар. Тұтқыр сұйықтықтар мен паста тәрізді материалдарды араластыру үшін ыдыстың қабырғалары мен түбінің пішіні бойынша иілген қалақтары бар *зәкірлі араластырғыштар* қолданылады. Зәкір араластырғыштары аппараттардың қабырғаларын оларға жабысатын материалдан тазартады, соның арқасында жылу алмасу жақсарады және араластырылатын заттардың жергілікті қызуының алдын алады (33-сурет).

3.3 Пневматикалық және гидравликалық араластыру

Сығылған ауамен араластыру. Аз тұтқыр сұйықтықтарды пневматикалық араластыру кейде сығылған ауамен жүргізіледі. Бұл әдіс энергияның салыстырмалы үлкен шығынында баяу араластыру мүмкін. Сонымен қатар, ауамен араластыру қажетсіз тотығу немесе өнімдердің булануы мүмкін.

Әдетте сығылған ауамен араластыру барботермен жабдықталған аппараттарда – ауаның шығуына арналған саңылаулары бар құбырларда немесе ауа көтергіштері (эрлифттер) принципі бойынша жұмыс істейтін аппараттарда жүргізіледі. Соңғы жағдайда ауа көпіршіктерімен аралас сұйықтық аппараттың осі бойынша орналасқан Орталық құбыр бойынша көтеріледі және құбыр мен аппарат қабырғаларының арасындағы сақиналы кеңістікте түсіріледі. Осылайша, сұйықтық аппаратта айналады және оған араластырылады.

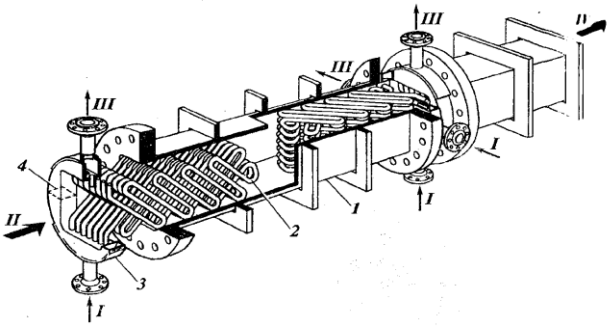
Араластырудың гидравликалық әдісі. Араластырудың гидравликалық тәсілі кезінде *диафрагмалық, инжекторлық* және *циркуляциялық* араластырғыштар қолданылады.

Диафрагмалық араластырғыштар аралас сұйықтықтар айдалатын құбырда орнатылған диафрагмалар жүйесін білдіреді. Диафрагманың тесіктері арқылы ағынның өтуі кезінде сұйықтықтардың қарқынды араласуына әкелетін айналыс жүреді.

Инжекторлық араластырғыштарда сұйықтықтардың бірі үлкен жылдамдықпен қоршаған кеңістіктегі сопла сиретуден өтеді. Мұнда бірінші сұйықтықпен қарқынды араласатын екінші сұйықтық сорылады. Суда сұйықтықтың жылдамдығы екінші сұйықтықтың қажетті берілуін қамтамасыз ету үшін жеткілікті үлкен болуы тиіс.

Айналмалы араластыру әртүрлі технологиялық жүйелерде кеңінен қолданылады. Циркуляциялық сорғы сұйықты резервуардан (аппараттан) алады және оны кері сол ыдысқа қайтарады.

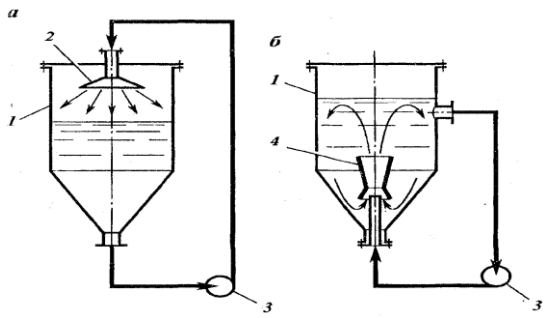
34-суретте араластырғыш-реактор көрсетілген. Ол 1 корпустан, 2 статикалық араластырғыштан, 3 тарату камерасынан және 4 қалқадан тұрады. Мұндай реакторлардағы статикалық араластырғыштар жылу алмасу беттерінен тұрады және ішінде жылу тасығыш айналатын құбырлардан жасалған. Аппарат ұзындығы бойынша температураның алдын ала берілген профилімен ығыстыру реакторларын осындай жолмен іске асыруға болады.



34-сурет. Араластырғыш-реактор:

1 – корпус; 2 – жылу алмасу құбырларынан жасалған статикалық араластырғыш; 3 – тарату камерасы; 4 – қалқа. Ағындар: 1 – жылу тасымалдағыштың кірісі; II – бастапқы шикізат, III – жылу тасымалдағыштың шығысы; IV – реакция өнімдері.

Айналмалы типті араластырғыштар. 1 ыдыстан және 3 орталықтан тепкіш сорғыдан тұратын циркуляциялық типті араластырғыштар кең таралған, ол сұйықтықты төменгі қабаттардан алып, 2 шашыратқыш арқылы бос жерге береді, тұйық циркуляцияны жүзеге асырады (36-сурет). Турбулизациялық әсерді күшейту үшін ыдысқа кейде тор немесе перфорацияланған құбыр орналастырылады, бұл сыйымдылықтың қимасы бойынша сұйықтықтың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.



36-сурет. Циркуляциялық араластырғыштардың схемалары:
1 – сыйымдылық; 2 – шашыратқыш; 3 – орталықтан тепкіш сорғы.

Атап айтқанда, мұндай араластыру тәсілі тауарлық мұнай өнімдерін өндіру кезінде оған кіретін компоненттерді компаундирлеу жолымен пайдаланылады.

Ойлануға арналған сұрақтар

1. Газдарды электрлік тазалау
2. Электр сүзгіштегі газдарды тазарту дәрежесі
3. Электр сүзгілердегі газдарды тазарту дәрежесін анықтайтын факторлар
4. Электр сүзгілердің жіктелуі
5. Газдарды электрлік тазарту үшін қолданылатын аппараттар және олардың сипаттамасы.
6. Сұйықтықтарды араластыру процесі
7. Араластыру процесін қолдану
8. Араластыру тиімділігі. Араластыру қарқындылығы
9. Араластырудың негізгі тәсілдері
10. Қалақтың элементарлық бөлігін жылжытуға жұмсалатын қуат.
11. Араластырғыш құрылғыларды таңдау кезінде негізгі критерий қандай?
12. Механикалық араластырғыштардың қалақтардың құрылымы бойынша жіктелуі.
13. Қалақты араластырғыштың артықшылықтары мен кемшіліктерін ашыңыз.
14. Қарапайым түрдегі қалақты араластырғыштар мен рамалық Араластырғыштарды қандай жағдайларда қолданған жөн?
15. Қалақты және пропеллер араластырғыштың ерекше ерекшеліктерін анықтаңыз.
16. Пропеллер араластырғыштың артықшылықтары мен кемшіліктерін ашыңыз.
17. Пропеллерлік араластырғыштар қандай мақсатта қолданылады?
18. Турбиналық араластырғыштардың түрлері және қолданылу саласы
19. Турбиналық араластырғыштардың артықшылықтары мен кемшіліктерін ашыңыз.
20. Турбиналық араластырғыштардың жұмыс принципін түсіндіріңіз.
21. Сұйықтықтарды сығылған ауамен араластыру ерекшеліктерін анықтаңыз.
22. Қандай аппаратта сығылған ауамен араластыру жүргізіледі?
23. Араластырудың гидравликалық әдісі кезінде қандай аппараттар қолданылады?
24. Араластырудың гидравликалық әдісі қандай жағдайларда қолданылады?

25. Статикалық араластырғыштардың артықшылықтары мен кемшіліктерін ашыңыз.
26. Циркуляциялық типті араластырғыштың құрылымы мен жұмыс принципін түсіндіріңіз.

3.4 «Жылу процестері» және «Гидромеханикалық процестер» бөлімдері бойынша тест сұрақтары
«Гидромеханикалық процестер»

1. Механикалық процестің түрі
A) араластыру +
B) суыту
C) булану
D) жылу
E) конденсация

2. Сорғыларды жұмыс камерасының типі бойынша жіктеу
A) Автоматты, жетекті
B) механикалық, гидравликалық
C) көлемді, динамикалық++
Д) роторлы, статорлы
E) көлемді, жаппай

3. Prandtl критерийі сипатталады
A) Бу конденсациясы кезінде жылу беру.
B) салқындатқыштың физикалық қасиеттері+
C) салқындатқыш арасындағы жылу алмасу процесі
D) еркін конвекция кезінде салқындатқыштың қозғалыс режимі
E) салқындатқыштың гидродинамикалық қозғалысы

4. Пештің конвекциялық камерасында жылу берудің тиімділігі ...
A) конвекциялық камераның өлшемі, құбырдың диаметрі, қысымның температурасы, жылу алмасу беті
B) құбырлардың диаметрі мен саны, температура қысымы, түтін газының температурасы
C) түтін газының температурасы, түтін газының жылдамдығы, құбыр диаметрінің өсуі
D) температураның басы, құбырдағы камераға орналастыру және құбырлардың диаметрін азайту әдісі
E) түтін газдарының қозғалыс жылдамдығы, құбырдағы камераға орналастыру тәсілі, құбырлардың диаметрі, қысымның +

5. Тікелей қайтару ставкасы ....
A) пештің пайдалы жылу жүктемесінің радиациялық құбырлармен қабылданған жылу мөлшеріне қатынасы
B) камераның жылу жүктемесінің пештің жылу жүктемесіне қатынасы
C) конвекциялық камераның жылу жүктемесінің қатынасы

D) жанармайдың жануы кезінде жану кеңістігінде шығарылған жылу мөлшеріне радиациялық түтіктер арқылы қабылданатын жылу мөлшерінің қатынасы +
E) жалпы алғанда жылу жүктемесінің қатынасы

6. Түтін газдарының температурасы артуымен тікелей трансформация коэффициенті.

A) төмендейді +
B) газдың түтін газдарының температурасына байланысты емес
C) пештердің барлық түрлері үшін тұрақты мән болып табылады.
D) өседі
E) пештің конструкциясына байланысты

7. Кейбір жылу құбырларында қабырғалар ...

A) құрылғысының бетін көтеру+
B) салқындатқышты араластыру
C) салқындатқыштардың қысымын арттырады
D) салқындатқыштардың қозғалыс жылдамдығын арттырады
E) турбулентті режимді қамтамасыз етеді

8. Жұмыс режимінде жылу алмастырғышты қоспас бұрын ...

A) барлық желілердің, фадевных байланыстардың, барлық клапандардың ++ қосылыстарының дұрыстығын тексеріңіз
C) бақылау өлшеу құралдарын қосудың дұрыстығын тексеріңіз
C) төгу клапанын ашу
D) Трансмиссиясы бар нипптер мен салқындату розеткасын тексеру
E) қауіпсіздік клапанын тексеріңіз

9. Негізгі жылу беру теңдеуі

A) $Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{ср}$++
B) $Q = (K \cdot F)/\Delta t_{ср}$
C) $Q = K \cdot F \cdot \mu$
D) $Q = K \cdot G \cdot \Delta t_{ср}$
E) $Q = FG \cdot \Delta t_{ср}$

10. Жылу алмастырғыш бөлікте қабырғаға ...

A) салқындатқыштың айналмалы кеңістікте жылдамдығын арттырады+
B) құбыр өндірісіндегі салқындатқыштың жылдамдығын арттырады
C) жылу беру бетінің жоғарылауы
D) жылу беру коэффициентін арттыру
E) екі салқындатқыштар араласпайды

11. Түтік пешінің негізгі көрсеткіштері:

A) пештің сыйымдылығы, тиімді жылу жүктемесі, тиімділігі ++
B) сыйымдылық, пайдалы жылу жүктемесі, жанғыш өнімдердің көлемі
C) сыйымдылық, пайдалы жылу жүктемесі, ауаның жану коэффициенті
D) жанғыш өнімдердің құрамы, жанғыш өнімдердің көлемі, пайдалы жылу жүктемесі
E) отынның жануы, пештен шыққан түтін газдарының температурасы

12. Центрифугациялық сорғының негізгі көрсеткіштері:

A) өнімділік, тиімділік, күш ++
B) өнімділік, қуат
C) қуат
D кинематикалық тұтқырлығы, тығыздығы, құбыр диаметрі
E) тиімділігі, өнімділігі

13. Рейнолдс критерийінің сыни құндылығына келесі факторлар ықпал етеді:

A) сұйықтықтың жылдамдығы, кинематикалық тұтқырлығы, құбыр диаметрі ++
B) сұйықтық жылдамдығы, құбырдың диаметрі
C) салқындатқыштың жылулық өткізгіштік, кинематикалық тұтқырлығы
D кинематикалық тұтқырлығы, тығыздығы, құбыр диаметрі
E) тиімділігі, өнімділігі

14. Рейнолдс сынағының физикалық сипаты

A) салқындатқыш гидродинамикалық қозғалыс режимін сипаттайды+
C) қабырға мен салқындатқыш арасындағы жылу алмасу процесін сипаттайды
C) салқындатқыштың физикалық қасиеттерін сипаттайды
D) еркін конвекция кезінде сұйылтқыштың қозғалыс режимін сипаттайды
E) сұйықтықтың қозғалыс заңдарын сипаттайды.

15. Құрылғының қабығы мен түтік жылу алмастырғыштары

A) Аппараттық корпус, тор, құбырлар, бөлу камерасы, аппарат қақпағы+ +
B) бөлме камерасы, аппарат қақпағы
C) дифузерлі, көпфункционалды, желдеткішті, электр қозғалтқышы, қалқаны, металл конструкциясы, құбырлы бөлік
D) Аппараттың корпусы, фитингтер, бөлу камерасы
E) бөлгіш камера, аппарат корпусы

16. Термоэлемент әсер ететін факторлар:

A) температураның өзгеруі, жылу алмасу аймағы, аппараттардың түрі және қалыңдығы, салқындатқыштың ластану дәрежесі +
C) материалдың түрі мен қалыңдығы, яғни қабырға арқылы жылуды беру, жылу беру жылдамдығы
C) температураның өзгеруі, жылу алмасу аймағы, салқындатқыш қасиеттері
D) жылу беру жылдамдығы, жылу алмасу алаңы, температураның жоғарылауы
E) температураны төмендету, материалдардың түрлері, салқындатқыштардың ластану дәрежесі

17. Егер жылу алмастырғышта ұшпа сұйықтық пайдаланылса, онда келесі жұмыс жүргізіледі:

A) салқындатқышты салқындатқыш судан салқындату+
C) аппаратты сумен тазалау
C) азотпен немесе бумен аппаратты тазалау
D аппаратты ауамен желдету
E) аппаратты салқындатқыш судан шығару

18. Температураның деформациясы жылу алмастырғышта пайда болады:
A) серпентин
B) қатты түр
C) «құбырдағы құбыр»
D) ламельдер
E) өзгермелі бас +
19. Тепловизордың беті мынадай формула бойынша анықталады:
A) $F = Q/K \cdot \tau_{ср}$
B) $F = Q/K \cdot \mu$
C) $F = K/Q \cdot \lambda$
D) $F = Q/K \cdot \Delta t_{ср}$+
E) $F = Q/K + d$
20. Конденсация ...
A) екі газ фазасын сұйық-газ жүйесіне айналдыру үдерісі+
B) сұйықтықтағы ерігіштікке байланысты газды таңдау
C) абсорберге босатылған газдың температурасы мен қысымына байланысты ерігіштігі
D) өте таза жеке көмірсутектерді алу үдерісі
E) шығарылатын көмірсутектер 50 мг / м3 құрайтын газдар мен қоспалардың бөліну процесі.

4 Массаалмасу процестері. Жаппай тарату теориясының негіздері

Массаалмасу, немесе диффузиялық процестер компоненттердің бір фазадан екіншісіне ауысуымен байланысты, соның нәтижесінде олардың бөлінуі болады.

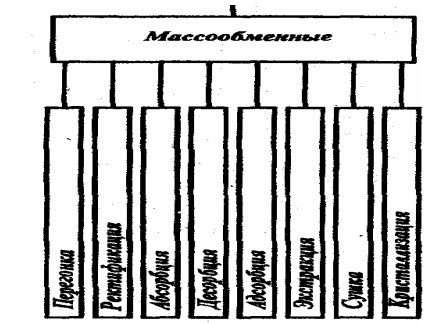
Массаалмасу процестерінің *қозғаушы күші концентрациялардың айырымы* немесе *концентрация градиенті* болып табылады, ал процесс жылдамдығы заттың бір фазадан екіншісіне ауысу жылдамдығымен, яғни массаны беру жылдамдығымен немесе диффузия жылдамдығымен анықталады.

Массаалмасу процестері қайтымды, яғни қоспа компоненттерінің тасымалдау бағыты жұмыс жағдайларына (қысымға, температураға) және бөлінетін қоспаның қасиеттеріне байланысты өзгеруі мүмкін. Заттың тасымалдануы фазалар арасындағы тепе-теңдік жағдайы жеткен кезде тоқтатылады. Массаалмасу процестеріне *айдау, ректификация, абсорбция, экстракция, адсорбция, кептіру* жатады (36сурет).

Айдау – сұйық (газ, бу) қоспаларды бастапқы сұйық (газ, бу) қоспаның бөлігін буландыру (конденсациялау) жолымен бөлу процесі. Айдау жүйеде бу (газ) және сұйық фазалар болған кезде іске асырылады.

Ректификация – сұйық қоспаларды бөлек компоненттерге немесе олардың қоспаларына (фракцияларына) бу мен сұйықтық ағындарының өзара әрекеттесуі арқылы бөлу процесі. Ректификация кезінде әрдайым екі фаза бар – сұйық және бу.

Абсорбция – сұйық сіңіргіш – *абсорбентпен* газ (бу) қоспасының компоненттерін іріктеп сіңіру процесі. Осылайша, абсорбция процесіне газ және сұйық фазалар қатысады.



36-сурет. Массаалмасу процестері.

Экстракция – сұйық қоспадан (немесе қатты заттардан) басқа сұйықтықпен (іріктелген немесе селективті еріткішпен) компоненттерді іріктеп алу процесі. Ең жиі экстракция процесі екі сұйық фазаның өзара әрекеттесуі кезінде жүзеге асырылады.

Адсорбция – қатты сіңіргішпен-адсорбентпен газ, бу немесе сұйық қоспа компоненттерін іріктеп сіңіру процесі.

Кептіру – қатты материалдардан оның булануы есебінен сұйықтықты (әсіресе ылғалды) жою процесі. Бұл процесте сұйықтық сіңірілген қатты материал мен бу фазасы қатысады.Масса алмасу процестеріне екі фаза қатысатындықтан, ол арқылы масса алмасу жүргізілетін фазаларды бөлу шекарасы бар.

4.1 Ректификациялау процесінің мәні және жүргізілуі

Ректификация деп өзара еритін компоненттердің сұйық қоспаларын бөлудің диффузиялық процесі аталады, қайнау температурасы бойынша ажыратылады,ол тепе-тең емес бу және сұйық фазалардың қарсы, бірнеше рет түйісуі арқылы жүзеге асырылады.

Бір реттік булану немесе бір реттік конденсация процестерін жүргізу кезінде бастапқы жүйеге қарағанда төмен қайнайтын *компонентке (НКК)* бай бу, ал жоғары қайнайтын компонентке *(ДКК*) бай сұйықтық алынады. Алайда, бастапқы шикізатты бір реттік процестерде бөлудің жеткілікті жоғары дәрежесіне жету мүмкін емес.

Контактіге түсетін булар мен сұйықтықтар ректификация кезінде тепе-теңдікте болмайды, бірақ фазаның түйісуі нәтижесінде оған қол жеткізуге немесе осы жағдайға жақындауға ұмтылады. Бұл ретте фазалардағы температура мен қысымның тегістелуі және олардың арасында компоненттердің қайта бөлінуі орын алады. Жүйе тепе-теңдік жағдайына жеткен бу мен сұйықтықтың байланысы мінсіз немесе теориялық деп аталады, ал мұндай контакт – теориялық тәрелкемен қамтамасыз ететін құрылғы.

4.2 Ректификациялық колоннаның материалдық балансы

Ректификациялық колоннаның материалдық балансы жаппай немесе мольді бірліктерде жасалуы мүмкін, сонымен бірге тиісті теңгерімдік теңдеулердің бір түрі болады. Жұмыстың белгіленген режимінде барлық ағындардың массалары өзгеріссіз қалады (38-сурет). Төменде бұқаралық бірліктерде материалдық баланс қаралды.

Келесі белгілерді қабылдаймыз:

F, x_F, e, t_F, Q_F – тиісінше шикізат массасы, НКК массалық шоғырлануы, айдау үлесі, температура және шикізат колоннаға кіргенде жылу мөлшері;

G_F және g_F, y^*_F және x^*_F – тиісінше шикізаттың бу бөлігінің және буланбаған сұйықтықтың массасы, ондағы НКК концентрациясы;

D, $У_D$, t_D, Q_D – колоннаның жоғарғы жағынан кететін ректификат буының тиісінше салмағы, концентрациясы, температурасы және жылу мөлшері;

W, x_W, t_W, Q_W – қалдық бағанасының төменінен шығатын тиісінше массасы, концентрациясы, температурасы және жылу мөлшері;

g_D, x^*_D, t_D – парциалды конденсатордан ағатын және D жұптарымен тепе-теңдікте болатын сұйықтықтың (суландыру, флегма) тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

G_{Np}, $У_{Np}$, t_{Np} – бағанның концентрациялық бөлігінің жоғарғы тарелкасынан көтерілетін булардың тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

g, x, t – бағананың жоғарғы 1 - 1 немесе 3 – 3 төменгі бөлігінің еркін қимасына түсетін сұйықтықтың тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

G, y, T – бағананың 1-1 жоғарғы немесе 4-4 төменгі бөлігінің еркін қимасына түсетін булардың тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

g_1, x_1, t_1 – колоннаның концентрациялық бөлігінің төменгі тарелкасынан ағатын сұйықтықтың тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

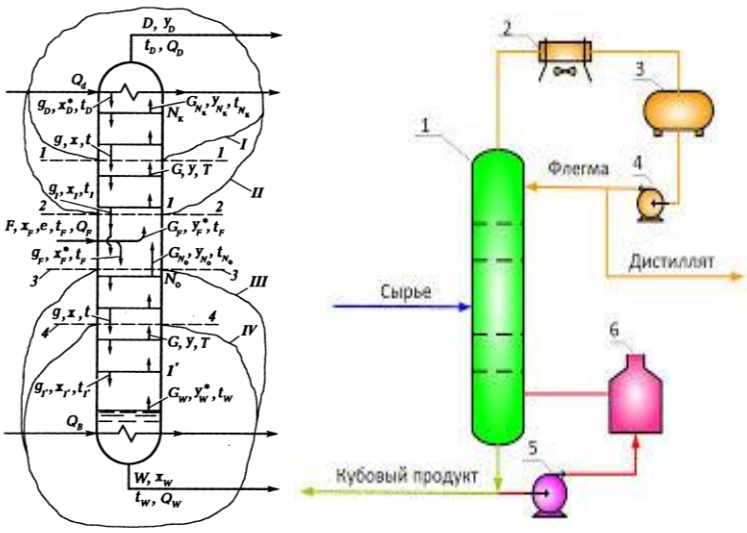
G_{No}, $У_{No}$, t_{No} – бағанның кері бөлігінің жоғарғы тарелкасынан көтерілетін булардың салмағы, концентрациясы және температурасы;

$g_{1'}$, $x_{1'}$, $t_{1'}$ – колоннаның айдау бөлігінің төменгі тарелкасынан ағатын сұйықтықтың салмағы, концентрациясы және температурасы;

G_W, $У^*_W$, t_W – бағананың айдау бөлігінің төменгі тарелкасына түсетін және W қалдығымен тепе-теңдікте тұрған булардың тиісінше салмағы, концентрациясы және температурасы;

Q_d – колоннаның жоғарғы жағына түсетін жылу (жылы суару);

Q_B – колоннаның төменгі жағынан өткізілетін (су қайнатқыш жылуы).



37-сурет. Материалдық және жылу баланстарын жасау үшін пайдаланылатын ректификациялық колонна ағынының схемасы:
I-IV – баланстарды жасауға арналған контурлар; 1-4 – қималар.

Материалдық баланс барлық колонна үшін түрге ие болады:

$$F = D + W, \tag{22}$$

НКК үшін:

$$Fx_F = Dy_D + Wx_w. \tag{23}$$

Соңғы теңдеуді W орнына F – D шамасын қойып, аламыз:

$$Fx_F = Dy_D + (F - D)X_W. \tag{24}$$

Содан кейін ректификаттың салыстырмалы іріктеуі болады:

$$\varepsilon = \frac{D}{F} = \frac{x_F - x_w}{y_D - x_w}. \tag{25}$$

Тиісінше, қалдықты салыстырмалы іріктеу құрайды:

$$1 - \varepsilon = \frac{W}{F} = 1 - \frac{D}{F} = \frac{y_D - x_F}{y_D - x_w}. \tag{26}$$

(25) және (26) теңдеулерінен бағананың сыртқы ағындары және олардағы компоненттердің шоғырлануы – өзара байланысты шамалар және еркін орнатыла алмайды.

Келтірілген теңдеулер d ректификатының және F бағанасының берілген өнімділігі, x_F шикізатының құрамы және ректификацияның анықтығы: y_D және x_W концентрациясы кезінде W қалдығының массалық шығыстарын анықтауға мүмкіндік береді.

4.3 Ректификациялық колоннаның жылу балансы

Ректификациялау процесін жүргізу кезінде жанасатын бу және сұйық фазалар арасында жылу энергиясымен алмасу жүргізіледі.

Бағананың жылу балансының кіріс баптары Q_F шикізатымен енгізілетін жылу және Q_B қайнатқышы арқылы бағананың төменгі жағына жүргізілетін жылу болып табылады.

Шығыс баптары колоннадан Q_D ректификат буымен, Q_W сұйық қалдықтарымен бөлінетін жылу және флагманың түзілуі үшін Q_d

бағанасының жоғарғы жағына хладагент ағынымен алынатын жылу болып табылады (38-суретті қараңыз).

Қоршаған ортаға жылу шығынын есепке алмағанда, колоннаның жылу балансы келесі түрде жазылады:

$$Q_F + Q_B = Q_D + Q_W + Q_d \qquad (27)$$

Жылу балансының жекелеген құрамдас бөліктері:

$$Q_F = F(1-e)h_{t_F} + FeH_t = Fh_F;$$
$$Q_B = G_w(H_{t_W} - h_{t_W}) = G_w q_{исп};$$
$$Q_D = DH_{t_D};$$
$$Q_w = Wh_{t_W};$$
$$Q_d \approx g_d(H_{t_D} - h_{t_D}) = g_D q_{конд}$$

Q_D және Q_W жылу ағындары берілген құрамдар мен ректификатты іріктеу кезінде тұрақты болып табылады, сондықтан (27) теңдеуді келесі түрде санай аламыз:

$$Q_F + Q_B - Q_d = Q_D + Q_W = const \qquad (28)$$

Шикізаттың өзгермейтін температурасы мен құрамы ($Q_F = const$) кезінде (28) теңдеуден $Q_B - Q_d = const$ деп аламыз. Сондықтан Q_B и Q_d шамаларының өзгеруі тек жалпы бағытта ғана болуы мүмкін, яғни екеуі де немесе ұлғаяды немесе азаяды. Бұл ретте олардың айырмасы тұрақты шамада қалады.

Осыған ұқсас тәуелділік колоннаның төменгі жағына жылудың тұрақты берілуінде байқалады (Q_B = const), Q_F и Q_d шамаларының өзгеруі $Q_F - Q_d = const$ және бірдей бағытта ғана болуы мүмкін.

Сонымен қатар, Q_d колоннасының жоғарғы жағына жылудың тұрақты мөлшері кезінде бастапқы шикізаттың температурасының жоғарылауымен Q_B колоннасының төменгі жағына келетін жылудың мөлшері сонша азаюға тиіс және керісінше.

Колонна жұмысының нақты жағдайларында флегма мен бу ағындары олардың ең аз мәндерінен асып түсуі тиіс, демек, Q_d/D $(Q_d/D)_{min}$, ал Q_B/W – артық $(Q_B/W)_{min}$ болуы тиіс. Тиісінше P полюсі P_2 полюсінен жоғары, ал полюс P' полюсі $P'_{2\text{-}д}$ен төмен орналасуы тиіс.

4.4 Колоннаның материалдық және жылу балансын есептеу бойынша практикалық сабақ

Ректификациялық колоннаның материалдық балансы.

Ректификациялық колоннаның немесе оның қандай да бір бөлігінің материалдық балансы жүйеге келіп түсетін материалдық ағындардың сомасы жүйеден шығатын материалдық ағындардың (шығындарды ескере отырып) сомасына тең болу негізінде белгіленген режим үшін жасалады.

Ректификациялық колоннаның материалдық балансы салмақтық және мольдік бірліктерде жасалуы мүмкін, бұл ретте материалдық баланс теңдеулерінің бір түрі болады.

Материалдық балансты анықтау негізінде барлық колонна жазуға болады:

$$L = D + R, \qquad (29)$$

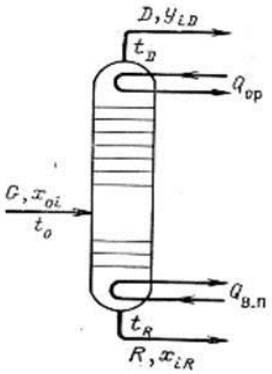
мұнда L – кг/сағ-пен шикізат саны;

D – колоннаның жоғарғы жағында бөлінетін ректификат саны кг/с;

R – бағананың төменгі жағынан бөлінген қалдық саны кг/сағ.

Құбырлы пеште немесе қандай да бір басқа қыздырғышта жылытылғаннан кейін колоннаға түсетін шикізат жалпы жағдайда екі фазалы күйде болады. Оның жылу мөлшері тек температураға ғана емес, сонымен қатар $e = \frac{G_0}{L}$ айдау салмақтық үлесіне де, яғни осы жағдайларда буға өткен мұнай өнімінің салмағына да байланысты.

Жылу балансының шығыс баптары болып колоннадан ректификат буымен бөлінетін жылу Q_R, сұйық қалдықтармен бөлінетін жылу Q_R, және суарумен тозатын жылу Qd табылады.



38-сурет. Ректификациялық колоннаның материалдық және жылу теңгеріміне.

Жалпы түрде барлық ректификациялық колонна үшін жылу баланс теңдеуі түрді қабылдайды:

$Q_L + Q_B = Q_D + Q_d + Q_R$ (30)

немесе

$$Leq^{п}_{t_п} + L(1-e)q^{ж}_{t_п} + G_B\left(q_{B_1} - q_{B_2}\right) = Dq^{п}_{t_D} + Rq^{ж}_{t_R} + G_{op}\left(q^{п}_{t_D} - q^{ж}_{d}\right), \quad (31)$$

мұндағы L – шикізат саны кг/сағ;

e – айдаудың салмақтық үлесі;

$q^{п}_{t_o}$ – ккал/кг-ға колоннаға кірер кезде шикізат буының жылу мөлшері;

$q^{ж}_{t_o}$ – ккал/кг-ға колоннаға кіргенде буланбаған (сұйық) шикізаттың жылу мөлшері;

G_B – айналмалы жылу тасығыштың немесе бағананың төменгі жағына берілетін қыздырылған су буының саны кг/сағ;

q_{B_1} и q_{B_2} – колоннадан немесе қыздырылған су буынан кіруде және шығуда тиісінше айналмалы жылу жеткізгішінің жылу мөлшері ккал/кг;

D – колоннадан шығатын ректификат буының саны кг/с;

$q^{п}_{t_D}$ – ректификат буының ккал/кг жылу құрамы;

R – бағананың төменгі жағынан шығатын қалдық саны, кг/сағ;

$q^{ж}_{t_R}$ – ккал/кг қалдықты жылу құрамы;

G_{op} – колоннаның жоғарғы жағына берілетін суландыру саны, кг/сағ;

$q^{ж}_{d}$ – ккал/кг суарудың жылу мөлшері.

Ректификациялық колоннаның жылу балансы. Жылу баланстары жеке аппараттар үшін энергияны сақтау заңының негізінде жасалады. Жылу балансы аппараттың материалдық теңгерімі, сондай-ақ аппараттың технологиялық режимі негізінде қоршаған ортаға шығындарды ескере отырып есептеледі.

Өнімдер энтальпиясының мәні анықтамалар бойынша табады немесе формулалар бойынша есептеледі. Есептеу нәтижесінде: $\Sigma Q_{кіріс} = \Sigma Q_{шығыс}$.

Аппараттардың түріне байланысты жылу балансы жасалады, аппараттардың кейбір жылу баланстарын жасау мысалдары төменде келтіріледі.

Жылу балансын есептеу нәтижелері кестеге қосылады. Кесте келесі нысан бойынша жасалады (1-кестені қараңыз).

1-кесте: Жылу балансы (аппарат атауы)

Атауы	**Саны, кг/с**	**Температура, °С**	**Тығыздығы, кг/м^3**	**Энтальпия, кДж/кг**	**Жылу саны, кВт**
Түседі: 1. 2. және т.б..					
Барлығы:					
Шығады: 1. 2. және т.б..					
Барлығы:					

Ректификациялық колоннаның жылу балансының міндеті жүйеге келіп түсетін жылу ағындарының сомасы жүйеден шығатын ағындардың жиынтығына тең (қоршаған ортаға жылу шығынын есепке алмағанда) негізінде температуралық режимді орнату болып табылады.):

$$\Sigma Q_{кір} = \Sigma Q_{шыг}, \qquad (32)$$

мұндағы $\Sigma Q_{кір}$ – колоннаға кіретін жиынтық жылу, Вт немесе кДж/сағ;

$\Sigma Q_{шыг}$ – колоннадан шығатын жиынтық жылу, Вт немесе кДж/с.

Колоннаның жылу балансының баптарымен белгіленген режимде жылу Q_L болып табылады, ол құбырдың төменгі жағына (қайнатқыштың, қыздырылған будың немесе ыстық ағыстың жылуы) енгізілетін Q_B жылу болып табылады.

Жылу балансының шығыс баптары болып табылады: Q_d ректификат буымен колоннадан бөлінетін жылу; Q_D сұйық қалдықтарымен бөлінетін жылу; суарумен тозатын Q_R жылу.

Жалпы түрде барлық ректификациялық колонна үшін жылу баланс теңдеуі келесі түрді қабылдайды: $QL + QB = Qd + QD + QR$ (33)

Егер жылу төменгі бөлігіне қайнатқышпен жүргізілген болса, онда қайнатқыштың жылу алмасу беті, жылу тасымалдағыштың шығысы

есептеледі. Күрделі бағаналарды есептеген жағдайда жылу балансы қималар бойынша есептеледі. Жылу балансын есептеу нәтижелері кестеге қосылады. Жылу кірісі мен жылу шығыны баптарының теңдігі есептеу кезінде таңдалған режимнің дұрыстығын растайды. Рұқсат етілген ауытқу 2-3%. Егер айырмашылық рұқсат етілген шектерден шығатын болса, онда жылу тасымалдағыштың параметрлерін өзгерту және қайта есептеу қажет. Есептеулер СИ жүйесінде жүргізіледі.

1-мысал. 114,4 молекулалық массасының сұйық мұнай фракциясы 6538 кг/сағ (1,816 кг/с) колоннадан шығу температурасын анықтау.

Колоннаның жоғарғы қысымы 0,15 кПа құрайды. Фракция су булары 1000 кг/с (0,2777 кг/с), 1500 кг/с бензин булары (М-100) өтетін 19 тәрелкадан жоғарыдан алынады. Әрбір тәрелкедегі қысымның ауытқуы 0,399 кПа тең деп қабылданған.

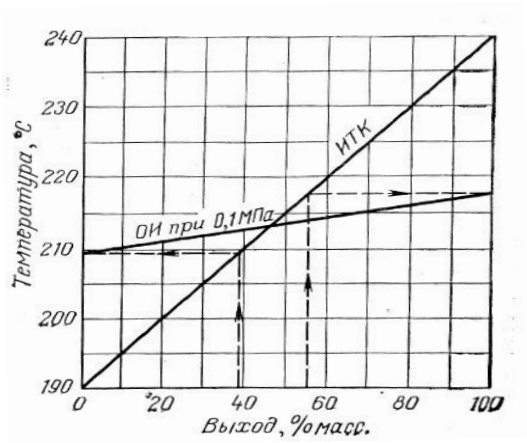
Шешім:

40-суретте осы фракцияны тарату сызығы берілген – ИТК. Бұл желіге атмосфералық қысымда ОО желісін салады. Салынған ОИ желісі бойынша бір рет буланудың басталуы (0% іріктеу) температурасы 210 ^{o}С сәйкес келеді.

Формула бойынша фракцияның парциалды қысымын анықтайды:

$$P_{фр} = П \cdot /N_{фр}/N_{ф} + N_{в.п} + N_{б} \qquad (34)$$

$$N_{фр} = G_{фр}/M_{фр}$$



39-сурет. Сұйық мұнай фракциясы ИТК қисығы.

$N_{фр}$ = 1,816/114,4 = 0,01587.

$$N_{б} = G_{б}/M_{б}$$

$N_{б}$ = 0,416/100 = 0,00416.

$$N_{в.п} = G_{в.п}/M_{в.п}$$

$N_{в.п}$ = 0,2777/18 = 0,01542.

Фракцияны шығару нүктесіндегі қысым:

P = 150 + 19 • 0,399 = 157,5 кПа = 0,1575 МПа.

Алынған мәндерді алмастырады:

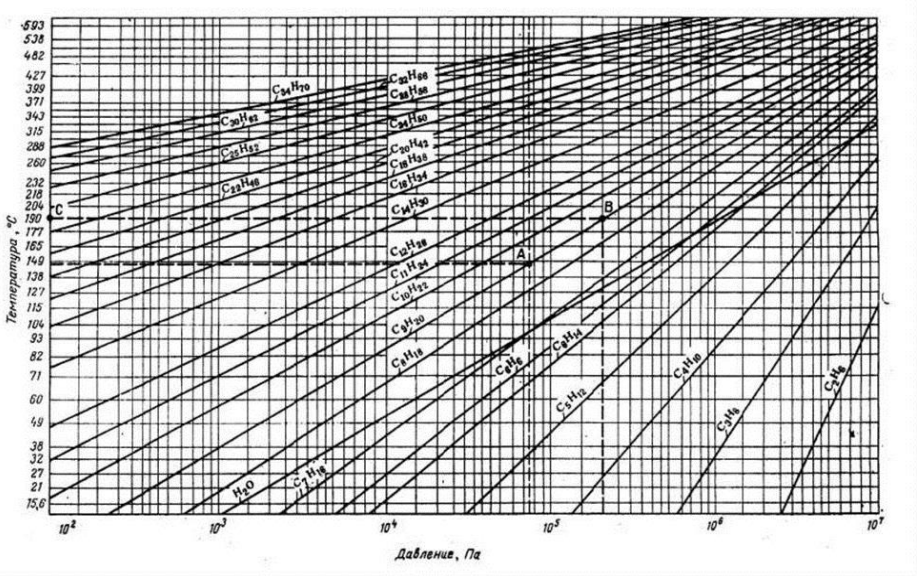
$P_{фр}$ = 0,1575 • 0,01587/0,03545 = 0,0705 МПа = 70,5 кПа.

Бір рет буланудың басталу температурасын Кокс кестесі бойынша парциалды қысымға түзетеді (3-қосымша).

197 ^{o}С температурасын алады.

3-қосымша

График Кокса



Студенттердің өзіндік жұмысы

114,4 молекулалық массаның сұйық мұнай фракциясы 5800 кг/сағ (1,611 кг/с) колоннадан шығу температурасын анықтау. Колоннаның жоғарғы қысымы 0,14 кПа құрайды. Фракция 19-шы тәрелкадан жоғарғы жағынан алынады, ол арқылы 800 кг/сағ (0,2222 кг/с) су булары, 1300 кг/сағ бензин булары (М-100) өтеді. Әрбір тәрелкедегі қысымның ауытқуы 0,399 кПа тең қабылданды.

4.5 Колонналық үлгідегі аппараттардың негізгі жіктелуі

Бу (газ) ағынының байланысу үшін ректификация және абсорбция процестерінде әртүрлі конструкциялардың аппараттары қолданылады, олардың арасында колонналық типті тік аппараттар кеңінен таралған. Бұл типті аппараттар жұмыс қысымына, технологиялық мақсатқа және контактілі құрылғылардың түріне байланысты жіктелуі мүмкін.

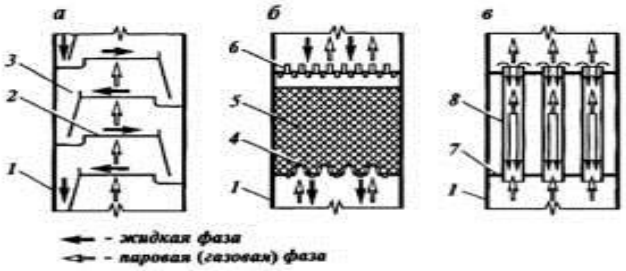
Қолданылатын қысымға байланысты колонналық аппараттар қысыммен жұмыс істейтін атмосфералық, вакуумдық және колонналарға бөлінеді.

Атмосфералық колонналарға әдетте жоғарғы бөлігінде жұмыс қысымы атмосфералық қысымнан азырақ асып түсетін колонналар жатады және колоннадан кейін ректификат буының қозғалысы ағымында орналасқан коммуникациялар мен аппаратуралардың кедергісімен анықталады. Колоннаның төменгі бөлігіндегі қысым негізінен оның ішкі құрылғыларының кедергісіне байланысты және атмосфералық (мысалы, этилбензол мен ксилолдардың қоспасын бөлуге арналған колонна) едәуір асып кетуі мүмкін.

Вакуумдық колонналарда қысым атмосфералық қысымнан төмен (сирету құрылды), бұл процестің жұмыс температурасын төмендетуге және өнімнің ыдырауын болдырмауға мүмкіндік береді (мазуттың бөлінуі, стирол өндірісі, синтетикалық майлы қышқылдар және т.б.). Колоннадағы қалдық қысымның шамасы бөлінетін өнімдердің физикалық-химиялық қасиеттерімен және ең бастысы олардың елеулі ыдырауының жылуының рұқсат етілген ең жоғары температурасымен анықталады.

Қысымда жұмыс істейтін колонналарда соңғысының шамасы атмосфералық (ГФҚ бағаналары, абсорберлер тұрақтандырғыштары және т.б.) едәуір асып кетуі мүмкін.

Ішкі контактілі құрылғылардың типі бойынша тарелкалы саптама және пленкалы колонналық аппараттар ажыратылады (41-сурет). Контактілі құрылғыларды қолдану салалары бөлінетін қоспалардың қасиеттерімен, аппараттағы жұмыс қысымымен, бу (газ) және сұйықтық бойынша жүктемелермен және т.б. анықталады..



40-сурет. Колонналық аппараттардың негізгі типтерінің схемалары:
а – тәрелке тәрізді; б – отырғызатын; в – пленкалы;
1 – бағананың корпусы; 2 – тарелка төсемі; 3 – ағын құрылғысы; 4 – тірек торы; 5 – қондырма; 6 – таратқыш; 7 – құбыр торы; 8 – түтікше.

Тарелкалы аппараттарда (40 а-сурет) фазалар арасындағы байланыс будың (газдың) түйіспелі құрылғыдағы сұйықтық қабаты арқылы өтуі кезінде жүреді.

Отырғызу бағаналарында (40б-сурет) газ (бу) мен сұйықтық арасындағы байланыс арнайы отырғызу денелерінің бетінде, ал олардың арасындағы бос кеңістікте жүзеге асырылады.

Үлбірлі колоннада (40в-сурет) фазалар сұйықтықтың жұқа пленкасының бетінде тік немесе көлбеу беті бойынша ағады.

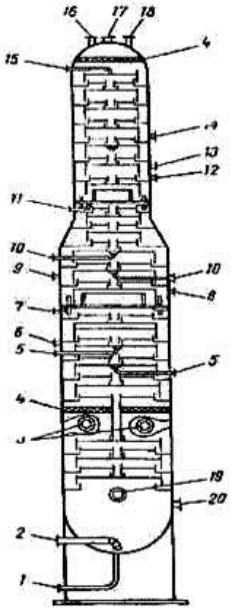
Мұнай-газ өңдеуде негізінен тәрелкелі колонналар қолданылады. Алайда соңғы жылдары тиімді саптамалардың құрылуына байланысты отырғызу колонналарына қызығушылық артты, әсіресе бұл вакуумдық процестерге қатысты. бұл жағдайда бірқатар оң сипаттамаларды сатып алатындар: төмен гидравликалық кедергі, сұйықтықтың аз кідірісі, бу (газ) және сұйықтық бойынша жүктемелердің кең интервалында өзгеруінің жоғары тиімділігі және т.б.

Ректификациялық колонналар-өзара еритін компоненттердің сұйық қоспаларын ректификациялау жолымен бөлуге арналған аппараттар. Ректификациялық колонналар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында, атап

айтқанда мұнайды бастапқы айдау қондырғыларында мұнай мен мазутты, екінші айдау қондырғыларында бензин, газ фракциялайтын қондырғыларда көмірсутекті газдарды (ГФУ), көмірсутекті шикізатты химиялық өңдеу қондырғыларында реакция өнімдерін (каталитикалық крекинг, термиялық крекинг, гидрокрекинг, кокстеу және т.б.) бөлу үшін мұнай-газ өңдеуде кеңінен қолданылады.

Ректификациялық колонналарда бу және сұйық фазалар арнайы контактілі құрылғыларда – саптаманың қабаттары, тор, құрауыштарға бөлудің талап етілетін айқындығы үшін тәрелкелі конструкцияларда түйіседі.

Ректификациялық колонналар технологиялық мақсатқа байланысты деп аталады: алдын ала булану колоннасы; негізгі атмосфералық колонна; вакуумдық колонна; тұрақтандыру колонна; бензиндерді екінші рет айдау колонналары; буландыру колонналары.



41-сурет. Негізгі атмосфералық баған:

1 – дренаждық штуцер; 2 – мазутты шығару штуцері; 3 – шикізатты енгізу штуцері; 4 – торлы ұнтақтағыштар; 5 – 280-350 °С фракцияны булау колоннасына шығару; 6 – булау колоннасынан буды қайтару штуцері; 7 – екінші циркуляциялық суаруды шығару штуцері; 8 – екінші циркуляциялық суаруды қайтару штуцері; 9 – булау колоннасынан буды қайтару штуцері; 10 – 220-280 °С фракцияны булау колоннасына шығару. бірінші айналмалы суландыру шығысының штуцері; 13 – бірінші айналмалы суаруды енгізу штуцері; 14-булау бағанасы бар буды қайтару штуцері; 15-қатты суаруды енгізу штуцері; 16-штуцер-әуе; 17 – негізгі атмосфералық бағанадан бу шығару штуцері; 18 – ППК астындағы штуцер; 19 – бу енгізу үшін штуцер; 20-деңгейді өлшеу үшін штуцер.

Негізгі атмосфералық баған (сурет. 41) бензинсіздендірілген мұнайды қондырғының вакуумдық блогына одан әрі өңдеуге жіберілетін мақсатты фракциялар мен мазутқа бөлу үшін қызмет етеді. Колонна корпусы-тік цилиндрлік дәнекерленген ыдыс. Колоннада келесі штуцер қарастырылған: шикізатты енгізу және өнімдерді шығару, циркуляциялық суландыруларды

шығару және беру, булау бағанасынан бударды енгізу, бағананың жоғарғы жағына сақтандыру клапаны, бағананың төменгі бөлігіндегі деңгейді реттеу үшін. Бағананың төменгі бөлігінде оның мақсатына және схемаларына байланысты штуцер орнатылады; ыстық ағысты енгізу, су буындарын беру, бу кеңістігімен буландырғыштан бударды немесе термосифонды буландырғыштан бу сұйықтықты қоспаларды енгізу. Колоннаның жоғарғы жағында аппаратты сумен толтыру немесе суды түсіру кезінде ауаның өтуіне арналған штуцер немесе муфта, төменгі жағында – жуу және гидравликалық сынау кезінде суды ағызуға арналған штуцер болады. Кейбір жағдайларда аппарат корпусында термобар, манометр, реттеуіш немесе деңгей өлшеуіші үшін муфталар орнатылады**.**

Ректификациялық және абсорбциялық колонналарда өзінің жұмыс сипаттамалары мен техникалық-экономикалық мәліметтері бойынша айтарлықтай ерекшеленетін Әртүрлі конструкциялы тарелкалар (қалпақты, клапанды, ағынды, ойылған және т. б.) қолданылады. Контактілі құрылғының құрылымын таңдау кезінде олардың гидродинамикалық және массаалмасу сипаттамаларын, сондай-ақ контактілі құрылғылардың қандай да бір түрін пайдалану кезіндегі колонна жұмысының экономикалық көрсеткіштерін ескереді.

Қазіргі уақытта өнеркәсіптік практикада тарелкадан тарелкаға сұйықтық беру тәсілі бойынша, сұйық және бу (газ) фазаларының өзара әрекет ету тәсілі бойынша, өзара әрекет ететін фазалардың диспергирлеу сипаты бойынша, бу (газ) сұйықтыққа енгізуге арналған құрылғының құрылымы бойынша және т. б. жіктеуге болатын түрлі тарелкалардың жүздеген конструкциялары белгілі.

4.6 Бағанды орнату нұсқалары

Ректификациялық бағананың принциптік құрылымы.

Мұнай өңдеу зауыттарының ректификациялық колонналары ішінде ректификациялық тәрелкелермен (саптамалармен) және басқа да қосалқы құрылғылармен жабдықталған, әр түрлі құрылымдағы үгінділер, шикізатты енгізу бөлгіштері, ағындарды қайта бөлгіштері, фракцияларды іріктеу үшін штуцерлер және басқа да жабдықтар түріндегі тік цилиндрлік аппараттар болып табылады.

Шой құрылғылары колонналардың биіктігі бойынша белгілі бір орындарда орнатылады және олар ұнататын сұйықтықтың бөлшектерін будан бөліп алу үшін қызмет етеді.

Енгізу құрылғылары сұйықтық (шикізат, суару) және бу (бумен суару) ағындарының бағанасының қимасы бойынша біркелкі таралуын қамтамасыз етуге арналған.

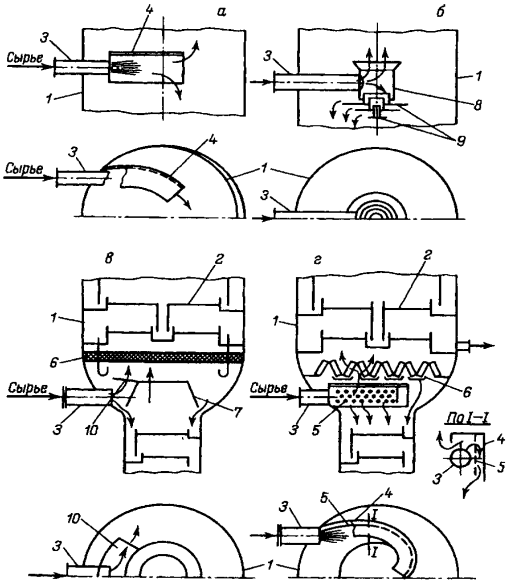
Шикізатты енгізу, суару тораптары. Шикізат енгізу торабы бу сұйықтықты ағынын колоннаға соққысыз енгізуге, бу фазасын сұйық фазадан

бөлуге және оларды колоннаның нығыздау және айдау секциясына жіберуге арналған.

Шикізат бу фазасында болған кезде (каталитикалық крекинг қондырғысының бағанасы), ол бағанаға қосымша таратқыштарсыз радиалды келте құбыр арқылы енгізіледі.

Маңызды торабы енгізу шикізатты вакуумдық колоннаның АВТ, себебі жылдамдық парожидкостного ағынның шығу келте дейін жетеді 100 м/с, диаметрі укрепляющей және отгонной бөліктерін колонналары бөлінеді 2 және одан да көп рет талап етіледі біркелкі бөлу бу ағыны қимасы бойынша колонна.

Колоннаның жұмысы үшін шикізатты эвапарациялық аймаққа енгізу конструкциясының маңызы зор. Шикізатты енгізу құрылғылары әртүрлі конструкцияларға ие және әрбір процесс үшін өз ерекшеліктері бар (сурет. 42).



Сур. 42 Кіріс құрылғылары:

1 - бағанның жағдайы; 2 - плиталар; 3 - шикізатқа арналған құбырлар; 4 - улита басшылары; 5 - перфорацияланған бөлгіш плиталар; 6 - дрейфті жоюшы; 7 - бөлу конусы; 8 - бөлу құбыры; 9 - рефлектор; 10 - сөре.

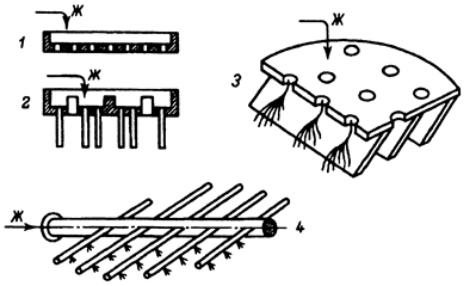
Колонналарда сұйық ағындарды енгізу торабы суық суаруды қамтамасыз етуге арналған. Қапталған бағандарда колоннаның көлденең қимасы бойынша сұйықтықты біркелкі бөлу колоннаның қимасы бойынша сұйықтықты біркелкі бөлуді қамтамасыз ететін арнайы конструкция құрылғыларымен қамтамасыз етіледі. Науа бағандарында сұйықтық табаққа пластинадағы көпіршікті бұзбастан енгізіледі.

Сыртынан сұйықтық ағыны пластинаның су ағызу қалтасына енгізілген және сұйықтықтың жұмыс ішкі ағынымен араласатын суаруды енгізу параметрлері үшін ортақ болып табылады.

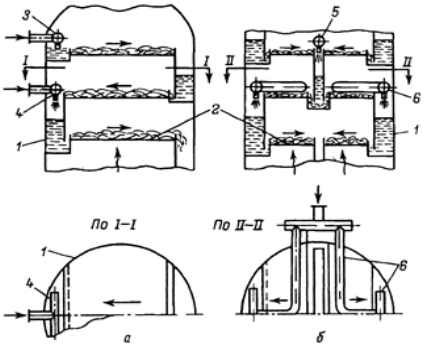
Жоғарғы пластинада өткір (буланып кетеді), ал аралық қабаттарға айналатын ирригация енгізіледі. Егер пластиналар екі жақты болса, онда инъекциялық сұйықтық ағыны пластинаға симметриялы түрде түсіп кетуі керек: орталық ағызу қалтасынан немесе екі ағынды су ағызатын қалтасына

екі ағын арқылы. Суару температурасы мен негізгі сұйықтықтың арасындағы айырмашылық су ағызатын қалтаға араласқан кезде су балғалары пайда болуы мүмкін. Бұл жағдайда сұйықтықты науаның желінің үстіне орнатылған тарату құрылғысы арқылы енгізу ұсынылады.

Пластинадағы сұйық айдау қондырғыларының конструкциялары 43 және 44-суретте көрсетілген.

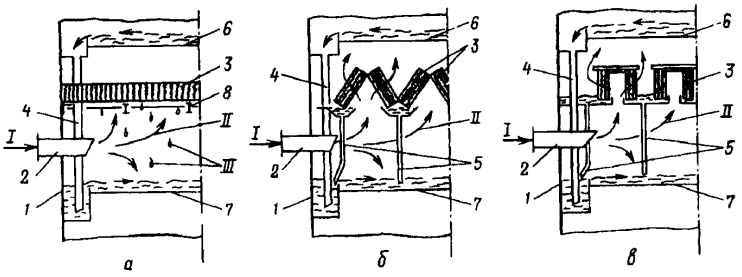


Сур. 43 Сұйық дистрибьюторлар:
1 - перфорацияланған табақша; 2 - пластиналар қосылған; 3 - ұшақтардың көлбеу рефлекторлары бар пластиналар; 4 - аналық ерітіндідегі қысым ерітіндісі.



Сур. 44 Бір ағындық (а) және қос ағымды (b) табақтардағы суару қондырғыларына арналған қондырғылар:
1 - бағанның жағдайы; 2 - плиталар; 3, 4 - жоғарғы және аралық табақтарға сұйықтық кірісін жинаушылар; 5, 6 - орталық және бүйірлік канализациялық тақталардағы сұйықтықты жинайтын коллекторлар.

Колонкадағы будың жоғары сұйықтық тамшыларын аулау үшін шикізаттың кіріс аймағына дрейфті жоюшы орнатылады. Түрлі тамшылатқыштар 45-суретте көрсетілген.



Сур. 45 дрейфты жоюға арналған құрылғылар:

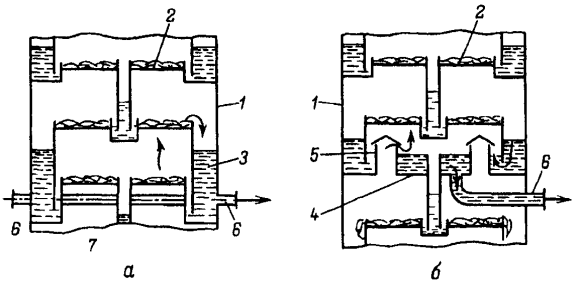
1 - бағанның корпусы, 2 - бу-сұйықтық шикізатының кіріс құбырларының түтіктері, 3 - торлы тамшылап қалталар, 4 - толып кететін құбырлар, 5 - сұйытылған сұйық дренаждар, 6, 7 - төменгі және үстіңгі тақталар.

Тамшылау науасы (тамшылау механизмі) шикізаттың кіріс аймағындағы булардан және колоннаның үстіңгі жағынан бу шығарудан механикалық түрде алынатын сұйықтықтың кішкентай тамшыларын құрастыруға арналған. Шикізаттың үстіне шикізаттың ауыр фракциялары: мазут; ауыр шикізатқа кіруге жол берілмейді (вакуумды AVT колонналары, каталитикалық крекинг, кешіктірілген кокстау қондырғылары) бағандарда, шикізаттың үстіне қойылады; тар; крекинг қалдықтары. Бұл жағдайда сұйық фаза асфальт-шайырлы заттардың концентратына жатады, оның барысында төменгі бүйірлік ағымның түсі нығайтылған бөліктің төменгі табақтарында, оның тұтқырлығы мен кокстау мінез-құлқының жоғарылауы нашарлай түседі және плиталар толып кетеді. Дрейфты жоюға орнату бұл кемшіліктерді болдырмайды.

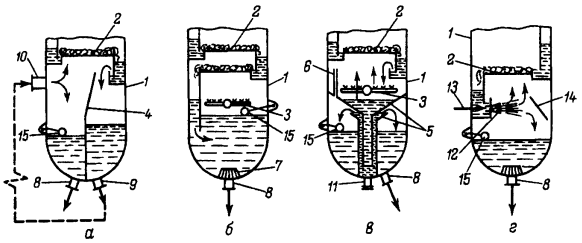
Торлы тордан қалыңдығы 100-120 мм болатын көп қабатты қаптама болып табылатын үлкен тарақты беткі қабат, бұл тамшыларды 99% -ға дейін арттырады. Дрейф агрегатының гидравликалық кедергісі 0,3-0,4 кПа-дан аспайды және сұйықтықтың жақсы ағуы кокстеуден қорғайды.

Колоннан пластинканың сұйықтық шығаруы, әдетте, су төгетін қалтасынан кеңейтілген салалық құбырдан шығару нұсқасына сәйкес жүзеге асырылады және сұйықтықтың белгілі бір резерві сақталған екі жұмыс пластинасы арасында жинақ, жинақтаушы пластина орнатылған кезде (46-сурет).

Сорғы сорғыларының сенімді жұмысын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады, мұнайды түбінен төменгі бөліктен алу үшін құрылғы жасалады. Төменде колоннаның алыс бөлігінен сұйықтықты алудың түрлі құрылғылары көрсетілген (47-сурет).

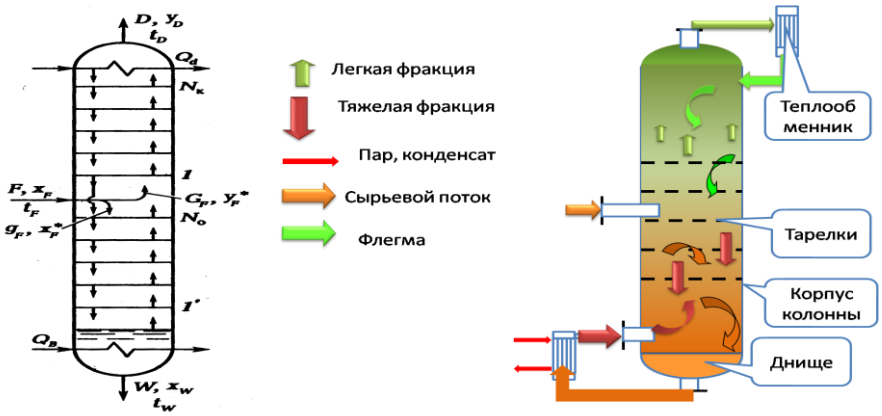


Сур. 46 бағаннан сұйықтықты (флегм) шығару нұсқалары:
1 - бағанның корпусы, 2 - пластина, 3 - ағынды сорғышы, 4 - сұйық плитаны құрастыру, 5, 6 - булардың өтуі және сұйықтық ағынды сорғығы, 7 - тепе-теңдік құбыры.



Сур. 47 бағаналардың төменгі бөлігінің түрлі құрылғылары:
1 - колонналық корпус, 2 - пластина, 3 - бу беру кірісі, 4 - бөлу бөлімі, 5 - су тығыздағышы, 6 - сорғыш түтігі, 7 - қауіпсіздік торы, 8 - қалдық шығу түтігі, 9, 10 - 11 - суды ағызу, 12 - эжекторлы буландырғыш, 13 - су буы, 14 - бөшкіш пластинасы.

Ректификациялық баған сұлбасы 42-суретте келтірілген. Колоннаның ортаңғы бөлігіне t_F температурасына дейін қыздырылған ректификациялауға жататын шикізат түседі. Шикізат колоннаға сұйықтық, бу немесе бу және сұйықтық қоспасы түрінде берілуі мүмкін. Шикізат колоннаға кіргенде бір реттік булану процесі жүреді, нәтижесінде тепе-теңдікте болатын y^*_F құрамының G_F буы және $x^*_F{}'$ құрамының сұйықтығы пайда болады.



48-сурет. Ректификациялық колоннаның принциптік сұлбасы.

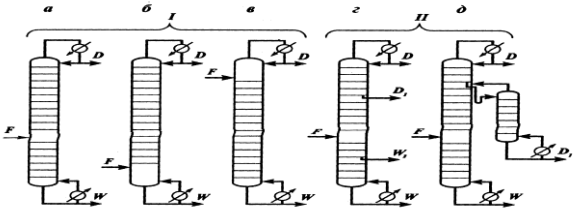
Ректификациялауды қамтамасыз ету үшін колоннаның жоғарғы бөлігінде буға қарсы сұйықтық ағынын (флегма, суару) ұйымдастыру қажет. Ол үшін колоннаның жоғарғы жағында сол немесе басқа тәсілмен Q_d жылу алынады (парциалды конденсатордың жылуы). Осы арқылы жоғарғы тарелкадан көтерілетін будың бір бөлігі сұйықтықтың қажетті төмен түсетін ағынын түзе отырып конденсацияланады.

Колоннаның төменгі бөлігінде будың жоғары ағынын қамтамасыз ету керек. Бұл үшін колоннаның төменгі жағына Q_B жылу (қайнатқыштың жылы) жасалады. Бұл ретте төменгі тарелкадан ағатын сұйықтықтың бөлігі бу ағынын түзе отырып буланады.

Бұл режимде t_D ең төмен температурасы колоннаның жоғарғы жағында, ал ең жоғары t_W – колоннаның төменгі жағында болады.

НКК байытылған d бағанының үстінен алынатын өнім *ректификат* деп аталады (немесе *дистиллят*), – ал ВКК байытылған W бағанының төменгі жағынан – *қалдық* деп аталады (немесе *төменгі өнім*).

Шикізат енгізілетін бағананың сол бөлігі *қоректендіру секциясы* немесе *эвапорациялық кеңістік* деп аталады, шикізатты енгізуден жоғары – *жоғарғы, концентрациялық* немесе *ныгайтушы*, ал шикізатты енгізуден төмен – *төменгі, кері* немесе *толық тұратын ректификациялық* бағананың бір бөлігі. Колоннаның екі бөлігінде де ректификация процесі өтеді. Колонналардың мақсатына байланысты толық, яғни концентрациялық және шалғайдағы бөліктері болуы немесе аталған бөліктерінің біреуі бар толық емес болуы мүмкін (43а-сурет). Бекіткіш бағананың тек жоғарғы бөлігі ғана болады және шикізат бағананың төменгі жағына беріледі (43 б-сурет). Отгон колоннасының төменгі бөлігі ғана болады және шикізат жоғарғы тарелкаға енгізіледі (43в-сурет).



49-сурет. Қарапайым (I) және күрделі (II) бағаналардың схемалары:

а – толық; б – ныгыздаушы; в – отарлы; г – негізгі бағанадан қосымша өнімдерді іріктеумен; д – булау бағанасынан қосымша өнімді іріктеумен.

Толық емес бағаналар бекіту бағанасының төменгі өнімінің немесе айдау бағанасының жоғарғы өнімінің тазалығына жоғары талаптар қойылмаған жағдайларда қолданылады. Мұндай колонналарда конденсатор мен қайнатқыштың болуы қажетті сұйық және бу жүктемелерін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қоспаны екі өнімге бөлетін қарапайым колонналармен қатар, іріктелетін өнімдердің саны екеуден асатын күрделі колонналарды да ажыратады (43 г, д-сурет). Бұл өнімдер қосымша бүйірлік погондар түрінде негізгі немесе буланған бағаналардан шығарылуы мүмкін.

5 Абсорбция және десорбция процестерінің физикалық мәні

Абсорбция – сұйық сіңіргішпен (абсорбентпен) газ қоспасының компоненттерін іріктеп сіңіру процесі. Газ қоспасындағы алынатын компоненттің парциалды қысымы осы газбен жанасатын сұйық абсорбентке қарағанда жоғары болған жағдайда, яғни абсорбцияның өтуі үшін газ бен абсорбент тепе-теңдік жағдайында болмауы қажет. Газ бен сұйықтықтағы алынатын компоненттің парциалды қысымындағы айырмашылық осы компоненттің газ фазасынан сұйық фазаның жұтылуы (абсорбциясы) әсерінен болатын қозғаушы күш болып табылады. Бұл қозғаушы күш неғұрлым көп болса, газ фазасынан сұйық компонентке соғұрлым қарқынды өтеді.

Өз табиғатында абсорбцияның екі түрі бар: *физикалық,* бұл кезде газдан компоненттерді алу абсорбентте ерігіштігі және алынатын компоненттердің абсорбенттің белсенді бөлігімен химиялық өзара әрекеттесуіне негізделген *химиялық (хемосорбция)* арқасында болады. Физикалық абсорбция жылдамдығы диффузиялық процестермен анықталады, хемосорбция жылдамдығы диффузия жылдамдығына және химиялық реакцияға байланысты.

Газ қоспасы компоненттерінің сіңуі абсорбция кезінде мөлшері сіңірілген компоненттердің qA еріту салмағына және жылуына пропорционалды жылу бөлінуімен бірге жүреді.

Сору процесі қайтымды, сондықтан ол сұйықтықтарда Газ ерітінділерін алу үшін ғана емес, сонымен қатар газ қоспаларын бөлу үшін де қолданылады. Бұл ретте газ қоспасынан газдың бір немесе бірнеше компоненттерін сіңіргеннен кейін сіңірілген компоненттердің абсорбенттен бөлінуін, яғни десорбцияны жүргізу қажет.

Абсорбентті таңдау кезінде бөлінетін газдың құрамын, процестің қысымы мен температурасын, қондырғының өнімділігін ескереді. Абсорбентті таңдау оның селективтілігімен, жұту қабілеттілігімен, коррозиялық белсенділігімен, құнымен, уыттылығымен және басқа да факторлармен анықталады.

Мұнай және газ өнеркәсібінде абсорбция процесі көмірсутекті газдарды бөлу, кептіру және тазалау үшін қолданылады. Табиғи және ілеспе мұнай газдарынан абсорбция жолымен бензиннің этан, пропан, бутан және компоненттері алынады; абсорбция табиғи газдарды күкірт, көміртегі диоксиді, көміртегі күкіртқышқылы, күкірт көміртегі, тиол (меркаптандар) және т.б. өндіру үшін пайдаланылатын қышқыл компоненттерден тазарту үшін қолданылады.

Көмірсутекті газдарды бөлу кезінде *абсорбенттер* ретінде бензинді немесе керосинді фракциялар, ал соңғы жылдары газ конденсаты, кептіру кезінде – диэтиленгликоль (ДЭГ) және триэтиленгликоль (ТЭГ) пайдаланылады. Газдарды қышқыл компоненттерден абсорбциялық тазарту үшін N-метил-2-пирролидон, гликоль, пропиленкарбонат, трибутилфосфат, метанол қолданылады; химиялық сіңіргіш ретінде моно- және диэтаноламиндер қолданылады.

5.1 Абсорберлердің конструкциялары

Бұл әдіс екі топқа бөлінеді: *беттік, барботаждық* және *шашыратқыш.*

Беттік абсорберлерде фазалардың жанасуының беті сұйықтық айнасы немесе ағатын пленканың беті (пленкалы абсорберлер) болып табылады. Бұл топқа еркін беті бар; үйілген және тұрақты саптамасы бар саптама; пленкалы, онда қабыршақ тік құбырлардың ішінде немесе табақтардың бетінде сұйықтықтың гравитациялық шынысы кезінде түзілетін; ортадан тепкіш

күштердің әсерімен қалыптасатын пленкасы бар механикалық пленкалы аппараттар жатады.

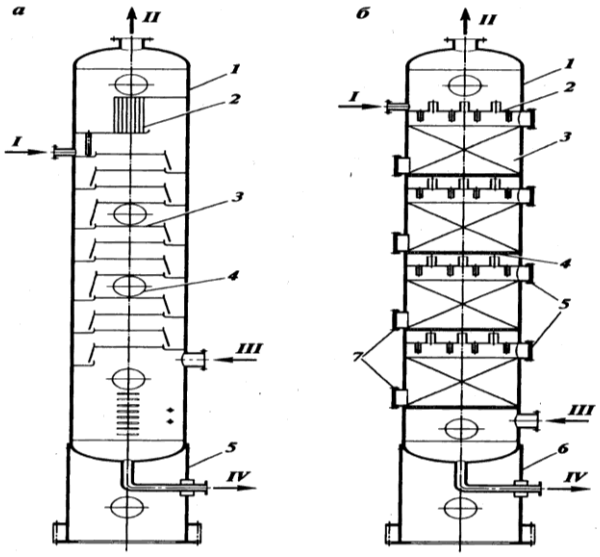
Барботажды абсорберлерде байланыс беті көпіршік және ағын түрінде сұйықтықта бөлінетін газ ағынымен дамиды. Бұл топқа фазалар арасындағы үздіксіз түйіспелі тұтас барботажды қабаты бар, тарелкалы типті, жылжымалы (жүзетін) саптамасы бар, сұйықтықты механикалық араластыратын аппараттар жатады.

Бүріккіш абсорберлерде контактінің беті сұйықтықты ұсақ тамшыларға бүрку жолымен түзіледі. Бұл топқа қуыс бүріккіш аппараттар, сұйықтық энергиясы есебінен бүріккіш, үлкен жылдамдықпен қозғалатын газ ағынының кинетикалық энергиясы есебінен абсорбентті бүріккіш, тез айналатын элементтермен сұйықтықты бүріккіш механикалық аппараттар жатады.

Мұнай-газ өндірісінде *тарелкалы* және *қондырмалы* абсорберлер кең таралған.

Тарелкалы абсорбер (44а-сурет) 1 корпустың жоғарғы бөлігінде абсорбенттің газ ағынымен кетуін болдырмайтын 2 тамшыопырғыш орнатылған тік аппарат болып табылады. Газ ағыны мен абсорбенттің түйісуі сол немесе басқа конструкциядағы 3 түйіспелі тәрелкелерде жүзеге асырылады. Абсорбердің ішкі құрылғыларын жөндеу және монтаждау үшін 4-5 тарелкадан кейін шартты диаметрі 450 мм кем емес 4 люктер-лаздар орнатылған.

Саптамалы абсорбер (44 б-сурет) жоғарғы бөлігінде 2 регенерацияланған абсорбенттің таратқышымен жабдықталған. Үйінді немесе тұрақты саптаманың қабаты 4 тірек торына тіреледі. Саптаманы тиеу және түсіру үшін 5 және 7 люктер қызмет етеді.



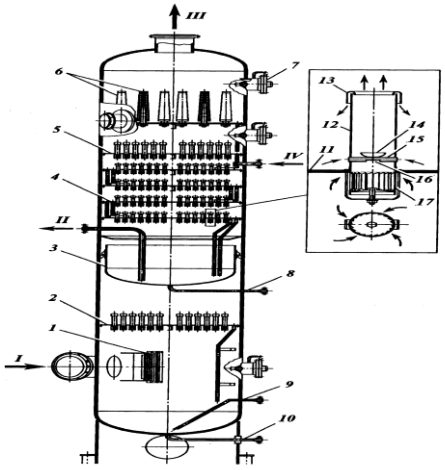
50-сурет. Абсорберлер:

а – тарелкалы; 1 корпус; 2 – тамшыопырғыш; 3 – тарелка; 4 – люк; 5 – тіреуіш ернеушек; б – саптама: 1 – корпус; 2 – тарату тарелкасы; 3 – саптама; 4 – тіреуіш тор; 5 – тиеу люктері; 6 – тіреуіш; 7 – саптаманы

түсіру люктері. Ағындар: I – қаныққаған абсорбент; II – құрғақ газ; III – шикі газ; IV – қаныққ абсорбент.

Әдетте мұнай ілеспе газдарын бөлу кезінде абсорберлердегі қысым 1,6-2,0 МПа, ал сағалық қысымы жоғары табиғи газ компоненттерін алу кезінде 4,0-7,5 МПа құрайды. Температура қолданылатын *хладагентке* байланысты және пропанды алу 40 ^{0}С, этанды алу 80-100 ^{0}С құрауы мүмкін. Өнеркәсіптік абсорберлердің диаметрі өнімділікке байланысты және 3 м жетеді, тәрелкелер саны 30-40 дана.

45-суретте үш секциядан тұратын көпфункционалды аппараттың конструкциясы көрсетілген. Осы секцияда тамшы сұйықтығын бөлу газ 1 торлы ағартқыш және 2 сепарациялық тәрелке арқылы өткен кезде жүзеге асырылады, онда орталықтан тепкіш элементтер орнатылған. Екінші секретация газды кептіруге арналған және орталықтан тепкіш типті түйіспелі элементтері бар 4 тәрелкесін қамтиды.



45-сурет. Табиғи газды тазалауға және кептіруге арналған көпфункционалды аппараттың құрылымы:

1 – торлы ағартқыш; 2, 5 – сепарациялық тәрелке; 3 – қаныққан гликольдің ішкі сыйымдылығы; 4 – ортадан тепкіш типті контактілі элементтері бар тәрелке; 6 – сүзгі-патрондар; 7 – люк-лаз; 8, 10 – дренажға арналған штуцер; 9 – сұйықтықты бұру штуцері; 11 – тарелканың төсемі; 12 – ортадан тепкіш элементтің цилиндрлік корпусы; 13 – шойник; 14 – конустық тостақ; 15 – сұйықтық беруге арналған түтік; 16 – тесік; 17 – тангенциалды қызғыш. Ағындар: I – шикі газ; II – гликольдің бай ерітіндісі; III – құрғақ газ; IV – гликольдің регенерацияланған ерітіндісі.

Әрбір тура ағынды ортадан тепкіш элемент диаметрі 60-100 мм 12 цилиндрлік корпустан тұрады және төменгі жағында тангенциалды бұрғышпен жабдықталған 17. Мұндай элементтердің әртүрлі модификацияларында тангенциалды бұйралаушы осьтік немесе құрамдастырылған болуы мүмкін. Тарелка төсемінен аз қашықтықта 11 орталықтан тепкіш элемент элементтің ортасына сұйықтықты беру үшін қызмет ететін 15 түтікшемен жабдықталған. Құбырдың үстінде элементтің

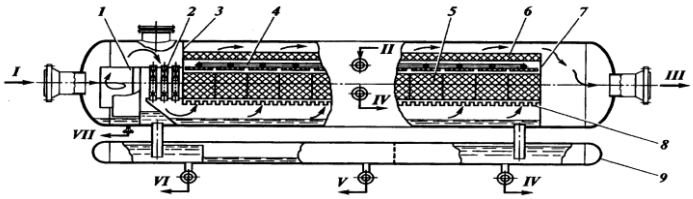
осі бойынша орталық бөлікте газ ағынының тарылуын қамтамасыз ететін 14 конус шыныаяқ орнатылған,бұл төменгі қысым аймағын құрайды. Төменгі бөлігінде 16 тесігі бар 15 түтікшедегі сұйықтық элементтердің ішіндегі қысымның азаюының арқасында элемент ішіне беріледі. Газ ағынымен байланысқан кезде сұйықтық элемент қабырғасына таралады және жоғары көтеріледі. Сұйық пленкасын газ ағынынан бөлу үшін бір жарым пішіндегі 13 ағартқыш қызмет етеді. Қанық гликоль ішкі сыйымдылықта 3 жиналады, ол регенерацияға жіберіледі. Газ жүрісі бойынша гликольді ұстаудың соңғы секциясы 5 сепарациялық тәрелкемен және 6 сүзгі-патрондар орнатылған тәрелкемен құрылған. Сүзгі-патрондар шыны талшығының 10-15 қабаттарын ораумен перфорацияланған цилиндрлік қаңқасы түрінде жасалған. Ішкі және сыртқы сүзгіш материалдың қабаты жеңдік тордың екі-үш қабатымен бекітілген.

Соңғы жылдары су басқан саптама режимінде жұмыс істейтін аппараттарға деген қызығушылық артты, бұл абсорбердің биіктігін азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен, шық нүктесінің – 25 ^{0}С температурасына дейін газды кептіру үшін биіктігі 600-1200 ММ саптама қабаты жеткілікті. Абсорбердің тұрақты диаметрінде оның өнімділігін ұзындығын арттыру арқылы арттыруға болады. Көлденең аппараттарды қолдану іргетастар мен қызмет көрсету алаңдарының құрылымын жеңілдетуге, өндірістік алаңдардың мөлшерін қысқартуға және жабдықты монтаждауға жұмсалатын шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Табиғи газды тазалау және кептіру үшін көлденең абсорбердің принципті сұлбасы 46-суретте көрсетілген. Абсорбер механикалық қоспаларды, қабаттық су мен конденсатты бөлу үшін алдын ала және жұқа сепарация сатысын; диэтиленгликольмен кептіру сатысын; гликольді ұстауға арналған сепарациялық бөлікті қамтиды.

Газ аппаратқа осьтік келте құбыр арқылы келіп түседі және 1 тангенциалды екі сепараторға беріледі, онда қабаттық судың негізгі массасы мен конденсат бөлінеді, ал газ жоғарыдан төмен өтетін 2 жұқа тазалау ортадан тепкіш сепараторларына жіберіледі. Бөлінген сұйық фаза абсорбер астында орнатылған 9 фазалық бөлгішке бөлінеді.

Бөлектелген газ сегментті арна бойынша 8 тарату торының астына жіберіледі, одан өтеді және диэтиленгликольмен байланыста болады, ол 4 суландырғыштардың көмегімен 5 саптама қабатына беріледі. Абсорбер су басқан саптама режимінде жұмыс істейді. Кептірілген газдан сыртқа шығарылған диэтиленгликоль тамшыларын ұстау үшін 6 тамшы сабын жинағыш өтеді,шығу камерасына және осьтік келте құбыры арқылы газ құбырына шығарылады. Қанық абсорбент регенерацияға ішінара корпус пен бүйірлік тік қалқалар арасында, ал ішінара фазалық бөлгіштен құралған кеңістіктен бөлінеді. ВНИИгазда жүргізілген тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар көлденең абсорбердің диаметрі 2,4 м және ұзындығы 26 м болғанда 8 МПа қысым кезінде 35 млн.м3/тәулігіне дейін газды өңдеуге болатынын көрсетті.



46-сурет. Табиғи газды тазалауға және кептіруге арналған көлденең абсорбердің принципті схемасы:

1 – тангенциальды сепараторлар; 2 – орталықтан тепкіш сепараторлар; 3, 7 – сегментті арақабырғылар; 4 – суландырғыштар; 5 – саптама; 6 – тамшы сабындау; 8 – тарату тор; 9 – фазалық бөлгіш. Ағындар: I – шикі газ; II – регенерацияланған гликоль; Ш – құрғақ газ; IV – қаныққан гликоль; V – конденсат; VI – су; VII – қабаттық су мен конденсат қоспасы.

6. Экстракция процесінің мәні және жүргізілуі

Экстракция деп алынатын компоненттерді жақсы еритін және бастапқы шикізаттың басқа компоненттерін шектеулі немесе іс жүзінде ерітмейтін еріткішпен өңдегенде сұйық (немесе қатты) фазаның компоненттерін іріктеп алу процесі аталады. Сондықтан экстракция кезінде қолданылатын еріткіштер *таңдау* немесе селективті деп аталады.

Мұнайды қайта өңдеуде экстракция процесі майлау майларын, дизельді отындарды тазарту, ауыр мұнай қалдықтарын деасфальтизациялау, пиролиз бензиндерінен хош иісті көмірсутектерді, риформинг өнімдерінен немесе жеңіл кокстеу газойлдарынан шығару, сарқынды сулардан жоғары қайнайтын немесе ұшпайтын компоненттерді және т.б. алу кезінде қолданылады. Еріткіштен және алынған компоненттерден тұратын ерітінді *экстракт* деп аталады, ал алынбаған компоненттер мен еріткіштен тұратын ерітінді *рафинатты* деп аталады.

Мұндай т.б. фенол, Фурфурол, N-метил-2-пирролидон, ДЭГ, су, сұйық пропан, бензол, диметилсульфоксидом, морфолинды туынды, сондай-ақ еріткіштерді пайдалана өндіру арқылы әр түрлі сұйық мұнай өнімдерінің бөлу үшін өндірістік жағдайларда. шикізат бар еріткіш араластыру туындаған кезде еріткіш және қоспаның қалған арасындағы оның компоненттерін қайтарымды. қажетті құрамдастарды шығарып алу үшін, сіз екі сұйық фазалардың арасында жарысы predelyayutsya-өтелетін құрамдас бөліктерден тұратын түзу-гендік жүйесін алу қажет. А ерітінді разбавленной ортасында тұрады және компоненттер қалпына, сығындысы деп аталатын, және өндірілген емес компоненттері мен еріткіштің қоса алғанда шешім, рафинате деп аталатын.

Еріткішті таңдағанда, әр еріткіш үшін тұрақты емес және процестің технологиялық жағдайларына және шикізаттың химиялық құрамына тәуелді болатын селективтілігін және ерігіштігін ескеріңіз. Еріткіштің селективті болу дәрежесі неғұрлым көп болса, құрамдас бөліктер онымен байланысқан сайын неғұрлым нақты бөлінсе, селективтіліктің көп үлестіру

коэффициентіне сай болуы қанық болады. Еріткіштің еріткіш сыйымдылығы неғұрлым жоғары болса, онда оны шығаратын компоненттердің массасы едәуір көбеюі мүмкін, сондықтан тұтынуды азайту қажет еріткіш.

Өңдеу процесіне еріткіш пен шикізаттың қатынасы ықпал етеді. Еріткіштің аз мөлшерде болған жағдайда ол бастапқы қоспадағы тиісті температурада толығымен еріп, біртекті ерітінді қалыптастырады. Көп мөлшерде еріткіште бастапқы қоспасы еріткіште толығымен ерітіліп, бір фазаны қалыптастырады. Еріткіш-жем беру коэффициентінің әрбір мәні осы қоспаның бір фазалық жүйені құрайтын және одан жоғары болатын белгілі бір температура мәніне сәйкес келеді.

Еріткіш температурасының жоғарылауы, еріткіштің еріткіш сыйымдылығының төмендеуі және оның селективтілігінің жоғарылауы еріткіште жақсы ериді және бастапқы қоспада нашарлайтын жүйеге компонент қосу арқылы қол жеткізіледі. Бұл әдіс, мысалы, мұнай мен фенолдың ерігіштігін төмендететін қосымша компонент ретінде суды пайдаланатын фенолмен майларды тазартуда қолданылады.

Тиімді экстракция үрдісі үшін ерітіндіні бөлуге болатын қоспамен қарқынды байланыстыруды қамтамасыз ету және процестің тиісті аспаптары арқылы анықталатын сығынды мен ерітінділерді тез бөліп алу қажет.

Экстракцияның негізгі әдістері. Аффинат және сығындылар ерітінділерінің сапасына қойылатын талаптарға байланысты, экстракция кезінде массалық тасымалдау фазасына байланысу бірнеше схемаларға сәйкес жүзеге асырылуы мүмкін. Алайда, кез келген экстракция үрдісі келесі кезеңдерді қамтиды: 1) еріткішті олардың қосылыстарымен қамтамасыз ету; 2) алынған қоспаның ерітіндіге және ерітінділерге бөлінуі.

Сондықтан экстракцияның бір сатысы әртүрлі құрылымдық модификация түрінде ұйымдастырылған араластырғыш пен қондырғыдан тұрады.

Экстракцияның сатыларының санына және оларды қосу әдісіне байланысты экстракция үрдісінің келесі түрлері бөлінеді: бір, көп және кері қарсы.

6.1 Экстракторлар. Экстракторлардың жіктелуі

Экстракция процесін тиімді жүзеге асыру үшін жанасатын фазалардың қарқынды өзара іс-қимылы қамтамасыз етілуі тиіс. Олардың өзара әрекеттесуінің әсері гидродинамикалық факторларға, Аппарат құрылымына, фазалардың түйісу тәсіліне байланысты.

Өнеркәсіпте экстракциялық аппараттардың әртүрлі конструкцияларының көп саны қолданылады; оларды екі негізгі топқа бөлуге болады: фазаларды араластыру тәсілі және фазаларды бөлу тәсілі бойынша.

I. *Фазаларды араластыру тәсілі бойынша* экстракторлар кіші топтарға бөлінеді:

1) Сатылардың белгілі саны бар (араластырғыш-тұндырғыш типті) сатылы типті аппараттар, олардың әрқайсысында фазалар түйіседі және

кейіннен бөлінеді. Жалпы жүйеде рафинатты және экстрактілі ерітінділер ағыны бойынша сатыларды тиісті қосу есебінен фазалардың қарсы қозғалысы жүзеге асырылады (63-сурет);

2) Фазалардың үздіксіз өзгеретін құрамы бар колонналық үлгідегі аппараттар. Колонналық аппараттар қуыс, саптама және тарелкалы болуы мүмкін. Колонналық типті аппараттарда фазалардың қарсы қозғалысы негізінен шикізат пен еріткіш тығыздығының немесе сәйкесінше рафинатты және экстрактілі ерітінділердің айырмасы есебінен жүзеге асырылады.

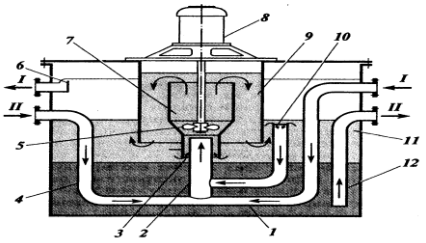
II. *Фазаларды бөлу тәсілі бойынша* экстракторлар кіші топтарға бөлінеді:

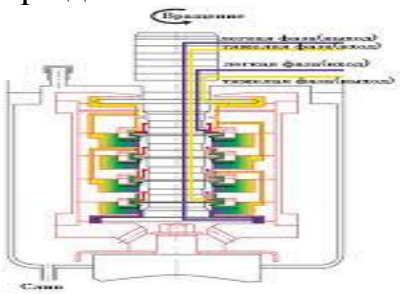
1) Тұндырғыш үлгідегі аппараттар;

2) Ортадан тепкіш аппараттар.

6.2 Экстракциялық аппараттардың құрылымы

Араластырғыш-тұндырғыш типті аппараттар. Байланысатын фазаларды араластыру үшін әртүрлі типті араластырғыштар, сонымен қатар өзара әрекеттесетін жеңіл және ауыр фазаларды тасымалдауды қамтамасыз ететін пропеллер сорғылары қолданылады. Түйіспелі аймақтан пайда болған қоспа жеңіл және ауыр фазалар бөлінетін тұндырғыш аймаққа шығарылады, содан кейін аппараттың тиісті сатыларына түседі.





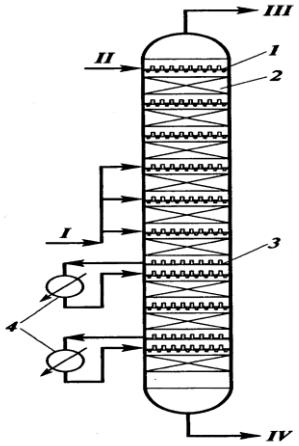
53-сурет. Араластырғыш-тұндырғыш типті экстрактор сатысының (секциясының) схемасы:

1 – жеңіл фазаны енгізу құбыры; 2 – араластырғыш құбыр; 3 – эмульсияны рециркуляциялауға арналған сақиналық арна; 4 – ауыр фазаны енгізу құбыры; 5 – пропеллерлік сорғы; 6 – жеңіл фазаны шығаруға арналған коллектор; 7 – араластыру камерасы; 8 – жетек; 9 – айналма камера; 10 – эмульсияны рециркуляциялау құбыры; 11 – тұнбалы кеңістік; 12 – ауыр фазаны шығару құбыры. Ағындар: I – жеңіл фаза; II – ауыр фаза.

Араластырғыш-тұндырғыш типті аппараттың бір сатысының сұлбасы 47-суретте келтірілген. 1 құбыр бойынша экстракцияның аралас сатысынан жеңіл фазаның ерітіндісі, ал 4 құбыр бойынша ауыр фазаның ерітіндісі 5 пропеллер сорғысын қабылдауға түседі. Мұнда 10 құбыр және 3 сақиналы арна арқылы тұндырғыш кеңістіктің жоғарғы және төменгі қабатынан эмульсия түседі. 10 құбыр мен 3 арнаны орнату деңгейі рециркуляциялаушы жеңіл және ауыр фазаның үлесін анықтайды. 7 араластыру камерасынан өтіп, жеңіл және ауыр фазалардың қоспасы 9 дөңгелек камераға, ал одан 11 тұндырғыш кеңістікке түседі. Тұндырғыштың төменгі жағындағы ауыр фаза

12 құбыр бойынша экстрактордың келесі сатысына шығарылады. Жеңіл фаза 6 коллектор арқылы тұндырғыш аймақтың жоғарғы бөлігінен шығарылады.

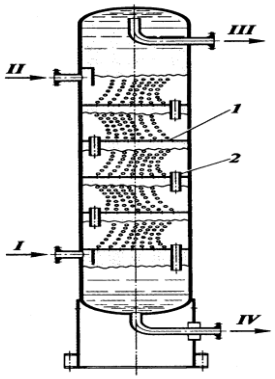
53-суретте майларды фурфуролмен тазалауға арналған экстракциялық колонна көрсетілген, онда фазалардың түйісуі Рашиг сақинасынан жасалған көлемі 25 х 25 мм болатын саптама көлемінде жүзеге асырылады. Саптама секцияларының арасында колонна қимасы бойынша ағындарды біркелкі бөлуге ықпал ететін 1 тарату тәрелкелері бар. Тарату тарелкасының диаметрі 100 мм-ге дейінгі келтеқұбырлары бар жеңіл фазаның өтуі үшін және тесік немесе ауыр фазаның өтуі үшін диаметрі 10 мм-ге дейінгі келтеқұбырлардың негізі болады. Сығынды ерітіндіні салқындатуға шығару 3 бітеу тәрелкемен жүзеге асырылады. Еріткіш және салқындатылған ерітінді колоннаға 1 тарату тарелкаларына немесе арнайы аналықтар арқылы енгізіледі.



54-сурет. Қондырмалы экстракциялық колоннаның сызбасы:

1 – тарату тәрелкесі; 2 – Рашиг сақинасынан жасалған саптама қабаты; 3 – саңырау тәрелке; 4 – аралық тоңазытқыштар. Ағындар: I – шикізат; II – еріткіш; III – рафинатты ерітінді; IV – экстрактілі ерітінді.

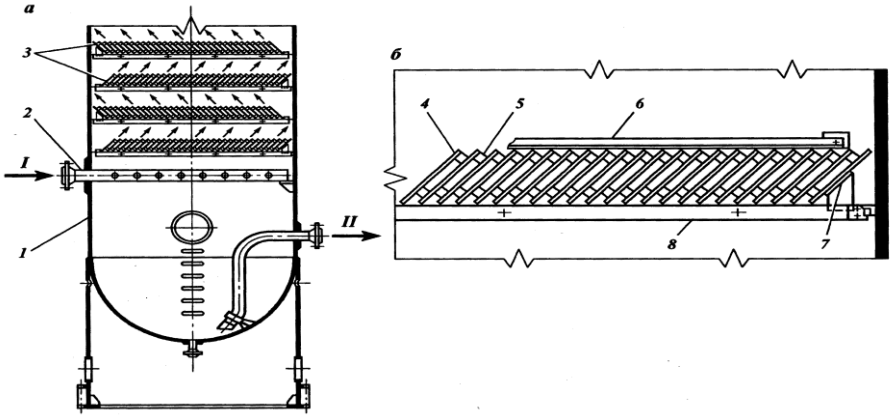
Елекше тектес табақтары бар тізбектелген экстракторларда (49-сурет) жеңіл де, ауыр да фазаны диспергирлеу қамтамасыз етілуі мүмкін. Соңғы жағдайда 2 құю келтеқұбырлары жоғары бағытталған, ал ауыр фазаның тірек қабаттары тарелкалардың үстінен құралады. 1 електі тарелкаларда диаметрі 3-9 мм тесіктер болады, 12-20 ММ қадаммен тең жақты үшбұрыштың шыңдары бойынша орналасқан. Дисперсті фазаның қозғалыс жылдамдығы тәрелкенің тесігі арқылы 0,15-0,3 м / с шегінде қабылданады.



55-сурет. Електі тарелкалары бар экстрактор схемасы:

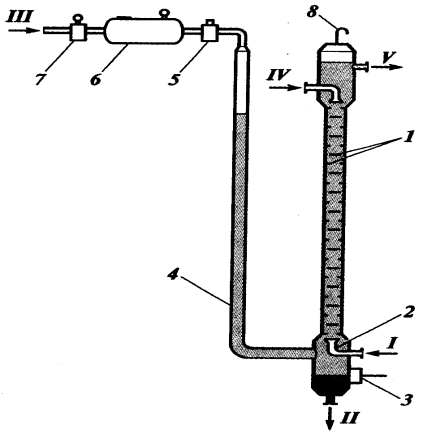
1 – електі тарелка жаймасы; 2 – құю келтеқұбыры. Ағындар: I – шикізат; II – еріткіш; III – рафинатты ерітінді; IV – экстрактілі ерітінді.

Экстракциялық колонналарда пропанмен деасфальтизациялау үшін жалюзиялық тәрелкелер қолданылады. 50-суретте мұндай бағананың төменгі бөлігінің схемасы көрсетілген. Жалюзиялық тәрелке 4 пластинадан тұрады, олардың көлбеу бұрышы 7 бағыттаушы тіреумен беріледі. 5 қашықтық қабырғаларының арқасында пластиналар арасында жеңіл және ауыр фазалар өтетін арналар пайда болады. Көлбеу пластиналар 8 тірек арқалықтарына орнатылған және жоғарыдан 6 бұрышпен бекітілген. Экстракция кезінде пайда болатын ауыр фаза (пропандағы асфальт заттардың ерітіндісі) түсіріледі, ал жеңіл фаза (негізінен сұйық пропан мен май бөлігінен тұратын рафинатты ерітінді) көтеріледі. Ауыр және жеңіл фазалар тарелка арналарында қарсы қозғалады, ал келесі тарелка арналарына кіргенде қозғалыс бағытын өзгертеді. Мұндай тәрелкелердің тиімділігі жеткіліксіз жоғары және басқа типті тәрелкелер мен саптамалардың тиімділігіне жол береді,алайда олардың конструкциясы салыстырмалы қарапайым. Қондырмалы және тәрелкелі колонналардың тиімділігі көп жағдайларда пульсациялаушы ағындарды қолдану есебінен жоғарылауы мүмкін.



56-сурет. Пропанмен деасфальтизациялауға арналған экстракциялық бағананың сызбасы:

а – бағананың төменгі бөлігі; б – жалюзиялық тәрелке; 1 – бағананың корпусы; 2 – коллектор; 3 – жалюзиялық тәрелке; 4 – пластиналар (жалюздер); 5 – дистанциялық қабырға; 6 – бұрыш; 7 – бағыттаушы тірек; В – тірек қаңқасының арқалығы. Ағындар: I – шикізат; II – ауыр фаза (пропандағы асфальт заттар ерітіндісі).

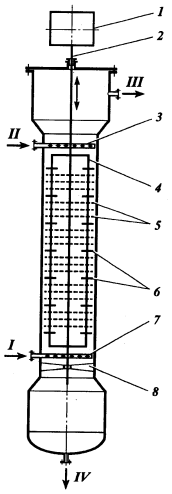


57-сурет. Otto H. Уогк Сомрапу, Іпс фирмасының пульсациялық экстракторы

1 – контактілі құрылғылар; 2 – таратқыш; 3 – фазалар бөлімінің бетін бақылау жүйесі; 4 – пульсациялық құбыр; 5 – пульсатор; 6 – буферлік сыйымдылық; 7 – сақтандырғыш клапан; 8 – ауа. Ағындар: шикізат: 1 – жеңіл фаза; IV – ауыр фаза; бөліну өнімдері: II – ауыр; V – жеңіл; III – ауа немесе азот.

Пульсациялық экстрактор (51-сурет) пульсациялық импульстерді 5 пульсатор деп аталатын тербелістің автономды генераторынан беру үшін биіктігі бойынша кезектесетін шайбалар мен дискілер түрінде корпуста қатты бекітілген 1 контактілі құрылғылармен және 4 пульсациялық құбырмен жарақтандырылған. Жұмыс денесі ретінде пульсациялық тербелістерді жасау кезінде әдетте газды (ауаны) пайдаланады, ал пульсатор ретінде ең кең өндірістік қолдану алтынды тарату механизмдерін тапты.

52-суретте дірілді экстрактордың сұлбасы келтірілген, онда көлденең перфорацияланған 5 пластиналар 2 штангамен 4 өзек жүйесімен қатты байланысқан және жұмыс кезінде жиілігі мен амплитудасы бойынша бірдей (синхронды) тербелістерді жасайтын. Перфорацияланған пластиналардың пакеттері арасында 6 түйісетін фазаларды біркелкі араластыру үшін орналасқан.



58-сурет. Діріл экстракторы:

1 – тербеліс жиілігінің вариаторы; 2 – штанга; 3, 7 – таратқыштар; 4 – өзек; 5 – тесілген пластиналар; 6 – штанганың қалқандары; 8-штанганың

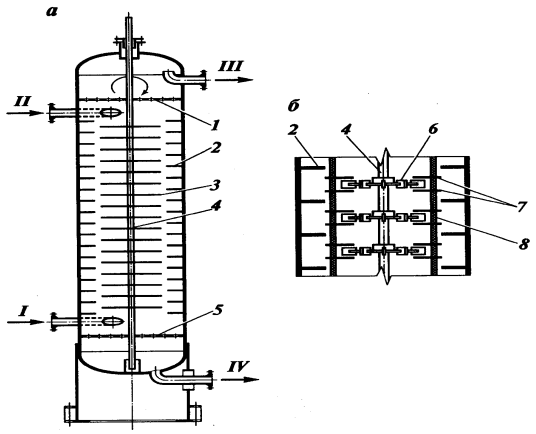
төменгі тірегі. Ағындар: шикізат: I – жеңіл фаза; IV – ауыр фаза; бөліну өнімдері: II – ауыр; Ш – жеңіл.

Басқа конструкцияларда тербелмелі саптама бірдей жиілікпен тербелмелі қозғалыстарды жасайтын екі дербес пакетке жиналған, бірақ фаза бойынша кезеңнің жартысына жылжыған, нәтижесінде пакеттер қарама-қарсы бағыттарда қозғалады(асинхронды). Сонымен қатар саптама аппараттың бойлық осіне көлденең немесе оған бұрышпен тербеліс жасайтын аппараттар ұсынылған.

Діріл аппараттарының тұндырғыш аймақтарында фазаларды коалесценциялау және сепарациялау үшін қолайлы жағдайлар жасалған, өйткені осы аймақтардағы жұмыс ортасы тербелмелі қозғалыстар жасамайды. Әрбір типтегі аппарат үшін экстракция процесінің қарқынды жүруін қамтамасыз ететін оңтайлы амплитудасы мен тербеліс жиілігі бар.

Дірілдеу аппараттарының құнына төмен үлестік күрделі салымдар мен эксплуатациялық шығындарды жатқызуға болады. Олар конструкциясы бойынша қарапайым, аз металл сыйымдылығы бар, қарапайым жетегі бар, масса алмасудың жоғары тиімділігі кезінде үлкен өнімділікке ие. Колонкалы типті аппараттарда жеңіл және ауыр фазаларды бөлу деңгейі әр түрлі биіктікте болуы мүмкін.

Фазалардың бөлуінің деңгейінен төмен-ауыр фаза, ал диспергирленген жеңіл. Бөлім деңгейінен жоғары тұтас фаза жеңіл, ал диспергирленген фаза – ауыр болып табылады. Фазалардың бөлімі деңгейінің жағдайы экстракциялау процесін жүргізу жағдайларына байланысты таңдалады.



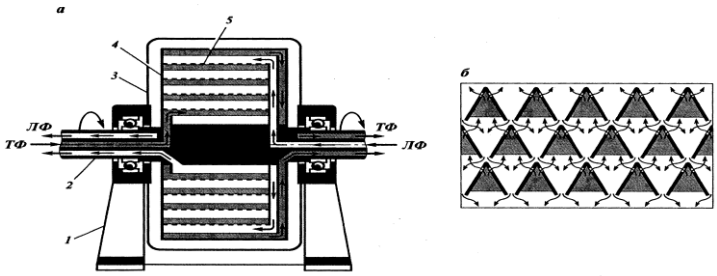
59-сурет. Ротациялық дискті экстрактор:

а – ротациялық дискілік экстрактордың схемасы; б – Otto h.Уогк Сомрапу, Inc ротациялық дискілік экстрактордың байланыс аймағының схемасы; 1, 5 – тарату торлары; 2 – статор сақинасы; 3 – ротор дискі; 4 – ротор білігі; 6 – қалақша; 7 – көлденең сақиналы ұрғылар; 8-тор. Ағындар: шикізат: I – жеңіл фаза; II – еріткіш; III – жеңіл фаза; IV – ауыр фаза.

Ротациялық типті аппараттар. Экстракция процесі ротациялық үлгідегі аппараттарда да тиімді жүзеге асырылады,онда фазаларды контактілеу және бөлу үшін ортадан тепкіш күштер пайдаланылады.

59б-суретте майларды тазалау кезінде қолданылатын колонналық дискілік экстрактор бейнеленген. Аппарат 2 статор сақиналары сериясының көмегімен тік цилиндрлік корпуста құрылған бірқатар секциялардан тұрады. Статор сақиналары арасында 4 айналмалы білікке бекітілген 3 жалпақ дискілер орналасқан. Дискілерді айналдыру кезінде фазалардың жақсы түйісуі қамтамасыз етіледі. Жалпы аппарат бойынша жеңіл және ауыр фазалардың қарсы қозғалысы құрылады.

60-суретте роторы тұманға қарсы ауыр және жеңіл фазалардың түйісуін қамтамасыз ететін қандай да бір конструкциялы саптамасы бар ортадан тепкіш экстрактор келтірілген. Жеңіл фаза 4 ротор периферииясына түседі, ал ауыр – айналу осіне жақын. Орталықтан тепкіш күштердің әсерімен ауыр фаза саптама арналарында ротордың периферияcына, ал жеңіл – перифериядан айналу осіне жылжиды.



60-сурет. Ортадан тепкіш экстрактор схемасы:

а – орталықтан тепкіш экстрактордың схемасы; б – ағысты бітелген саптама элементінің схемасы; 1 – тұғыр; 2 – ротор білігі; 3 – қаптау; 4 – ротор; 5 – перфорацияланған концентрациялы цилиндрлер. Ағындар: ЛФ – жеңіл фаза; ТФ – ауыр фаза.

Екі фазаны енгізу және шығару айналмалы 2 білігінде арнайы арналар арқылы жүзеге асырылады. Мұндай экстракторлардың ерте үлгілерінде спираль түрінде оралған (шамамен 30 орам) және сұйықтықтардың өтуі үшін тікбұрышты қиманың арналарын құрайтын таспа қолданылды. Бұл каналдарда сұйықтықтар ағынға қарай қозғалады және бір-бірімен тығыз байланыста келеді. Соңғы үлгілердің экстракторларында тесіктері немесе сілтілері бар 5 перфорацияланған концентрациялы цилиндрлер орнатылған.

Соңғы жылдары центрден тепкіш экстракторларда фазалардың ағындық аяқталуымен саптама қолданылған (62 б-суретті қараңыз), ол өнімділік және бөлу қабілеті бойынша үздік көрсеткіштермен сипатталады. Бұл қондырма екі фазаның бір-біріне қарама-қарсы жиналуын және өтуін қамтамасыз ететін элементтерден тұрады. Фазаларды байланыстырғаннан кейін олар ыдырайды. Жеңіл фаза конус тәрізді элементтердің шыңында жиналады және конус тәрізді элементтердің негізінде тесіктер арқылы өтетін ауыр фазадағы тұманға қарсы тесіктер арқылы ағады.

6.3 Экстракциялық аппараттардың негізгі өлшемдерін есептеу

Үшбұрышты диаграмма немесе *X–Y* диаграммасының көмегімен берілген құрам өнімдерін алу үшін қажетті N_T түйіспесінің теориялық сатыларының саны анықталады. Есептеу әр сатыда тепе-теңдік жағдайына қол жеткізу туралы жорамалдарға негізделеді. Нақты жағдайларда жүйе әдетте тепе-теңдік жағдайына жетпей қалады, сондықтан $N_Д$ *экстракция сатыларының нақты саны* үлкен болады

$$N_Д = N_T / \eta, \qquad (36)$$

және теңдеуі бойынша анықталады.

мұнда η – контактілі құрылғының түріне, фазалардың жылдамдығына, олардың физикалық-химиялық қасиеттеріне, аппарат жұмысының гидродинамикалық режиміне және басқа да факторларға байланысты *контактілі сатының тиімділігі.*

Контактілік сатының араластырғыш-тұндырғыш тиімділігітипінің экстракторлары үшін η = 0,75÷0,95 байланыс сатысы құрайды, елек тектес табақтары бар бағаналық экстракторлар үшін – η = 0,25÷0,45.

Араластырғыш-тұндырғыш түріндегі экстракторлардың мөлшерін есептеу араластыру және тұндыру процестерінің заңдылықтарына негізделген.

Саптамасы бар колонналық түрдегі экстракторлар үшін $H_{нас}$ саптамасы биіктігін есептеу теңдеуі бойынша жүргізіледі: $H_{нас} = H_T \cdot h_э$, (37)

мұнда $h_э$ – бір теориялық сатыға баламалы саптама биіктігі.

Қондырмасы бар экстракциялық колонналардың көпшілігі үшін hэ = 1,5÷3 м. Алайда, көп жағдайда $h_э$ шамасын эксперименталды түрде анықтайды.

Экстракциялық бағананың жалпы биіктігі рафинатты және экстракт ерітінділерге арналған бағананың жоғарғы және төменгі бөліктерінде тұндырғыш аймақтардың биіктігін есепке ала отырып анықталады.

Екі фазаның қарсы қозғалысы туралы жалпы ұғымдарға сәйкес саптама колонналық экстракторлардағы фазалардың шекті жылдамдықтарын есептеу теңдеуі бойынша жүргізуге болады: $Y = 1{,}2 \cdot e^{-4X}$, (38)

мұнда

$$Y = \frac{W_c^2 f \rho_A}{g \varepsilon^3 \Delta\rho} \left(\frac{\mu_c}{\mu_B}\right)^{0,16} \left(\frac{\sigma_{СД}}{\sigma_{СВ} - \sigma_{ДВ}}\right)^{0,2}; \qquad (39)$$

$$X = \left(\frac{G_Д}{G_C}\right)^{1/4} \left(\frac{\rho_Д}{\rho_T}\right)^{1/8}; \qquad (40)$$

W_C – тұтас фазаның қозғалыс жылдамдығы, м/с;

F – саптаманың үлестік беті, м^2/м^3;

ε – саптаманың салыстырмалы бос көлемі, м^3/м^3;

$\rho_{Т}$, $\rho_{Д}$, $\Delta\rho$ – ауыр және жеңіл фазалардың тығыздығына және олардың айырмасы, кг/м^3;

$\mu_{С}$, $\mu_{В}$ – тұтас фаза мен судың тұтқырлығы, м /Па • с;

$\sigma_{СД}$, $\sigma_{СВ}$, $\sigma_{ДВ}$ – шекарадағы беттік керілу тиісінше тұтас және дисперсиялық фазалар, тұтас фазалар мен су, дисперсиялық фазалар мен су, Н/м;

$G_{Д}/G_{С}$ – дисперсті және тұтас фазалардың массалық ағындарының қатынасы.

Әдетте $F_{К}$ экстракциялық бағанасының көлденең қимасын есептеу үшін кейбір қоры бар тұтас фазаның жылдамдығы 80% тең деп қабылданады.

Таңдалған еріткіштермен тазаланған жағдайда $F_{К}$ бағанасының көлденең қимасының ауданын теңдеуі бойынша анықтауға болады:

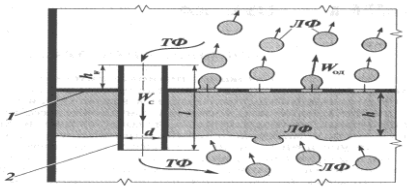
$$F_K = V / V_{ДОП}, \qquad (41)$$

мұнда V – шикізат пен еріткіш көлемдерінің сомасы, м^3/(м^2·сағ).

$V_{ДОП}$ – рұқсат етілген көлемді жылдамдық, м^3/(м^2·сағ).

Колонналық экстрактор мен қолданылатын еріткіштің құрылымына байланысты әдетте $V_{ДОП}$ шамасы 20÷40 м^3/(м^2·сағ) шегінде қабылданады.

Електі тәрелкелерді гидравликалық есептеу кезінде егер дисперсті жағдайда ауыр фаза болса, немесе егер дисперсті жағдайда жеңіл фаза болса, тәрелканың астында тарелкада пайда болатын дисперсті фаза қабатының биіктігін анықтау қажет (55-сурет).



55-сурет. Экстракциялық бағананың електелген тәрелкесінің сызбасы:

1 – елек тектес табақ; 2 – құю келтеқұбыры.

Ағындар: ЖФ – жеңіл фаза; АФ – ауыр фаза.

Қабаттың биіктігі 1 табақшасы арқылы дисперсиялық фазаны өту үшін қажетті арынмен анықталады. Суланушылықты ескерусіз h шамасын келесі кедергілердің сомасы ретінде анықтауға болады: $h = h_1 + h_2 + h_3$, (42)

мұнда h_1 – тарелка арқылы дисперсиялық фазаның ағымында кедергілерді жеңуге жұмсалатын арын, м;

h_2 – құятын келте құбырлардағы тұтас фазаның қозғалысы кезінде үйкеліске жұмсалатын арын, м;

h_3 – құю келте құбырлары арқылы өту кезінде тұтас фазаны қысуға және кеңейтуге арынды жоғалту, м.

Кедергі шамалары теңдеулер бойынша анықталады:

$$h_1 = \frac{W_{ОД}^2}{2gC^2}\frac{\rho_Д}{\Delta\rho}; \qquad (43)$$

$$h_2 = \lambda \frac{1}{d} \frac{W_c^2}{2g} \frac{\rho_C}{\Delta\rho};$$

(44)

$$h_3 = \frac{1{,}5W_c^2}{2g} \frac{\rho_C}{\rho_Д};$$

(45)

мұнда $W_{ОД}$ – тәрелканың тесігі арқылы дисперсиялық фазаның қозғалыс жылдамдығы, м/с;

W_C – құятын келте құбырлардағы тұтас фаза ағынының қозғалыс жылдамдығы, м/с;

C – өту кезіндегі жылдамдық коэффициенті, C = 0,5÷0,7;

Λ – құбырдағы ағынның қозғалысы кезіндегі үйкеліс коэффициенті;

$\rho_Д$, ρ_C, $\Delta\rho$ – дисперсиялық және тұтас фазалардың тығыздығына және олардың айырмасы, кг/м^3.

Тәрелкенің астындағы h сұйықтығының деңгейі құю келтеқұбырларының төменгі кесігінен төмен түсірілмеуі тиіс, яғни шарт орындалуы тиіс (55-сурет):

$$h \le 1 - h_W.$$

(46)

6 Адсорбция. Адсорбция процесінің мәні

Адсорбция деп газдардың (булардың) немесе сұйықтықтардың қатты денелердің *(адсорбенттердің)* бетіне сіңіру процесі аталады. Адсорбция молекулалардың құрылымымен ерекшеленетін компоненттердің газ тәрізді және сұйық қоспаларын бөлудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Басқа массаалмасу процестерімен салыстырғанда бастапқы қоспада алынатын компоненттердің аз мөлшері жағдайында оны тиімді пайдалану. Қатты зат, оның бетінде немесе бөлігінде сіңірілетін заттың концентрациясы болады, ол *адсорбент* деп аталады. *Адсорбенттен* тыс орналасқан сіңірілетін зат *адсорбтив* деп аталады, ал ол адсорбцияланған күйге өткеннен кейін *адсорбат* деп аталады.

Адсорбцияның екі түрі бар – *физикалық және химиялық.* Адсорбент бетіндегі сіңірілген зат молекуласының физикалық адсорбциясы кезінде онымен химиялық әрекеттесуге жатпайды. Физикалық адсорбция экзотермиялық процесс болып табылады. Газ бен булардан адсорбция жылуы олардың конденсация жылулығына тең, ерітінділерден адсорбция жылулығы біршама аз.

Адсорбциялық бөліну процесі адсорбенттің белсенді беті (немесе ЖҰЖ көлемі) адсорбаттың молекулаларымен толтырылған кезде тоқтатылады. Сіңірілген компоненттердің адсорбенттен бөлінуі *десорбция* деп аталады.

Қандай да бір қоспаны адсорбция әдісімен бөлу мүмкіндігі оның құрамына кіретін компоненттердің *адсорбциялану* шамасына байланысты. Заттардың адсорбциялануы олардың табиғатына, молекулалардың құрылымына, сондай-ақ табиғатына және адсорбенттің құрылымына (меншікті бетінің шамасы, тесіктер және т.б.) байланысты. Көмірсутектердің адсорбциялануы әдетте олардың молекулалық массасының ұлғаюымен өседі,

алайда олардың молекулаларының құрылымы мен өлшемдері едәуір әсер етеді.

Сипаттамалары адсорбенттер. Адсорбенттерге қойылатын талаптар.

Адсорбциялық бөліну процесі үшін кеуек беті өте дамыған қатты кеуекті материалдар қолданылады. Тесіктердің меншікті беті 200-ден 1700 $м^2$/г-ға дейін, ал поралардың орташа радиусы 2-ден 100 А-ға дейін құрауы мүмкін. Адсорбенттер таблеткалар немесе диаметрі 2-ден 6 мм-ге дейінгі шариктер, сондай-ақ бөлшектері 20-дан 500 мкм-ге дейінгі ұнтақтар түрінде дайындалады.

Адсорбенттер ретінде белсендірілген көмір, силикагель, алюмосиликаттар, цеолиттер және т.б. қолданылады.

Цеолиттер немесе молекулалық елекіштер – натрий, калий немесе басқа элементтердің алюмосиликаттары болып табылатын елекіштің тұрақты құрылымы бар синтетикалық немесе табиғи адсорбенттер.

Адсорбенттердің маңызды сипаттамасы олардың белсенділігі немесе тепе-теңдік жағдайында адсорбент салмағының бірлігіне келетін адсорбцияланған заттың массасын түсінетін а сыйымдылығы болып табылады:

$$a = \frac{G_A}{g_A}. \qquad (47)$$

.

мұнда G_A – сіңірілген компоненттердің массасы;

g_A – адсорбенттің массасы.

Адсорбенттің белсенділігі қоспаның әртүрлі компоненттеріне қатысты әртүрлі. Адсорбент түрін таңдау кезінде көп циклды жұмыс кезінде белсенділікті сақтаудың маңызы зор. Бұл мәселе адсорбция циклдері үшін *адсорбция – десорбция* мерзімді әсер ету қондырғыларына қарағанда едәуір үлкен жиілікпен кезектесетін адсорбция қозғалмалы немесе псевдожіженді қабаты бар үздіксіз әрекет ету қондырғыларында адсорбция процесін жүргізу кезінде ерекше маңызды.

Өнеркәсіптік адсорбциялық қондырғыларда адсорбциялық қабілетін қалпына келтіру мақсатында адсорбентті регенерациялауды жүргізу қажет. Сондықтан адсорбция кезеңі аяқталғаннан кейін адсорбенттен сіңірілген компоненттерді десорбциялау сатысы жүзеге асырылады.

6.1 Адсорбция (десорбция) процесін есептеу

Алынатын компонент бойынша адсорбцияның материалдық баланс теңдеуі келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$G_A = g_A(a_к - a_н) = G_0 y_н - G_к y_к \qquad (48)$$

немесе

$$\frac{g_A}{G_0} = \frac{y_н - \frac{G_к}{G_0} y_к}{a_к - a_н},$$

(49)

мұнда G_A – алынатын компоненттің массасы;

иә g_A – адсорбенттің массасы;

$a_н$, $a_к$ – бастапқы және өңделген адсорбенттің алынатын компоненті бойынша белсенділігі;

G_0 – бастапқы газ қоспасының салмағы;

$G_к$ – адсорберден шығатын газ қоспасының салмағы;

$y_н$, $y_к$ – а дсорберден кіру және шығу кезінде газ қоспасындағы алынатын компоненттің жаппай шоғырлануы.

Теңдеу (49) егер G0 ≈ Gк болса немесе компоненттердің концентрациясы бастапқы шикізат ағынына жатқызылған жағдайда (көп компонентті қоспаның абсорбциясын есептеуді қараңыз), келесі түрге келтірілуі мүмкін:

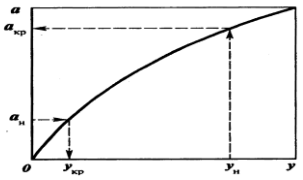
$$\frac{g_A}{G_0} = \frac{y_н - y_к}{a_к - a_н}.$$

(50)

Келтірілген теңдеулер мерзімді әрекет ететін адсорберге жүктелген адсорбенттің иә массасын анықтау үшін немесе адсорбенттің қозғалмалы қабаты бар үздіксіз әрекет ететін адсорбері үшін G_A/G_0 адсорбенттің үлестік шығынын табу үшін, сондай-ақ адсорбция кезінде алынатын G_A затының массасын анықтау үшін қолданылады. Адсорбенттің стационарлық қабаты бар мерзімді әрекет ететін адсорбер жағдайында алынатын G_A компонентінің саны τ_A адсорбция сатысының ұзақтығына сәйкес келеді.

Адсорбенттің үлес шығыны g_A/G_0 едәуір дәрежеде процестің жалпы экономикалық көрсеткіштерін анықтайды. Сондықтан алынатын компоненттер салыстырмалы түрде аз мөлшерде болатын шикізатты өңдеу кезінде адсорбциялық бөліну процесі экономикалық жағынан ақталған.

Адсорбция процесін есептеу кезінде бастапқы қоспаның салмағы G_0 және ондағы алынатын компоненттің бастапқы концентрациясы берілуге тиіс, ал $a_к$ және $y_к$ шамалары адсорбция изотермасы бойынша анықталуы мүмкін. Процестің басында $a_к$ белсенділігі адсорбентті толық регенерациялаумен анықталады. Адсорбенттің қозғалатын қабаты бар адсорберлерде тепе-теңдік жағдайына жеткенде адсорбаттың (адсорбенттің белсенділігі $a_к$ тең) бастапқы шикізатпен тепе-теңдікте болады, яғни $a_к = a_{кр}$, ал адсорберден кететін газ ағыны бастапқы адсорбентпен тепе-тең болады, яғни $y_к = y_{кр}$ ук = укр (56-сурет).



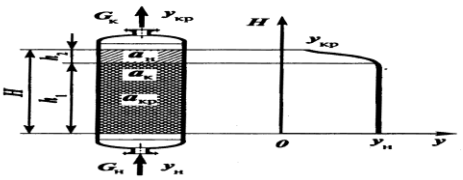
56-сурет. Адсорберден шығатын ағындардағы концентрацияны анықтауға арналған кесте.

57-суретте жүйенің тепе-теңдік жай-күйіне жақындау шартымен алынатын компоненттің концентрациясын қабаттың биіктігі бойынша бөлу

схемасы келтірілген. h қабатының биіктігі шегінде адсорбент бастапқы газбен тепе-теңдік жағдайына сәйкес келетін $a_{кр}$ белсенділігіне дейін толығымен пысықталған. Шығудағы h_2 қабатының кейбір биіктігі алынатын компонент концентрациясының ун-дан укр-ге дейін кепілді төмендеуін қамтамасыз етеді; адсорбенттің белсенділігі тиісінше $y_{н\text{-}ден}$ $y_{кр}$ дейін өзгереді. Адсорбенттің стационарлық қабаты бар адсорбердің материалдық балансын есептеу үшін адсорбенттің барлық массасындағы алынатын компоненттің орташа құрамы $a_к$ -нің шамасы болады.

Адсорбентті өзгермеген жүктеу кезінде h_2/h_1 адсорбент қабаттары биіктігінің қатынасы H қабатының жалпы биіктігіне байланысты.

Десорбцияның материалдық балансын есептеу үшін сол (63) – (64) теңдеу пайдаланылады, онда $G_к$ және G_0 – тиісінше десорбциялаушы агенттің және адсорберден шығу ағынының массасына тең; $y_к$ және $y_н$ – бастапқы десорбциялаушы агентте және аппараттан кететін ағында алынатын компоненттің шоғырлануы. Бұл теңдеулерден $G_к$ десорбациялаушы агентінің шығыны анықталады.



57-сурет. Аадсорбенттің стационарлық қабатының биіктігі бойынша алынатын компоненттің концентрациясын бөлу.

Берілген бастапқы шамалар кезінде ($a_к$ адсорбциясы сатысының соңында адсорбентте алынатын компоненттің құрамы және $y_к$ бастапқы десорбциялаушы агентінде) $a_н$ және $y_н$ шоғырлануын есептеу үшін қажетті десорбция жүзеге асырылатын температура үшін құрылған адсорбция изотермасының көмегімен табылуы мүмкін (57-сурет).

Келтірілген теңдеулер мен графиктер газ тәрізді және сұйық шикізат үшін де әділ.

6.2 Адсорберлер. Адсорберлердің құрылысы мен жұмыс істеу принципі

Адсорбциялық бөлу кезінде мынадай негізгі кезеңдерді жүзеге асыру талап етіледі.

Адсорбция – бөлінуге жататын қоспаның адсорбентпен түйісуі, оның нәтижесінде қоспаның белгілі бір компоненттері адсорбцияланады, ал қалғандары қабаттан шығарылады.

Сұйық қоспаларды адсорбциялық бөлу кезінде көптеген жағдайларда оларға еріткіш қосылады, ол нашар адсорбцияланады. Оның негізгі мақсаты адсорбцияланатын компоненттердің диффузиясын жеңілдететін ортаның тұтқырлығын азайту болып табылады.

Десорбция – сіңірілген компоненттерді алу және адсорбентті қалпына келтірудің қажетті дәрежесіне қол жеткізу мақсатында өңделген адсорбентті десорбирлеуші агентпен байланыстыру. Десорбцияны жеңілдету және десорбциялаушы агенттің шығынын азайту үшін, сондай-ақ адсорбентті

неғұрлым толық Регенерациялау үшін десорбция процесін жоғары температурада жүргізеді.

Адсорбция немесе тотығу регенерациясын жүргізу үшін адсорбент қабатынан *десорбациялаушы агентті алып тастау* және адсорбент дайындау. Адсорбент қабатынан десорбирлеуші агентті алып тастау жиі адсорбция процесінің температурасына дейін қабатты салқындатумен бірге жүреді.

Мұнай өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібінде мынадай негізгі типтегі адсорберлер қолданылады:

1) адсорбенттің жылжымайтын қабаты бар;

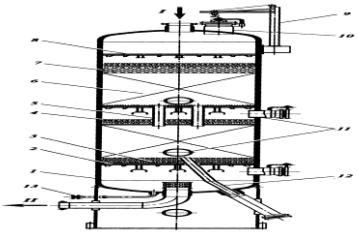
2) адсорбенттің қозғалмалы қабаты бар;

3) адсорбенттің жалған көрінген қабаты бар.

Адсорбенттің жылжымайтын қабаты бар адсорберлер түйіршіктелген адсорбентпен толтырылған тік аппараттар болып табылады. Өнеркәсіптік практикада адсорбент қабатының жалпы биіктігі оның қажетті көлемімен және адсорбент қабатының гидравликалық кедергісінің шамасымен анықталады; әдетте ол 2-ден 12 м-ге дейін құрайды.

58-суретте табиғи газды күкіртсутектен және меркаптаннан тазартуға арналған адсорбер көрсетілген. Цеолиттің әрбір қабаты 2 тірек торымен ұсталады, онда перфорацияланған Парақ 3 және металл тордың екі қабаты орнатылған. Цеолиттің жоғарғы қабатының үстінде газды кептіру үшін қосымша алюмогель 7 қабаты орналасқан. Газ ағынының динамикалық әсерін азайту және оның адсорбенттің үстінен біркелкі таралуын азайту үшін биіктігі 300-600 ММ 4 фарфор шарлары қабаты орналасқан. Адсорбентті жүктеу кезінде 10 штуцер және 9 кран-укосина қолданылады. Адсорбенттің бір аймақтан екіншісіне оны тиеу және түсіру кезінде ағыны 5 құбырлар бойынша жүзеге асырылады. Аппараттан адсорбентті түсіру 12 құбыр бойынша жүргізіледі. Адсорбент қабатының гидравликалық кедергісін азайту үшін газ ағынының радиалды қозғалысымен адсорберлер конструкциялары жұмыс істеді.

59-суретте органикалық заттардан газ шығарындыларын тазалауға арналған адсорберлердің нұсқалары көрсетілген, олар десорбция шарттары бойынша секцияланбаған болуы мүмкін (80 а-сурет) және секцияланған (80 б-сурет). Адсорбер 2 корпустан тұрады, онда қалыңдығы 300-650 мм адсорбент қабатын ұстап тұратын 3 сақиналы торлар орналасқан. Монтаждауға және демонтаждауға ыңғайлы болу үшін сақиналы торлар биіктігі бойынша өзара өздігінен тығыздалатын алмалы-салмалы қосылыстардың көмегімен қосылған бірдей учаскелерге бөлінген. Адсорбентті тиеу жоғарғы 5 штуцер арқылы жүргізіледі, пайдаланылған адсорбент 8 түсіру құрылғысының қақпағын көтеру кезінде қабаттан шығарылады.



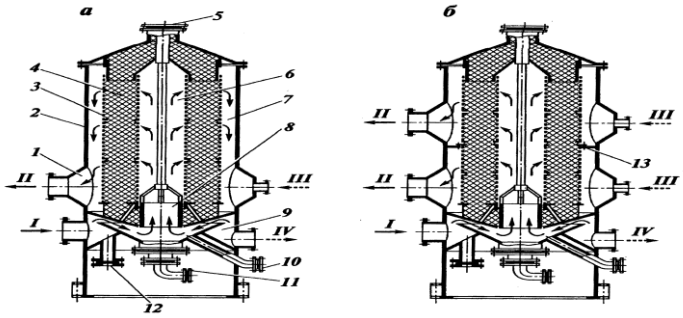
58-сурет. Адсорбенттің жылжымайтын қабаты бар аксиальды түрдегі адсорбер:

1 – корпус; 2 – тірек тор; 3 – тесілген парақ және тордың екі қабаты; 4 – фарфор шарлары; 5 – адсорбентті тиеуге (түсіруге) арналған ағын құбырлар; 6 – цеолит қабаты; 7 – алюмогель қабаты; 8 – тор; 9-кран – укосина; 10 – адсорбентті тиеуге арналған штуцер; 11 – люк-лаз; 12 – адсорбентті түсіруге арналған құбыр. Ағындар: I – бастапқы газ; II – өңделген газ.

Диаметрі аз айналма тормен шектелген кеңістік орталық 6 тарату арнасы болып табылады. Корпус қабырғасы мен үлкен диаметрлі сақиналы тор арасындағы кеңістік 7 жинаушы сақиналы арна болып табылады.

Бастапқы газ арқылы 9 үлестіруші коллектор келіп түседі, орталық 6 үлестіруші канал арқылы өтеді қабаты адсорбент 4 және 7 сақиналық канал жиналады, қайдан арқылы жинақтаушы коллектор 1 атмосфераға лақтырылады.

Адсорбенттен жасалған органикалық заттардың десорбциясы 105-140 ^{0}С температурада өткір су буымен жүзеге асырылады. Десорбирленген органикалық заттар мен судың қоспасы адсорбердің төменгі бөлігінен 10 штуцер арқылы шығарылады. Десорбция кезеңі аяқталғаннан кейін алдымен 60-100 ^{0}С температурада қыздырылған атмосфералық ауамен адсорбентті кептіру және содан кейін атмосфералық ауамен салқындату жүзеге асырылады. Газдарды тазарту процесінің технологиялық шарттары бойынша кептіру және суыту сатылары алынып тасталуы мүмкін.



59-сурет. Адсорбенттің жылжымайтын қабаты бар радиалды түрдегі адсорбер:

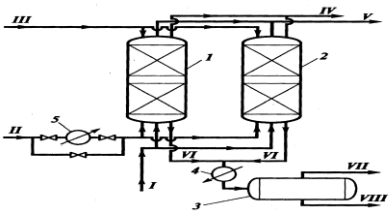
а – секцияланбаған; б – секцияландырылған; 1 – жинаушы коллектор; 2 – корпус; 3 – сақиналы тор; 4 – адсорбенттің қабаты; 5 – адсорбентті тиеуге арналған штуцер; 6 – орталық таратқыш арна; 7 – сақиналы жинаушы арна; 8 – түсіру құрылғысы; 9 – таратқыш коллектор; 10 – адсорбентті түсіруге арналған штуцер; 11 – конденсатты төгуге арналған штуцер; 12 – сақтандырғыш ажыратқыш мембрана; 13 – секциялық

аралық. Ағындар: I – бастапқы газ; II – өңделген газ; III – десорбцияға су буы; IV – су булары мен адсорбаттың қоспасы.

Ықтимал жанулар немесе адсорбер бу-ауа қоспасының жарылысы кезінде қысымның кенеттен жоғарылауынан қорғау мақсатында адсорбер тарату коллекторы жағынан 9 0,075 МПа астам қысым кезінде жұмыс істейтін 12 сақтандырғыш жару мембранасымен жабдықталады. Адсорбердегі адсорбент қабаты десорбция кезінде бу бойынша ең жоғары жүктемелерді қысқарту мақсатында биіктігі бойынша 13 секциялайтын қалқамен екі бөлікке бөлінуі мүмкін. Адсорбенттің жылжымайтын қабаты бар адсорберлерде процестің барлық сатылары бір аппаратта белгілі бір ретпен ағады және қондырғының үздіксіз жұмыс істеуі үшін белгілі бір цикл бойынша жұмыс істейтін бірнеше аппараттардың болуы керек. Мұндай қондырғы жұмысының үздіксіздігі адсорбция сатысының өнімділігі десорбция, кептіру және салқындату сатыларының жиынтық ұзақтығына дәл сәйкес келеді. Егер десорбция, кептіру және салқындату сатыларының ұзақтығы адсорбция сатысының ұзақтығынан асып кетсе, онда қондырғы жұмысының үздіксіздігі адсорберлердің екі және одан да көп санын қолданумен қол жеткізіледі.

60-суретте көрсетілген сызбаға сәйкес адсорбция кезеңі ішінде бөлінетін газ қоспасы адсорберлердің біріне түседі, бұл ретте алынатын компоненттер адсорбцияланады, ал құрғақ газ аппараттан шығарылады. Сонымен қатар, адсорбция кезеңі аяқталған басқа адсорберге алдымен конденсатор-тоңазытқышқа және одан әрі су бөлгішке бағытталатын алынған компоненттерді десорбциялау үшін су буы енгізіледі. Содан кейін адсорбентті кептіру үшін қыздырылған ауа, содан кейін адсорбентті кейінгі адсорбция циклына түпкілікті дайындау үшін суық ауа беріледі.

Адсорберлерді ауыстыру берілген кесте бойынша жұмыс істейтін реттеуіштің көмегімен автоматты түрде жүзеге асырылады.



60-сурет. Екі адсорбері бар адсорбциялық қондырғы схемасы:

1,2-адсорберлер; 3 – су бөлгіш; 4 – тоңазытқыш; 5-қыздырғыш. Ағындар: I – бастапқы газ; II – кептіруге және салқындатуға ауа; III – десорбцияға су буы; IV – десорберлерден ауа; V – құрғақ газ; VI – су булары мен адсорбаттың қоспасы; VII – адсорбат; VIII – су.

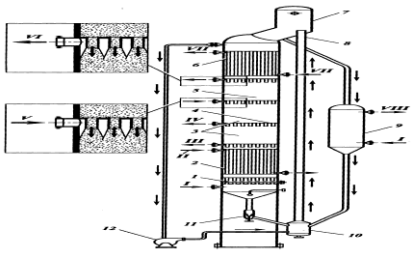
Бұл жағдайда процесс үздіксіз жүргізіледі және оның әрбір сатысы белгілі бір аппаратта немесе аппараттың бөлігінде жүзеге асырылады, әрі **адсорбент жеке аппараттардың арасында** пневмокөлік жүйесі бойынша

біртіндеп ауыстырылады. Адсорбент ретінде жиі түйіршіктелген белсендірілген көмір қолданылады.

Газ қоспасын бөлу үшін адсорбенттің қозғалатын тұтас қабаты бар адсорбердің схемасы 61-суретте көрсетілген. Құрамдастырылған аппарат адсорбция, десорбция, қыздыру және адсорбентті салқындату жүзеге асырылатын жеке аймақтан тұрады. Аппарат арқылы 7 бункерден түсетін түйіршіктелген адсорбент ауырлық күшінің әсерінен үздіксіз тұтас қабатпен қозғалады. Ол кез-келген процесс өтетін аппараттың тиісті аймақтары арқылы жүйелі түрде өтеді.

Адсорбент жүйесінде айналмалы айналымның санын реттейтін 1 қоректендіргіш арқылы аппараттың төменгі жағынан өңделген адсорбент 10 пневмокөтергіш жинағына жіберіледі, оған газ үрлеу арқылы 12 тасымалдаушы газ беріледі. Бұдан әрі адсорбент газ ағынының әсерінен 7 жоғарғы бункерге көтеріледі, одан адсорбердің жоғарғы бөлігіне қайта жіберіледі.

Аппараттың әр түрлі қималарында адсорбент пен газдың қарама-қарсы ағындарының бірқалыпты қозғалысын қамтамасыз ететін 4 4 тарату тәрелкелері бар. Осы тарату құрылғылары адсорбенттен бөлінген газды жинау және оны аппараттан шығару үшін пайдаланылады.



61-сурет. Газдарды бөлуге арналған адсорбенттің қозғалмалы қабаты бар адсорбер:

1 – қоректендіргіш; 2 – қыздырғыш; 3 – ректификация аймағы; 4 – тарату тәрелкесі; 5 – адсорбция аймағы; 6 – Тоңазытқыш; 7 – бункер; 8 – пневмокөтергіш; 9 – реактиватор; 10 – жинақ; 11 – реттеуші Ысырма; 12- газ үрлегіш. Ағындар: I – су буы; II – жылытқыш агент; Ш – ауыр фракция; IV – аралық фракция; V – бастапқы газ; VI – жеңіл фракция; VII – салқындатқыш су; VIII – реактивация өнімдері және су буы.

Жеңіл және ауыр фракциялардың қоспасынан тұратын ретінде шартты түрде қаралатын бөлуге жататын бастапқы газ тарату тәрелкесіне жіберіледі, аппараттың барлық қимасы бойынша біркелкі бөлінеді және адсорбенттің қозғалмалы қабатымен байланысқа түседі. Газ тарату тәрелкесінің түтікшелері арқылы 5 жоғарғы адсорбциялық аймаққа түседі, мұнда адсорбентпен қарсы адсорбция жүреді. Осы аймақтың жоғарғы бөлігінен жеңіл фракция бөлінеді. Адсорбциялық аймақта газдың жоғары жылжуына қарай масса алмасу жүреді, нәтижесінде алуға жататын газ молекулалары адсорбенттің бетінен жеңіл фракцияның аз белсенді молекулаларын

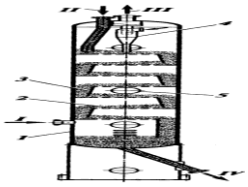
ығыстырады, сайып келгенде, осы аймақтың жоғарысынан бастапқы қоспаның аз белсенді компоненттерінің жоғары концентрациясы бар жеткілікті таза жеңіл фракцияны алады. Бастапқы газды енгізу аймағында құрамы бойынша адсорбцияланған фаза бастапқы газы бар тепе-теңдікті құрамына жақын және демек, алынатын компоненттермен қатар жеңіл фракцияның құрамдастарын қамтиды. Жоғары тазалықтағы алынатын компоненттерді алу үшін адсорбент бетінен жеңіл фракцияның компоненттерін алып тастау қажет. Бұл процесс ректификация аймағының аталған 3 аймағында жүзеге асырылады, онда ректификация колоннасының төменгі бөлігіндегі ректификация процесіне ұқсас массалық алмасу өтеді. Ректификация аймағының төменгі бөлігіне ауыр фракцияның 2 қыздырғышта десорбцияланған компоненттер келіп түседі және адсорбенттің қарсы ағынымен түйіскен кезде адсорбаттағы жеңіл фракцияның компоненттері ауыр фракцияның неғұрлым белсенді молекулаларымен ығыстырылады және ауыстырылады.

Десорбцияны жеңілдету үшін аппараттың төменгі бөлігіне су буы беріледі. Адсорбентті және десорбцияны қыздыруға арналған жылу, мысалы, 2 қыздырғыштың құбыраралық кеңістігіне түсетін су буымен жылытқыш агентпен шығарылады. Десорбцияланған ауыр фракция жартылай төменгі бөлгіш тәрелкеден мақсатты өнім ретінде бөлінеді, ал ішінара ішкі айналмалы ағын ретінде бөлгіш тордың түтіктері арқылы адсорбентпен байланыс жасау үшін ректификация аймағына жіберіледі. Жоғарғы және төменгі өнімнің тазалығын арттыру үшін ректификация аймағының ортаңғы бөлігінде аралық фракция бөлінеді. 8 пневмокөтергіш бойынша қыздырылған адсорбент 7 бункерге жіберіледі, одан кейін тасымалдаушы газ бөлгеннен кейін 6 тоңазытқышқа түседі.

Бастапқы газда жоғары адсорбциялық қабілеттілігімен ерекшеленетін және сондықтан десорбцияланатын компоненттер болған кезде соңғысы айналмалы адсорбентте жинақталады, бұл оның белсенділігінің айтарлықтай төмендеуіне әкелуі мүмкін. Адсорбенттің белсенділігін тұрақты деңгейде ұстау үшін қондырғы схемасына 9 реактиватор қосылады, ол арқылы адсорбенттің бір бөлігі айналады. Реактиваторда десорбцияның неғұрлым қатаң жағдайлары жасалады (жоғары температура, су буының жоғары шығыны, тотығу регенерациясы және т.б.).

Адсорбенттің жалған күйдірілген қабаты бар адсорберлер адсорбцияның үздіксіз процесін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда адсорбент ретінде ұсақ түйіршіктер (әдетте 500 мкм артық емес) пайдаланылады. Адсорбердің бір немесе бірнеше қайнаған қабаттары болуы мүмкін (62-сурет) қарсы фазалардың түйісуін қамтамасыз ететін (сатылы-қарсы адсорбер). Мұндай адсорберде арнайы байланыс құрылғыларында (тарелкаларда) газ бен Ұнтақ тәрізді адсорбент арасындағы өзара іс-қимыл жүзеге асырылады, соның нәтижесінде адсорбент *жалған төмендету* жағдайына ауыстырылады. Адсорбент ағын құрылғылары арқылы жоғарыдан төмен қарай қозғала отырып, бір түйіспелі сатыдан екіншісіне беріледі. Газ

аппаратта төменнен-жоғарыға қарсы қозғалады. Газ ағынынан адсорбенттің жиілігін бөлу үшін адсорберден шығар алдында газды циклондарға жібереді.



62-сурет. Адсорбенттің жалған күйдірілген қабаты бар адсорбердің схемасы:

1 – корпус; 2 – контактілі тәрелке; 3 – ағын құрылғысы; 4 – циклон; 5 – люк-лаз. Ағындар: I – бастапқы газ; II – регенерацияланған адсорбент; III – өңделген газ; IV – өңделген адсорбент.

6.3 Адсорбердің (десорбердің) негізгі өлшемдерін есептеу)

Адсорберді (десорберді) есептеу кезінде әдетте бөлінетін AI қоспасының тиісті компоненттері үшін адсорбенттің белсенділігі бойынша эксперименттік деректерді пайдаланады.

Уақыт бірлігіне сіңірілген компоненттердің жалпы салмағы (өнімділігі):

$$G = \sum_{i=1}^{n} G_i.$$

(51)

Адсорбция сатысының ұзақтығы кезінде адсорбенттің қозғалмайтын қабаты бар адсорбер үшін τ_A *заттың массасы* жұтылады:

$$G = G\tau_{A.}.$$

(52)

Адсорбенттің орташа *белсенділігі* өрнектен анықталады:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} G_i a_i}{G}.$$

(53)

Процесті жүзеге асыру үшін қажетті *адсорбенттің массасы* тең:

$$g_A = \frac{G_A}{a} = \frac{G\tau_A}{a} = \frac{G^2\tau_A}{\sum_{i=1}^{n} G_i a_i}.$$

(54)

ал *адсорбенттің көлемі*: $V_A = g_A / \rho_A$,

(55)

мұнда ρ_A – адсорбенттің үйінді тығыздығы, кг/м^3.

D адсорберінің диаметрі әдетте 2-3 м, ал H биіктігі 12 м аспайды. Адсорбент қабатының биіктігі түйіршіктердің беріктігімен және адсорбент қабатының кедергісімен шектеледі. Аппараттың еркін қимасындағы газдың жылдамдығы 0,1-0,2 м / с шамасында.

Адсорбенттің төмен ағысы және бөлінетін шикізаттың жоғары ағысы кезінде соңғысының сызықтық қозғалыс жылдамдығы адсорбенттің ең кіші

бөлшектері шикізаттың жоғары ағысымен байланысты болатын мәннен аспауы тиіс. Осыған байланысты адсорбердің мөлшерін таңдау кезінде мұқият гидравликалық есептеулер қажет.

Адсорбент қабатының биіктігі: $H = \dfrac{V_A}{N_1 \dfrac{\pi D^2}{4}}$,

(56)

мұнда N_1– берілген өндірісті қамтамасыз ететін параллель ағындардың саны G.

Әрбір параллель ағындарда қондырғының үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін келесі аппараттардың саны болуы қажет:

$$N_2 = \frac{\tau}{\tau_A} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \tau_i}{\tau_A},$$

(57)

Мұнда $\tau = \sum_{i=1}^{n} \tau_i$ – толық циклдің ұзақтығы;

τ_i – процестің жеке сатысының ұзақтығы;

τ_A – адсорбция сатысының ұзақтығы.

Қондырғыдағы адсорберлердің жалпы саны:

$$N_{общ} = N_1 N_2 .$$

(58)

6.4 Адсорбердегі теориялық тәрелкелер санын есептеу

Концентрация өзгеруінің теориялық сатыларының санын есептеу (теориялық тәрелкелер санын) адсорбция изотермасын және жұмыс желісін пайдалана отырып орындалуы мүмкін (63-сурет).

Концентрация өзгеруінің теориялық сатыларының саны адсорбция изотермасы мен жұмыс желісі арасындағы сынған сызықтың графикалық құрылысымен анықталады. Мұндай құрылым негізінде $N_т$ концентрациясын өзгертудің теориялық сатыларының жалпы санын анықтау жүргізіледі.

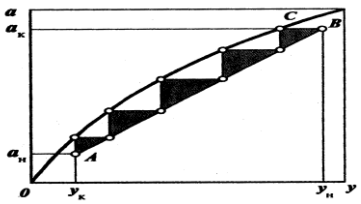
Адсорбердің қажетті биіктігі теңдеу бойынша анықталады:

$$H = N_T h_э,$$

(59)

мұнда $h_э$ – концентрациялар өзгеруінің бір теориялық сатысына баламалы адсорбент қабатының биіктігі эксперименталды анықталады.

V_A адсорбентінің көлемі, егер бастапқы бөлінетін шикізат бойынша V_A рұқсат етілген көлемдік жылдамдығының шамасы немесе байланыс ұзақтығы $\tau_к$ белгілі болса, табылуы мүмкін:



63-сурет. Адсорберге арналған концентрацияны өзгертудің теориялық сатылары санын графикалық анықтау:
ОС – изотерма адсорбция; АВ – жұмыс желісі.

$$V_A = V_C / V_Д$$

(60)

немесе $$V_A = V_C \tau_к / \varepsilon,$$

(61)

мұнда V_C – шикізаттың көлемдік шығысы, м^3/с;

V_A – шикізатты берудің рұқсат етілген көлемдік жылдамдығы (адсорбент көлемінің бірлігіне уақыт бірлігіне берілуі мүмкін шикізат көлемі), м^3/(м^3·с) или с$^{-1}$;;

ε – адсорбент қабатының кеуектілігі, м^3/м^3.

Ойлауға қатысты сұрақтар

1. Абсорбция және десорбция процестеріне әсер ететін негізгі факторлар
2. Пленкалы абсорберлердің жұмыс істеу принципі, қолдану саласы
3. Абсорбциялық аппараттардың жіктелуі. Қойылатын негізгі талаптар абсорбциялық аппараттарға
4. Мұнай-газ өндірісінде ең көп таралған абсорберлердің түрлері
5. Адсорбциялық бөлінудің негізгі кезеңдері
6. Мұнай өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібінде қолданылатын адсорберлердің негізгі типтері
7. Экстракция процесі. Мұнайды қайта өңдеуде экстракцияны қолдану
8. Экстрагенттер. Экстрагенттердің негізгі қасиеттері
9. Еріткіштер. Экстракция жолымен сұйық мұнай өнімдерін бөлу үшін өнеркәсіптік жағдайларда пайдаланылатын еріткіштер
10. Сығынды және рафинатты ерітінділер

6.5 «Массаалмасу процестері» бөлімі бойынша тест сұрақтары

1. Адсорбция процесі – бұл ...

A) сұйық газдар мен буларды қатты сіңіргіштермен іріктеп сіңіру
B) газды немесе буды сұйық жұтқыштармен іріктеп сіңіру
C) қатты фазаның сұйық фазаға айналу процесі
D) сұйық гомогенді қоспалардың компоненттеріне бөлу
E) бір сұйықтықты бір-біріне араласпайтын басқа сұйық қоспадан бөліп алу

2. Абсорбция және десорбция процесіне әсер ететін негізгі факторлар

A) абсорбенттің салмақтық үлесі
B) тарелкалар саны, абсорбенттің массалық шығыны.
C) тәрелкелер санының артуы, энергия шығынының артуы
D) абсорбенттің массалық шығыны, қысымның азаюы
E) абсорбциялық агент шығыны, десорбциялық агент конденсациясы

3. Адсорбент болып табылады ...
A) фурфурол
B) этиленгликоль
C) ацетальдегид
D) бензол, толуол
E) цеолит, алюмосиликат, силикагель++
4. Абсорбциялық аппараттарға қойылатын негізгі талаптар
A) аппарат конструкциясының қарапайымдылығы, металл шығыны, құны, газ бен сұйықтықтың салмағын өзгерту мүмкіндігі, тәрелкелер санын теориялық++дейін арттыру мүмкіндігі
B) сұйықтықты беру ұзақтығы
C) агрессивті ортада жұмыс істеу, тіпті аппаратта лас болса да жұмыс
D) төмен гидравликалық кедергі
E) сұйықтықты беру ұзақтығы, төмен гидравликалық қарсылық, агрессивті ортада жұмыс істеу
5. Абсорберді есептеу реті
A) абсорбенттің шығыны, абсорбердің диаметрі, абсорбердің биіктігі, абсорбердің гидравликалық кедергісі
B) абсорбердің гидравликалық кедергісі, абсорбенттің шығыны
C) компоненттер концентрациясының тепе-теңдігі
D) абсорбердің диаметрі, абсорбердің биіктігі, газдардың ерігіштік жылуы
E) массалық беру коэффициенті, компоненттер концентрациясының тепе-теңдігі
6. Мұнай-химия өнеркәсібінде пайдаланылатын адсорбент түрі
A) сілтілер, қышқылдар, металдар
B)Моноэтаноламин, формальдегид
C) спирттер,кетондар,қышқылдар
D) Бензол, толуол, ксилол
E) Алюмогель, силикагель, белсендірілген көмір, цеолиттер++
7. Адсорбентті бастапқы күйге келтіру әдістері
A) төмен температурадағы термиялық күйге келтіру, жоғары температурадағы термохимиялық шығу және төмен температурадағы жағдайға келтіру
B) химиялық, Жоғары температуралы
C)Төменгі температуралы, термиялық
D) физикалық, Жоғары температуралы
E) төмен қысымда шығу және бастапқы күйге келтіру
8. Адсорбция процесінің сипаттамасын беріңіз
A) қатты денелер бетіндегі газдарды (буларды) немесе сұйықтықтарды сіңіру
B) сұйық сіңіргішпен газ (бу) немесе сұйықтық компоненттерін іріктеп сіңіру
C) сұйықтықты (бу, газ), сұйық қоспаларды булаумен (конденсациямен) бөлу процесі)
D) қатты материалдарды буландыру арқылы сұйықтықты бөлу процесі
E) газ қоспасын жеке компоненттерге бөлу процесі

9. Массаалмасу процестерінде қолданылатын колонналар
A) Реактор, регенератор
B) желдеткіш, компрессор
C) құбырлы пеш, жылу алмастырғыш, конденсатор, Тоңазытқыш
D) Ректификациялық колонна, абсорбер, десорбер, экстрактор, адсорбер++
E) жылытқыш куб, жылытылмайтын Кокс камерасы, кокстеу текше
10. Ректификациялық колоннаның технологиялық есебі келесі операциялардан тұрады:
A) жылу балансын құрастыру, температуралық режимді есептеу, колоннадағы қысымды анықтау
B) колоннадағы тәрелкелер санын анықтау
C) колонна биіктігін анықтау
D) теориялық тәрелкелер санын анықтау
E) колоннадағы қысымды анықтау, колоннадағы теориялық тәрелкелер санын анықтау
11. Колонналық үлгідегі аппараттардың түрлері
A) жүйелік, жүйесіз
B) қалпақшалы, қалпақшалы емес
C) қиылысатын, тура ағатын, тұманға қарсы
D) насадочные, табақтық, пленкалы++
E) толқын тәрізді, дөңгелек
12. Массаалмасу процесі
A) жылыту
B) араластыру
C) экстракция++
D) суыту
E) алкилдеу
13. Ректификациялау процесі жүргізілетін Аппарат
A) ректификациялық баған
B) абсорбер
C) адсорбер
D) кристаллизатор
E) түтікті пеш
14. Қандай аппараттарда тарелкалар қолданылады
A) жылу алмастырғыш
B) реактор
C) сорғы
D) пеш
E) сабақ
15. Абсорбция процесі не үшін қолданылады
A) газдарды бөлу, кептіру үшін
B) сұйықтықтың булануы үшін
C) газ қоспаларын бөлу үшін
D) сұйық қоспаларды бөлу үшін

E) қоспаларды конденсациялау үшін

№ 2 нұсқа

16. Ректификациялау процесінің негізгі параметрлері

A) қысым, температура, динамикалық тұтқырлық

B) жылдамдық, қысым, температура, көлем, тәрелкенің диаметрі

C) қысым, жылдамдық, сұйық және бу жүктемелері, тарелканың салмағы

D) колоннаның көлемі, қысымы, температурасы, сұйық және бу жүктемесі, ұзындығы

E) қысым, температура, сұйық және бу жүктемесі, тәрелкелер саны++

17. Майларды тазалау барысында қандай адсорбенттер қолданылады

A) табиғи және геологиялық

B) физикалық және химиялық

C) химиялық

D) табиғи және жасанды

E) жеке

18. Тұтқырлығы бойынша әртүрлі майлы дистилляттарды тазалау процесі

A) кокстеу

B) пиролиз

C) ректификация

D) табиғи

E) адсорбция

19. Табиғи газды компоненттерге бөлу кезіндегі абсорбердегі қысым, МПа

A) 2,5–3,4

B) 4,0–7,5++

C) 0,2–0,6

D) 0,5–1,0

E) 3,0–5,0

20. Тәрелкелерді сұйық беру әдісі бойынша жіктеу

A) жасанды және саптама++

B) табиғи

C) сорғыш және ойық

D) сорғыш және компрессорлық

E) кері құятын құрылғымен сәтсіз

21. Сұйық және бу фазасының массаалмасу және жылуалмасу жағдайы

A) жалпы орта білім

B) нақты жағдай

C) жалпы

D) сұйық күйі

E) білім беру

22. Адсорбенттің сипаттамасы

A) газды сұйық

B) кеуекті қатты дене++

C) газ жағдайында
D) кристалды
E) сұйық

23. Саптама қабаттарында орналасқан жабдық

A) конденсатор
B) сорғыш
C) бөлгіш
D) қосымша
E) ойын

24. Каталитикалық крекинг қондырғысында хош иісті көмірсутектерді алу үшін пайдаланылатын еріткіш

A) этаноламин
B) калий перманганаты
C) ацетон
D) бензол++
E) этиленгликоль

25. Қоспаның компоненттерін қатты сіңіргіштермен сіңіру процесі

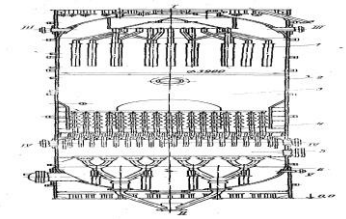
A) ректификация
B) жылу
C) табиғи
D) адсорбция++
E) абсорбция

7 Химиялық процестер. Реакторлық құрылғылар

7.1 Ауысымды-циклдық процестердің реакторлары. Каталитикалық крекинг реакторлары

Қозғалатын шарикті катализаторы бар каталитикалық крекинг қондырғысының реакторы.

Реакторда 450-500 °С кезінде газойльдер крекингі және түйіршіктелген алюмосиликатты катализатордың қатысуымен 0,1 МПа қысымда жүргізіледі.



64-сурет. Шарикті катализаторы бар каталитикалық крекинг реакторы:

I – катализаторды енгізу; II – катализаторды шығару; III – шикізатты енгізу; IV – буларды шығару; V – су буындарын енгізу; 1 – Жоғарғы тарату құрылғысы; 2 – корпус; 3 – реакциялық аймақ; 4 –

сепарациялық құрылғы; 5 – булау аймағы; 6 – төменгі құрастыру-теңестіру құрылғысы.

Реактор корпусының ішкі диаметрі 3,9 м, биіктігі 16 м (64-сурет). 2 корпус ішінде жоғарғы 1 таратқыш құрылғы, 3 реакциялық аймақ, 4 сепарациялық құрылғы, 5 булау аймағы және 6 төменгі құрастырмалы-теңестіруші құрылғы орналасқан. 1 жоғарғы тарату құрылғысы аппарат қимасы бойынша катализаторды біркелкі таратуға арналған. Ол шеңбері бойынша тарату құбырлары бекітілген конустық түбі бар цилиндрлік ернеушек болып табылады. Реакциялық аймақ көлемін тарату құбырларының ұзындығын ұлғайту немесе азайту арқылы өзгертуге болады. Тарату құбырларының төменгі ұштарының жазықтығында катализатор қабатының жоғарғы деңгейі белгіленеді. Шикізат катализатор қабатының үстіндегі кеңістікке түседі. Реакциялық аймақтың төменгі бөлігінде катализатордан реакциялық өнімдер буларын бөлу үшін қызмет ететін сепарациялық құрылғы болады (бұл құрылғы катализаторға арналған преткалы және буға арналған құрастырмалы құбырлар болып табылады). Сепарациялық құрылғының тарелкасы тіректік сақинада еркін жатыр, бұл қыздыру кезінде еркін кеңейтуге мүмкіндік береді. Шеткі тәрелке бар тығыздау келген асбестті шнур болдырмайтын түсуін катализатор астындағы кеңістік тарелкой соқпай преточные құбырлар.

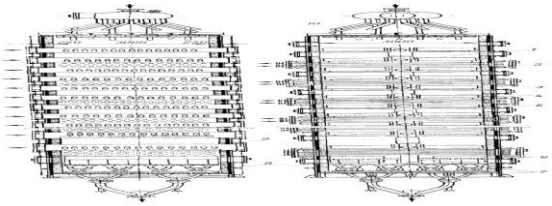
Сепарациялық қондырғының құбырларынан катализатор булау аймағына шығады,оған сондай-ақ жеңіл ұшатын көмірсутектерді, адсорбцияланған катализатормен жоюға мүмкіндік беретін су буы беріледі. Су буының бір бөлігі гидрозатвор жасай отырып, төменгі құрастырмалы-тегістейтін құрылғы арқылы катализатормен кетеді. Катализаторды жинау және оны реактордан шығару үшін реактордың төменгі бөлігіндегі барлық қимасы бойынша біркелкі жиналмалы-тегістейтін құрылғы бар, ол үш шұңқырдан тұрады. Жоғарғы қабатта 60 шұңқыр бар, олар катализатор жинайды 16 орта қабаттағы шұңқырға. Содан кейін катализатор шығару штуцерімен қосылған төменгі қабаттың 4 шұңқырына айналады.

Тегістейтін құрылғы иілген немесе тік құбырлардан жасалады. Соңғы жағдайда құбырлардың тозуы азаяды.

Қозғалатын түйіршіктелген катализаторы бар каталитикалық крекинг қондырғысының регенераторы.

Регенератор (65-сурет) оның белсенділігін қалпына келтіру үшін катализатордан коксты күйдіруге арналған. Ол биіктігі 24,4 м 3,5 м шаршы қиманың тік аппараты болып табылады. Аппараттың биіктігі бойынша бірнеше аймақ (9-ға дейін) бар, олардың әрқайсысы ауаны енгізу және газдарды шығару үшін құрылғыны қамтиды; бұдан басқа салқындатқыш жыландар бар. Регенератордың жоғарғы бөлігінде құбырлы Таратқыш құрылғы, ал төменгі бөлігінде реактордың құрастырмалы-түзеткіш құрылғысының конструкциясы бойынша ұқсас құрастырмалы-түзеткіш құрылғы орналасқан.

Аппарат корпусының ішіндегі температура 700 °С жетуі мүмкін. Сондықтан аппарат корпусын ішінен қорғау үшін оны қалыңдығы 250 мм отқа төзімді кірпіштен жасалған футеровкамен және табақты асбесттен оқшаулағышпен қамтамасыз етеді. Бұл корпус қабырғасының салыстырмалы төмен температурасын қамтамасыз етеді. Аппараттың биіктігі бойынша қалау қабаттармен орындалған. Кірпіш қалаудың әрбір қабаты корпусқа пісірілген сөрелерге тіреледі. Қазіргі заманғы қондырғыларда шикізатқа қатысты катализатор айналымының жоғары жиілігі бар регенераторлар қолданады (2-3).



65-сурет. Қозғалатын түйіршіктелген катализаторы бар каталитикалық крекинг регенераторы.

Біріктірілген реактор-регенератор.

Катализаторды бір рет көтерумен каталитикалық крекинг қондырғыларында реактор мен регенератор бір аппарат түрінде орындалады (66-сурет). Диаметрі 4,5 м реакциялық бөлік жоғарыда орналасқан. Катализатор Аппараттың жоғарғы бөлігіндегі шлюз камерасына түседі. Осыдан катализатор құбыр бойымен перифериияға, ортасындағы сақиналы арна бойынша, реакциялық аймаққа айналады. Бу сұйықтығы шикізатын бөлу үшін ортадан тепкіш бұрағыш қарастырылған.

Сепарациялық құрылғы тік құбырлармен жалғанған көлденең қораптардың үш қатарынан тұрады. Қораптардың астындағы құбырларда будың өтуіне арналған тесіктер бар. Бу қораптардың төменгі қатарында жиналады және аппараттан шығарылатын сақиналы кеңістікке түседі. Сепарациялық құрылғы қораптарының Арасын өтіп, катализатор су буы берілетін булау аймағына түседі. Су буы реактор мен регенератор арасындағы гидрокотворды және катализаторды булауды қамтамасыз ете отырып, ағын құбырлары бойынша жоғары және төмен қарай бағытталады. Ағынды құбырлар жүйесі арқылы катализатор регенераторға түседі.

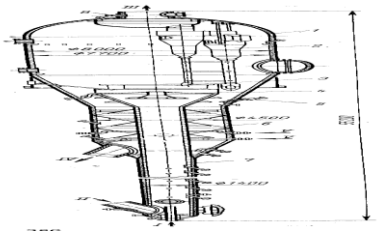
Сур. 66 каталитикалық крекингтің біріктірілген реакторы–регенераторы.

Катализатордың жалған көрінетін қабаты бар каталитикалық крекинг реакторы.

Қондырғы схемасына байланысты реактор жеке аппарат түрінде немесе регенератормен бірге орындалуы мүмкін. Реактордың жоғарғы жартылай

буланған және төменгі конустық түбі бар цилиндрлік корпусы болады. Қарай өнімділігі аппарат диаметрі жетуі мүмкін 12 м, биіктігі цилиндрлік бөлігінің корпусын 10-16 м. Ішінен бірқатар жағдайларда корпус жабады теплозащитной футеровкой. Реактордың мынадай негізгі аймақтары болады: шикізат пен катализаторды енгізу және тарату аймағы, реакциялық аймақ, тұндырғыш аймақ, циклондарды орналастыру аймағы және буландыру аймағы (67-сурет).

Шикізат пен катализатордың қоспасы реакторға бөлу құрылғысы – ауданы бойынша біркелкі бөлінген диаметрі 50 мм-ге дейінгі тесіктері бар торға түседі. Салыстырмалы тесік ауданы әдетте тор ауданының 2-5 % тең. Реакциялық аймақ әдетте ішкі құрылғылары жоқ. Жекелеген жағдайларда қабаттың биіктігі бойынша катализатордың қабаттың биіктігі бойынша араластырылуын азайтатын және реакция аймағында реагенттердің біркелкі болуын қамтамасыз ететін үлкен бос қимасы бар торлар орнатылады. Тұндырғыш аймақта қабаттан шығарылған катализатордың бөлшектері шөгеді. Тұндырғыш аймақтың биіктігі әдетте 4,5 м кем болмайды.



67-сурет. Катализатордың жалған сұйылтылған қабаты бар каталитикалық крекинг реакторы.

Реактордың жоғарғы бөлігінің диаметрі 8,0 м, ортаңғы (десорбер) және төменгі (оқпан) 1,4 м тең.

7.2 Арнайы мақсаттағы реакторлардың конструкциялары

Риформинг реакторы. Құрылғы бойынша неғұрлым күрделі жабдықтар мен аппаратурамен гидротазалау және риформинг реакторлық блоктары жабдықталған. Бұл реакторлар, пештер, жылу алмастырғыштар, қайнатқыштар, тоңазытқыштар. Ең маңызды аппараттар реакторлар, сондай-ақ көп камералы пештер болып табылады. Реакторлық блоктың жабдығы мен аппаратурасы жұмысының ерекшелігі жоғары температура мен қысым, сондай-ақ қатты режимде сутектің болуы болып табылады.

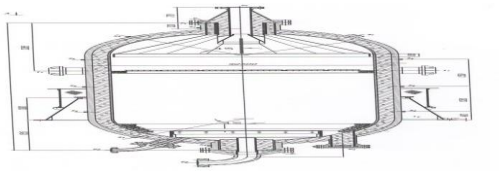
Риформинг реакторы-шар түбі бар цилиндрлік тік ыдыс. Жоғарғы бөлігінде газ шикізаты қоспасын енгізуге арналған штуцер бар. 525 ^{0}С және 2-5 МПа кезінде сутегі оның жарықтары мен кебуін тудыратын металдардың сутекті коррозиясына ықпал етеді. Сондықтан жылу оқшаулағыш үшін реактордың металл қабырғасын ішінен торкретбетоннан жасалған футеровкамен қорғайды. Бұдан басқа, реактордың ішінде қабырғасы мен аппарат қабырғасының арасында газ қабаты бар болат тесілген стақан

орнатылады. Футерлеудің бұзылуы реактор қабырғасының қызып кетуіне және бұзылуына әкеледі. Сондықтан сыртқы термобар көмегімен металдың сыртқы бетінің температурасын тұрақты бақылау қажет (150 ^{0}С-тан аспауы тиіс). Реактордың корпусы мен түбін дайындау үшін аппараттың бетін арнайы шыңдайтын 09Г2ДТ маркалы болат немесе 12ХМ болат қолданылады.

Катализатор болат стақанда тұтас қабатпен орналастырылады. Катализатор қабатының үстінде және астында катализатордың енуін болдырмау үшін диаметрі 16 және 20 мм фарфор шарлары болады. Фарфор шарларының төменгі қабаты қосымша металл тормен жабылған торда жатыр. Шарлар, торлар және тор реакция өнімдерімен бірге реактордың шығу штуцерін катализатордың оған түсуінен қорғайды.

Реактордың ішкі арматурасы мен қосқыш фасонды келтеқұбырлар легирленген хромоникельді болаттан жасалған. Жоғарыдан реакторға реактор ішіндегі температураны бақылайтын алты термобар енгізіледі. Реактордың диаметрі 2200-3000 мм, биіктігі 9500-11500 ММ.

Каталитикалық риформингтің алғашқы қондырғыларында газ-шикізат ағынының аксиалдық қозғалысы бар (аппарат осінің бойында) риформинг реакторлары қолданылды (68-сурет). Газ-шикізат қоспасы жоғарыдан төмен катализатор арқылы өтеді. Кіру штуцері аппараттың барлық қимасы бойынша ағысты біркелкі бөлуге арналған құрылғымен жабдықталады. Газ-шикізат қоспасын радиалды енгізумен риформингтің соңғы реакторы (шикізат барысы бойынша). Штуцерден төменге аппараттың ортасында перфорацияланған құбыр түседі, оның соңы бітелген. Газ және шикізат ағыны аппарат қабырғасынан радиустардың ортасына қарай катализатор арқылы қозғалады. Шикізатты енгізу және өнімді шығару үшін штуцердің газ-шикізат қоспасын радиалды енгізу реакторында Аппараттың жоғарғы жағында болады. Катализаторды аппараттарға жоғарғы штуцер арқылы жүктейді және төменгі арқылы түсіреді. Әрбір аппарат катализаторды регенерациялау кезінде жүйені эжекторлау кезінде будың шығуы үшін штуцерлермен жабдықталған.



68-сурет. Газ-шикізат ағынының аксиалдық қозғалысы бар каталитикалық риформинг реакторы.

Соңғы уақытта болаттың каталитикалық риформинг қондырғыларында газ-шикізат ағынының (1,3-1,5 МПа) радиалды қозғалысы бар реакторларды (реакциялық қоспа реакторда катализатор қабаты арқылы радиалды бағытта, ал катализатор тігінен қозғалады) қолдануға болады.

Жаңадан жобаланатын және салынып жатқан қондырғыларда реакторлардың Корпусы мен түбін екі қабатты болаттан (12ХМ + ОХ18Н10Т) орындайды, сондықтан олар қорғаныс футеровкасын қажет етпейді.

7.3 Реакторды жылулық есептеу бойынша практикалық тапсырмалар

Жылу есептегіштің міндеті процестің балансын жасау, жылу тасымалдағыштардың немесе хладагенттердің шығыны және жылу алмасудың қажетті бетін анықтау болып табылады.

Есептеу үшін бастапқы деректермен:

а) жүктелетін компоненттердің саны және олардың физикалық сипаттамалары;

б) реакциялар кинетикасы, олардың ағуының температуралық жағдайлары, реакциялардың жылулық әсері;

в) реактордың конструктивтік схемасы және оның негізгі элементтерінің өлшемдері, диаметрі мен биіктігі, қабырғалар мен түптің қалыңдығы, олар дайындалған материал, жылу алмастырғыш бетінің шамасы;

г) берілген шарттар үшін қажетті жылу тасымалдағыштардың түрлері және олардың қасиеттері.

Жылу балансының теңдеуі жалпы түрде ұсынылуы мүмкін:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (62)$$

мұнда Q_1 – жүктелген компоненттермен енгізілетін жылу, кДж/сағ;

Q_2 – жылу тасымалдағышпен келетін жылу, кДж/сағ;

Q_3 – реакцияның жылулық әсері, кДж/сағ;

Q_4 – аппараттан шығатын заттармен тозатын жылу, кДж/сағ;

Q_5 – аппаратпен оның жекелеген бөліктерін қыздыруға жұмсалатын жылу, кДж/сағ;

Q_6 – аппаратпен қоршаған ортаға жоғалтатын жылу, кДж/сағ.

Гидротазалау реакторының жылу балансы. Гидротазалау реакторының жылу баланс теңдеуін келесідей жазуға болады: $Q_c + Q_ц + Q_S + Q_{г.н} = \Sigma Q_{см}$, (63)

мұнда Q_c, $Q_ц$ – жаңа шикізаты және құрамында сутегісі бар газ циркуляциялайтын реакторға енгізілетін жылу;

Q_S, $Q_{г.н}$ – күкіртті гидрогенолиздің реакциялары және көзделмеген қосылыстарды гидрогенолиздеу кезінде бөлінетін жылу;

$\Sigma Q_{см}$ – реактордан реакциялық қоспамен бөлінетін жылу.

Гидротазалау кезінде реакциялық қоспаның орташа жылу сыйымдылығы процесс барысында шамалы өзгереді, сондықтан реактордың жылу балансын келесі түрде жазуға болады:

$$G\overline{ct_0} + \Delta S q_S + \Delta C_H q_H = G\overline{ct}, \quad (64)$$

$$t = t_0 + \frac{(\Delta S q_S + \Delta C_H q_H)}{G\bar{c}}, \quad (65$$

мұнда G – реакциялық қоспаның жиынтық саны, % (масс.);

$\bar{c}$ - реакциялық қоспаның орташа жылу сыйымдылығы, кДж/(кг • К);

ΔS, ΔC_H – күкіртті және қанықпаған, жұлынған шикізаттан, % (масс.);

t, t_0 – реакторға кіретін және күкіртті жою кезіндегі температура ΔS, ºС;

q_S, q_H – күкіртті және күтпеген қосылыстарды гидрирлеудің жылулық әсері, кДж/кг.

t_0 мәні әрбір жұп үшін катализатор-шикізат 250-380 ºС температура аралығында анықтайды. t_0 оңтайландыру кезінде қарама-қарсы бағыттарда әрекет ететін келесі екі факторды ескереді: t_0 көтерумен катализатордың жүктелуі азаяды, ол ΔS тұзсыздандырудың берілген тереңдігіне жету үшін талап етіледі, бірақ екінші жағынан, катализаторды дезактивациялау жылдамдығы артады, демек, неғұрлым жиі регенерациялаумен және күнтізбелік жыл ішінде қондырғының үлкен күндерімен байланысты шығындар артады.

1-мысал. Тәулігіне 2400 тонна шикізат өндіретін микросфериялық цеолит бар катализаторда вакуумдық отгонның каталитикалық крекингін қондырғысының реакторы үшін ЦН-15 типті циклондардың екі сатылы жүйесін есептеу. Жоғарыдан реактордың t = 490 °С және ρ = 180 кПа бөлінеді: G = 103400 кг/сағ = 1014 кмоль/сағ көмірсутекті булардың және z = 3850 кг/сағ = 213,9 кмоль/сағ су буларының. Бұл будың жиынтық көлемдік шығысы V = 43263 м^3/ч = 12 м^3/с.

1-ші сатының циклондары үшін бу ағынының шартты жылдамдығын w_1 = 2,5 м/с орнатамыз (ұсынылатын төменгі шектер алынады) егер қос сатылы циклондардың санын N = 4 параллель қосса, онда 1-ші сатының әрбір циклон корпусының қимасын құрайды:

$$S_1 = \frac{V}{nw_1} \qquad (66)$$

$$S_1 = \frac{12}{4 \cdot 2{,}5} = 1{,}2 \text{ м}^2.$$

Циклон корпусының диаметрі тең болуы тиіс:

$$D_1 = \sqrt{S_1/0{,}785} \qquad (67)$$

$$D_1 = \sqrt{1{,}2/0{,}785} = 1{,}237 \text{ м}.$$

ЦН-15 арналған нормалейді есептей отырып, дөңгелектегенде D1 = 1200 мм қабылдаймыз:

$$S'_1 = 0{,}785\,(D_1 - 2\delta)^2 \qquad (68)$$

$$S'_1 = 0{,}785\,(1{,}2 - 2 \cdot 0{,}02)^2 = 1{,}056 \text{ м}^2.$$

1-сатының циклондарындағы шартты жылдамдықтың нақты мәні:

$$\omega'_1 = \frac{V}{nS_1} \qquad (69)$$

$$\omega'_1 = \frac{12}{4 \cdot 1{,}056} = 2{,}84 \text{ м/с}.$$

Егер 2-ші саты үшін ең жақын кіші диаметр (D_2 = 1000 мм) циклон қолданылса, онда футеровканың қабаты болған кезде корпустың бос қимасы болады:

$S'_2 = 0{,}785\ (1{,}0 - 2 \cdot 0{,}02)^2 = 0{,}7235$ м^2.

Мұндай қимаға шартты жылдамдық (3,5-4,0 м/с) жауап береді:

$$\rho = \frac{G + Z}{V} \qquad (70)$$

$$\rho = \frac{103400 + 3850}{43263} = 2{,}48 \text{ кг/м}^3.$$

Үшін циклон ЦН-15 кедергі коэффициенті ε ≈ 160.

Бірдей диаметрлі екі сатылы циклондар жүйесінде арынның жалпы жоғалуы тең болады

Үшін циклон ЦН-15 кедергі коэффициенті ε ≈ 160.

Бірдей диаметрлі екі сатылы циклондар жүйесіндегі жалпы қысым шығыны тең болады: $\Delta\rho = 2\varepsilon\frac{\omega^2\rho}{2}$
(71)

$$\Delta\rho = 2 \cdot 160\frac{2{,}84^2 \cdot 2{,}48}{2} = 3200 \text{ Па}$$

Ойлануға арналған сұрақтар

1. Крекинг реакторының шарикті катализаторы бар құрылғысын және жұмыс істеу принципін сипаттаңыз.
2. Реактордың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
3. Реакциялық аппараттарда қандай процестер өтеді?
4. Крекинг реакторының негізгі элементтерін атаңыз.
5. Регенератордың құрылысы мен жұмыс принципін сипаттаңыз.
6. Регенератордың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
7. Регенератордың негізгі элементтерін атаңыз.
8. Біріктірілген регенератордың құрылысы мен жұмыс принципін сипаттаңыз.
9. Біріктірілген реактор-регенератордың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
10. Біріктірілген реактор қайда қолданылады?

7.4 «Химиялық процестер. Реакторлық құрылғылар» тест сұрақтары

1. Каталитикалық риформинг процесінде алынатын бензинді компоненттердің құрамына көмірсутектердің ең үлкен пайызын құрайды:

A) парафинді
B) нафтенді
C) жалпы

D) барлық жауаптар дұрыс емес
E) ароматты

2. Аппараттың қимасы …

A) жалпы
B) өнімділік
C) кезеңділік
D) психологиялық
E) дұрыс жауап жоқ

3. Изоалкандарды алу үшін қандай реактор қолданылады?

A) шикізат қозғалысының радиалды каталитикалық риформинг реакторы
B) химиялық
C) су тазарту реакторы
D) қозғалыстағы катализаторы бар каталитикалық риформинг реакторы
E) осы реактор жоқ

4. Термиялық крекинг процесі үшін қолданылатын реактор:

A) каталитикалық крекинг реакторы
B) шикізаттардың радиалды қозғалысы бар каталитикалық риформинг реакторы
C) жылу беретін пеш
D) анальгетиктер
E) мұндай реактор жоқ

5. Химиялық процестер қандай?

A) каталитикалық крекинг, пиролиз, гидротазалау, платформинг, риформинг
B) ректификация, абсорбция, адсорбция, десорбция, экстракция
C) газ немесе сұйықтықтың сусымалы материалдар қабаты арқылы ағымы
D) ішкі және сыртқы
E) электр және магнит өрісінде тұндыру

6. Жоғары октанды бензинді фракцияларды алу процесі

A) изомеризация
B) пиролиз
C) алкилдеу
D) кокстау
E) каталитикалық риформинг

7. Жоғары молекулалық заттарды алу процесі

A) полимерлеу
B) ректификация
C) алкилдеу
D) табиғи
E) изомеризация

8. Химиялық процесс жүргізілетін аппарат

A) жылу алмастырғыш

B) абсорбер
C) екі
D) конденсатор
E) реактор

9. Реактордағы катализатор қабатының биіктігін анықтау формуласы

A) H = 60/ru
B) H = 60ru
C) H = 60 + ru
D) H = 60r + u
E) H = 60r/u

10. Реактор диаметрін анықтау формуласы

A) $D = \sqrt{\frac{4V}{\pi u}}$
B) $D = \sqrt{4V\pi u}$
C) $D = \sqrt{\frac{4}{V\pi u}}$
D) $D = \sqrt{\frac{4V\pi}{u}}$
E) $D = 4V\pi u$

11. Химиялық процесте пайдаланылатын катализатор

A) метанол
B) белсендірілген көмір
C) фреон
D) диэтиленгликоль
E) платина

12. Реакция жылдамдығын төмендететін Катализатор

A) кері
B) белсенді
C) дұрыс
D) әлсіз
E) төмен

13. Каталитикалық риформинг процесінің мақсаты

A) бензиннің октандық санын арттыру
B) тұзсыздандыру
C) тұзсыздандыру
Д) вакуумды айдау
E) мазуттың бөлінуі

14. Каталитикалық крекинг процесінің реакторлық блогының сипаттамасы

A) абсолютті қысым арқылы жүреді

В) кинематикалық тұтқырлықпен байланысты
С) салыстырмалы тығыздыққа байланысты
Д) көлемді жылдамдықпен сипатталады
Е) жылу балансымен байланысты

15. Каталитикалық процесс үшін температура мен қысымның мәні, °С, МПа

А) 450-480; 0,14-0,18
В) 480-590; 0,18-0,19
С) 120-160; 0,89-0,9
Д) 780-890; 0,18-0,23
Е) 780-900; 0,56-0,89

8 қалыпты жағдайда қондырғыны іске қосу мен тоқтатудың негізгі ережелері

Қондырғыны іске қосу құрылыс-монтаж жұмыстары аяқталғаннан кейін немесе жөндеуден кейін жүзеге асырылады.

Құрылыс-монтаждау жұмыстары аяқталғаннан кейін қондырғыны іске қосуды бастау үшін жұмыс комиссиясының актісі, ал күрделі жөндеуден кейін – белгіленген тәртіппен бекітілген қондырғының жабдығын жөндеуден кейін қабылдау актісі негіз болып табылады.

Қондырғының жабдығын монтаждаудан немесе жөндеуден кейін қабылдау кезінде орындалған жұмыстарға арналған құжаттар, сондай-ақ қондырғының жұмыс ортасын қабылдауға және пайдалануға қосуға дайындығын растайтын актілер ұсынылуы тиіс.

Қондырғыны іске қосуға дайындау жобаға сәйкес монтаждау (жөндеу) жұмыстарын орындаудың дұрыстығын мұқият тексеруден, жабдықты сынаудан, жабдықтың ақауларын анықтау және жоюдан, қондырғының шикізатпен, материалдық энергия ресурстарымен жабдықтау және дайын өнімді беру бөлігінде жалпы зауыттық шаруашылықпен байланыстарының дайындығын білдіреді.

Іске қосу басталғанға дейін қондырғы РГТИ мен КЖ-да тіркелген жабдықтар мен құбыржолдарға паспорттарды қоса алғанда, барлық қажетті техникалық құжаттамамен қамтамасыз етілуі тиіс.

Қондырғыны іске қосу бас инженердің жазбаша өкімі негізінде жүргізіледі.

Қондырғы штаттық кестеге сәйкес қызмет көрсетуші персоналмен жасақталуы тиіс. Қызмет көрсетуші персонал оқудан өтуге және өз бетінше жұмысқа рұқсат алу құқығына куәлік алуға міндетті.

Қызмет көрсетуші персоналды қажетті арнайы киіммен, тыныс алу органдарын жеке қорғау құралдарымен қамтамасыз ету.

8.1 Іске қосуға дайындық

7.1.1 Жөндеу және монтаждау жұмыстарының аяқталғанына, жабдықтардың, құбырлардың, бекіту арматурасының, жерге тұйықтаудың, БӨА және А құралдарының, электр жабдықтарының, желдеткіш қондырғыларының жарамдылығына көз жеткізу.

7.1.2 Жұмыс орындарында барлық қажетті техникалық құжаттаманың (нұсқаулықтардың, жұмыс парақтарының және т.б.) болуын тексеру.

7.1.3 Бұрын орнатылған бітеулердің алынғанына және орны бойынша қажетті бітеулердің болуына, бітеулерді орнату және алу журналына тіркей отырып көз жеткізу.

7.1.4 Деңгей өлшегіш колонкалардағы, манометрлердегі және ППК ашық болуы тиіс арматурадан басқа барлық бекіту арматурасының жабылуын тексеру.

7.1.5 Сақтандырғыш клапандардың болуын, қосылуын және олардың барлық аппараттарда, құбырларда және бу құбырларында дұрыс орнатылуын тексеру.

7.1.6 Аппараттарды, құбырларды, сорғы жабдықтарын дренаждау жүйесін орнату секциялары бойынша өтімділікке тексеру.

7.1.7 Аппараттардың, құбырлардың және сорғылардың дренаждарында бітеуіштерді орнату.

7.1.8 Өрт сөндіру және газдан қорғау құралдары мен жүйелерінің болуы мен жай-күйін акт жасай отырып тексеру.

7.1.9 Аппараттар мен құбырларды гидравликалық сынау актілерінің болуын және жүйелерді герметикалыққа сынау актілерінің болуын тексеру.

7.1.10 Қабылдауға арналған секциялар орнату ауа БӨА және А, электр энергиясы, су (салқындатқыш айналым, өртке қарсы), технологиялық ауа, азот, бу.

7.1.11 Мемкентехқадағалау ережелерінің талаптарына сәйкес сорғыларда, аппараттарда, құбырларда және басқа да жабдықтарда манометрлер орнату.

7.1.12 Үрлеу газында оттегінің болуына дейін аппараттарды және құбырларды азотпен 0,5%-дан аспайтын көлемде сығымдау және үрлеу. 0,1-0,15 кгс/см^2 азоттың артық қысымымен қондырғы секцияларының аппараттары мен құбыржолдарын қалдыру.

7.1.13 Сорғылардың, ауа үрлегіштердің, ауа тоңазытқыштарының желдеткіштерінің барлық электр қозғалтқыштары актілер ресімделіп домалануы тиіс.

7.1.14 БӨА және А құралдарын қосуға дайындығын тексеру, акт жасай отырып, сигнал беру және бұғаттау құралдарының жұмыс қабілеттілігін тексеру, сигнал берудің, бұғаттаудың барлық жүйелерінің жұмыс қабілеттілігіне көз жеткізу және оларды жұмысқа қосу.

7.1.15 Акт жасай отырып, кәріз жүйесінің жұмысқа қабілеттілігін тексеру.

7.1.16 Тиісті актілер жасай отырып, аппаратурада және коммуникацияларда статикалық электрден қорғаудың болуын тексеру.

7.1.17 Өндіруші ұсынған техникалық деректерге сәйкес сорғы жабдығын монтаждау мен орталықтандырудың дұрыстығын, байлау желілерін, дренаждарды, ауа өткізгіштерді, муфталарды орнатуды және

муфталарды қоршауды, сорғыларды майлауды, сорғыларды тығыздау жүйесін қосудың дұрыстығын тексеру.

7.1.18 Катализаторлардың, реагенттердің, химикаттардың және майлау майларының қажетті санымен орнатуды қамтамасыз ету.

7.1.19 Іске қосу-баптау жұмыстарын жүргізгенге дейін жобаның нұсқауларына сәйкес қондырғының барлық жүйелерін шаң, кір, қабыршақты жою үшін үрлеу және шаю жүргізу.

Үрлеуді алдын ала әзірленген және бекітілген схемаларға сәйкес сығылған ауамен немесе бумен жүргізу және үрлеу газын (буды) шығару орындары көрсетіледі.

Үрлеу алдында КИП датчиктерін ажырату, диафрагмаларды, арматураны реттейтін арматураны бөлшектеу және уақытша катушкаларды орнату қажет. Сақтандырғыш қақпақшалар қақпақшалармен сөндіріледі.

Үрлеу қабырғалардың, балшықтың құбырлардың кейінгі учаскелеріне ауысуын болдырмау үшін экрандар орната отырып, толтырылған фланецтерге жүзеге асырылады.

Егер жобада арнайы нұсқаулар болмаса, үрлеу ұзақтығы кемінде 10 минутты құрауы тиіс. Үрлеуді жүргізу нәтижелері бойынша акт жасалады.

Жуғаннан кейін құбырды толығымен босатып, ауамен немесе инертті газбен үрлеу керек. Құбыржолдарды жуу процедурасы сорғы жабдығын сынауды жүргізумен үйлесімді.

Орталықтан тепкіш сорғыларды жұмысқа іске қосар алдында мыналарды тексеру қажет:

- сорғы білігінің дұрыс айналу бағытын қамтамасыз ететін электрқозғалтқышты дұрыс қосу.
- сорғыны монтаждаудың техникалық құжаттама талаптарына сәйкестігі
- май құюға қажетті майлармен.
- сорғыларды қолмен араластырған кезде қозғалатын бөліктерде тұнбаның болмауы
- муфталарды тиісті орнату және олардың қоршаулары
- қабылдау штуцері мен бекіту арматурасы арасындағы әрбір сорғыны қабылдауда уақытша торлы сүзгілердің болуы.
- май тығыздағыш жүйесінің дұрыс құрастырылуы және қосылуы
- орнату алдында нормалармен белгіленген мерзімде мемлекеттік тексеруден өтуі тиіс БӨА және А құралдарын орнату.
- іске қосу кезінде ортадан тепкіш сорғылардың тастамасындағы бекіту арматурасы жабылуы тиіс.
- Сорғы жетегін іске қосқаннан кейін мыналарды тексеру қажет:
- сорғылар подшипниктері корпустарының температурасы, жетек және сорғының дірілі;

- шеткі тығыздағыштарға затвор сұйықтығын беру жүйесінде циркуляцияның болуы, шеткі тығыздағыштардың қызып кетуінің болмауы;
- ток шамасының осы электр қозғалтқышы үшін номиналды мәніне сәйкестігі.

Бір жүйені шаю аяқталғаннан кейін реттеу арматурасын, диафрагмалар мен алынған немесе ажыратылған өзге де құрылғыларды орнына орнату, БӨА және А аспаптарын қосу, орнатылған уақытша бітеуіштерді шешу, уақытша төсемдерді ауыстыру.

Сорғыны қабылдауда су шығыны (қысым) болмаған жағдайда оны дереу тоқтату керек. Сорғыны қабылдауға судың түсуінің ең жиі себебі сүзгіштердің тығылған торлары болып табылады, оларды тазалау керек.Су айналымы кезінде олардың жұмысқа қабілеттілігін тексеру мақсатында резервтік сорғыларға ауысу қажет.

7.1.20 құбыржолдары мен қондырғының жабдықтарын жуу және үрлеу операциялары аяқталғаннан кейін қысыммен жұмыс істейтін барлық аппараттар мен құбыржолдарды герметикалыққа қосымша пневматикалық сынақтан өткізу қажет.

7.1.21 энергиямен жабдықтау жүйелерін пайдалануға енгізу келесі ретпен жүргізілсін:

- өртке қарсы және шаруашылық тамақты суды қабылдау; техникалық ауаны қабылдау;
- БУП және А ауасын қабылдау; салқындатқыш айналымды суды қабылдау;
- азот қабылдау; зауыт желісінен табиғи газ қабылдау;
- 4,5 кгс / см^2 қысымымен бу қабылдау; 12 кгс/см^2 қысымымен бу қабылдау;
- қазандық қоректік суды қабылдау.

7.1.22 Технологиялық жүйелердің жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін, жабдықты іске қосар алдында жүйеде жарылыс қауіпті қоспалардың пайда болуын болдырмау үшін оны азотпен үрлеу қажет. Оттегіні жою үшін жабдықты үрлеу бекітілген бағдарламаға сәйкес жүргізіледі. Сақтандырғыш арматура жабылмайтынына және барлық бітеуіштердің бөлшектенгеніне көз жеткізу керек. Осы сәтте барлық аспаптарда бекіту арматурасы толық ашық болуы тиіс. Бекіту арматурасы мен реттеуші арматураның байпастары газдың өтуін қамтамасыз ету және қысымның артуына жол бермеу үшін толық ашық болуы тиіс. Жабдықтар мен құбыржолдарды үрлегеннен кейін оттегінің қалдық құрамы бастапқы іске қосар алдында және жабдықтар мен құбыржолдарды ашқаннан кейін 0,5%-дан аспауы тиіс.

7.1.23 Зауыт бойынша өкім негізінде цехқа табиғи газды қабылдау.

Табиғи газ желісі (отын газы) қабылдау алдында азотпен үрлеуге ұшырайды. Үрлеу кезінде оттегінің құрамын тексеру үшін газ сынамасын алу.

Алау коллекторында жарылыс қаупі бар қоспалардың пайда болуын болдырмау үшін, қондырғының әр түрлі секцияларынан ауаны шығару аяқталғанша, табиғи газды алау желілеріне жібермеу.

8.2 Қондырғыны майсыздандыру

Қондырғыны пайдалануға енгізер алдында оны дайындау, тасымалдау, сақтау және монтаждау нәтижесінде жүйеге түскен кірден, майдан, тот ингибиторларынан және зауыттық қабыршақтан тазарту қажет. Қондырғыны тазалау бекітілген бағдарлама (Нұсқаулық) бойынша орындалады және мыналарды қамтиды:

- майсыздандыру ерітіндісін дайындау; қондырғыны майсыздандыруға дайындау;
- ерітіндіні тиеу және айналдыру; сумен жуу.

8.2.1 Майсыздандыру ерітіндісін дайындау.

Сақтау бағында ТК-001 аминінің массасы бойынша NaOH (каустикалық сода) ерітіндісінің 2 %-дық және суық бу конденсатын пайдалана отырып na2co3 (кальцийленген сода) ерітіндісінің массасы бойынша 1 %-дық қоспасын дайындау. Ерітінділер қоспасының мөлшері қондырғыны пайдалану кезінде жүйеге тиелетін амин ерітіндісінің жалпы санына тең болуы тиіс. Еріту сорғылар мен торлы сүзгілердің бітелуін болдырмау үшін толық болуы тиіс. Ол үшін Р-004 сорғысын жұмысқа қосу және ерітінділердің дайындалған қоспасының ТК-001 бак арқылы айналуын жүргізу қажет.

Ерітіндінің концентрациясын ерітіндінің сынамасын талдаумен анықтау. Талдау нәтижесіне байланысты қажетті концентрация ерітіндісін алғанға дейін конденсат немесе реагенттер қосу.

8.2.2 Қондырғыны майсыздандыруға дайындау:

- Z-002, Z-003 амин ерітіндісінің сүзгіш элементтерін демонтаждау. Z-001 көмір сүзгісін бекіту арматурасымен және тығындармен ажырату;
- алаулы коллектормен байланысты сақтандырғыш клапандар мен құбыржолдарды бітеуіштермен өшіру;
- секцияның сыйымдылық жабдықтарынан ауа арқылы газдарды шығаруды қамтамасыз ету.

8.2.3 Ерітіндіні тиеу және циркуляциялау.

- р-004 сорғысын жұмысқа қосу және D-002 флегм сыйымдылығын ерітіндімен толтыру;
- Р-003А / В суландыру сорғысын жұмысқа қосу және Амин V-001 регенераторын 50 деңгейге дейін ерітіндімен толтыру %;
- р-001А/В Аминнің регенерацияланған ерітіндісінің циркуляциялық сорғысын жұмысқа қосу және ерітіндіні абсорберлерге сору;

- ТК-001 багынан майсыздандыру ерітіндісін V-001 амин регенераторына онда 50 деңгейін ұстап тұру үшін ауық-ауық айдау %;
- абсорберлерден майсыздандыру ерітіндісін D-001 Шығыс сыйымдылығына және D-001 сыйымдылығынан қышқыл газ құбыры арқылы қабылдау ерітіндіні d-002 флегм сыйымдылығына және одан әрі V-001 амин регенераторына жіберу;
- V-001 амин регенераторындағы тұрақты 50% деңгейін d - 003 тереңдетілген сыйымдылыққа дренаждау жолымен немесе ТК-001 багынан қоректендірумен қолдау;
- айналмалы майсыздандыру ерітіндісінің шығынын тұрақтандыру, Е-003 рибойлеріне төмен қысымды бу беру және ерітіндінің температурасын 60 ºС дейін баяу көтеру. Амин Е-004 регенерацияланған ерітіндісін тоңазытқышқа су беруді жүргізбеуге;
- аппараттар мен құбырлардың ішкі бетімен майсыздандыру ерітіндісінің, оның ішінде Z-002, Z-003 сүзгілерінің толық жанасуы мақсатында 4 -24 сағат бойы ерітіндінің айналымын жалғастыру;
- ерітіндінің майсыздандыру қасиеттерін талдаумен бақылау, қажет болған жағдайда майсыздандыру реагенттерін қосу;
- Е-003 рибойлеріне бу беруді баяу азайту және ерітіндінің айналымын және оны 38 ºС температураға дейін салқындатуды жалғастыру.
- р-001А/В сорғысын тоқтату, ерітіндінің айналымын тоқтату. V-001 амин регенераторына абсорберлерден ерітіндіні ығыстыру;
- колонналар мен сыйымдылықтарда вакуумның пайда болуына жол бермей, сорғылардан, құбырлардан, сыйымдылықтардан, аппараттардан d-003 тереңдетілген сыйымдылыққа және одан әрі ТК-001 бак-на пайдаланылған майсыздандыру ерітіндісін төгу;
- ТК-001 багынан және D-003 тереңдетілген сыйымдылықтағы ерітіндіні р-004, Р-006 сорғыларымен шлангілер арқылы ластанған ағынды сулардың жалпы зауыттық кәріз жүйесіне сору.

8.2.4 Сумен жуу.

- Аминді қалпына келтіру жүйесін суық бу конденсатымен толтыру. Жүйені сумен толтыру тәртібі майсыздандыру ерітіндісімен толтыруға ұқсас жүргізіледі;
- 4 сағат ішінде Е-003 рибойлерінде қызусыз жүйеде конденсаттың айналымын жүргізу;
- колонналарда және сыйымдылықтарда вакуумның пайда болуына жол бермей, жуылған суды жүйеден кәрізге ағызу;
- z-002, Z-003 амин ерітіндісінің сүзгілерінен демонтаждалған Сүзгіш Элементтерді орнату;
- z-001 бұрыштық сүзгішінде, алаулы коллектормен байланысты сақтандырғыш клапандар мен құбырларда бұрын орнатылған тығындарды демонтаждау;
- сорғыштардың торлы сүзгілерін тазалау.

8.3 Қондырғы секциясын іске қосу

Қондырғыны іске қосудың негізгі шарты шикізатты қабылдауға дайындық болып табылады.

Қондырғыны іске қосу осы ретпен жүргізіледі:

- бірінші жүктеу үшін 80÷120 м3 мөлшерінде 25% амин ерітіндісін дайындау;
- V-001 Регенератор ерітіндісімен және абсорберлерді тиеу;
- амин ерітіндісінің айналымын реттеу;
- E-003 рибойлерді жұмысқа қосу;
- Аминнің регенерацияланған ерітіндісінің сүзгілерін жұмысқа қосу.

8.3.1 Амин ерітіндісін дайындау:

- d-003 тереңдетілген сыйымдылыққа қойылтылған Аминді жүктеу;
- ТК-001 сақтау бағына азот беру,
- амин ерітіндісін ТК-001 сақтау бағына р-006 батырмалы сорғымен сорып алу;
- концентрацияланған аминді талап етілетін концентрацияға дейін араластыру үшін ТК-001 бак-на суық бу конденсатын беру;
- р-004 сорғысын жұмысқа қосу және араласуды қамтамасыз ету және біртекті ерітінді алу үшін ТК-001 бак арқылы амин ерітіндісінің айналымын жүргізу;
- айналмалы ерітіндідегі амин концентрациясын бақылау;
- қоршаған ауаның температурасы төмен болған жағдайда D-003 сыйымдылығының жылыту жылытқыштарына және ТК-001 сақтау бағына төмен қысымды бу беру.

8.3.2 V-001 Регенератор ерітіндісімен және абсорберлерді тиеу:

- d-002 флегмалық сыйымдылығынан алау коллекторына қышқыл газдарды бұру жүйесін тексеру;
- Р-004 сорғымен ТК-001 бағынан Аминнің 25% ерітіндісін d-002 флегмалық сыйымдылыққа беру;
- Р-003А / В циркуляциялық суару сорғысын жұмысқа қосу және V-001 амин регенераторына амин ерітіндісін беру;
- амин регенераторында деңгей пайда болған кезде 60÷65% р-001А/В регенерацияланған амин циркуляциясының сорғысын жұмысқа қосу және Z-001, Z-002, Z-003 сүзгілерінің байпас желілері бойынша абсорберлерге амин ерітіндісін беру;
- ТК-001 бағынан амин ерітіндісін V-001 амин регенераторына онда 60÷65 деңгейін ұстап тұру үшін ауық-ауық сорып алу %;

8.3.3 Амин ерітіндісінің айналымын баптау:

- амин ерітіндісін D-001 Шығыс сыйымдылығына қабылдау;
- р-002А/В қаныққан амин сорғысын жұмысқа қосу және V-001 регенераторына амин ерітіндісін беру;
- V-001 амин регенераторындағы деңгейді үнемі бақылау.

8.3.4 Рибойлерді Е-003 жұмысқа қосу:

• амин ерітіндісінің айналым режимін тұрақтандырғаннан кейін, гидравликалық соққыға жол бермей, Е-003 қабырғасына бу беру;

• е-004 немесе Е-004А қалпына келтірілген амин тоңазытқышын және Е-002 регенератордың жоғарғы өнімдері конденсаторын жұмысқа қосу;

• V-001 амин регенераторындағы және D-002 флегмалық сыйымдылықтағы қысымды бақылау;

• d-002 флегмалық сыйымдылықтағы деңгейді бақылау. Сыйымдылықтағы 35% деңгейіне жеткенде р-003А/В айналмалы суландыру сорғысын жұмысқа қосу және V-001 регенераторына флегманы беру;

8.4 Қондырғыны тоқтату тәртібі

• Қондырғыны жоспарлы тоқтату бас инженердің жазбаша өкімі негізінде жүргізіледі.

• Қондырғыны жоспарлы тоқтату осы ретпен жүргізіледі:

• абсорберлерде шикізатты тоқтатқаннан кейін оны регенерациялауды аяқтау үшін 2 сағат ішінде ерітіндінің айналымын жалғастыру;

• V-001 регенератордың жоғарғы температурасын тұрақты ұстай отырып, Е-003 қабырғасындағы бу шығынын төмендету;

• технологиялық газды D-002 флегмалық сыйымдылығынан газдардың факелдік коллекторына жіберу,

• Е-003 ребойлерге бу беруді тоқтату;

р-003А/В циркуляциялық суландыру сорғысын тоқтату, Е-002 Тоңазытқыш суын беруді жабу;

• V-001 регенераторы арқылы амин циркуляциясын жалғастыру, ерітіндінің температурасын 55÷60 ºС дейін төмендету.

• амин ерітіндісінің айналымын тоқтату, р-001А/В, Р-002А/В сорғыларын тоқтату;

• амин Е-004 регенерацияланған ерітіндісін тоңазытқышқа салқындататын суды беруді тоқтату;

• аппараттар мен құбырлардан амин ерітіндісін d-003 тереңдетілген сыйымдылыққа, кейін ТК-001 амин сақтау багына сорып алу;

• амин ерітіндісінің циркуляциясының барлық контурын суық бу конденсатымен жуу, жуу суларын d-003 тереңдетілген сыйымдылыққа сорып, кейіннен ТК-002 жуу суын сақтау сыйымдылығына сорып алу;

• аппараттардан қысымды алаулы коллекторға тастау.

8.5 Қысқы уақытта қондырғыны іске қосу, тоқтату және пайдалану ерекшеліктері

• Қондырғыны қысқы уақытта іске қосу, тоқтату және пайдалану кезінде мынадай шарттарды орындау қажет:

• КИП және А аспаптарының, жылдың суық мезгілінде ғана жылыту қажет аппараттар мен құбырлардың төмен және орташа қысымдағы бумен жылытуды қосу;

• ауа желдеткіштерінің салқындатқыш ауасының ең аз рұқсат етілген температурасына жеткен кезде-10оС, бу жылытқыштарына төмен қысымды бу беру;

•бу құбырларында конденсаттың жиналуына жол бермей, конденсат қайтарғыштардың жұмысын бақылау;

•тоңазытқыштарды салқындатқыш суда ажырату қажет болған жағдайда, арматураны алдын ала тікелей және кері салқындатқыш су құбырлары арасындағы маңдайшада ашу, сөндірілген тоңазытқышты судан босату, құбыр немесе құбыраралық кеңістікті ауамен ылғалдан үрлеу;

•буп және А, БУП және А аспаптарын, іркіліс учаскелерінде үздіксіз үрлеуді талап ететін құбырлар мен жабдықтарды үрлеуге БУП және А, азот ауасының шығынын арттыру.

8.6 Технологиялық процестер мен жабдықтарды авариялардан қорғау және жұмысшылардың жарақаттануының алдын алу

•Технологиялық жүйелерді және жабдықтардың жекелеген түрлерін іске қосу және тоқтату, оларды резервке шығару, резервте болу және оларды резервтен жұмысқа шығару кезіндегі қауіпсіздік талаптары.

•Іске қосу кезіндегі негізгі қауіпсіздік шаралары:

•пайдалану-техникалық құжаттамасының болуы;

•коммуникация мен жабдықтың техникалық құжаттамаға, нормативтік материалдарға, технологиялық регламентке сәйкестігін тексеру;

•байланыс, дабыл, өрт сөндіру, жеке және ұжымдық қорғаныс құралдарымен жұмыс орындарын жинақтау;

•технологиялық сигнал беру, блоктау, қорғау және жарық беру жүйелерінің болуын және жарамдылығын тексеру;

•статикалық электрден қорғау жүйелерінің жарамдылығын тексеру;

•өндірістік үй-жайлар мен сыртқы қондырғыларды қоқыстан, бөгде заттардан, материалдар мен құрал-жабдықтардан тазалау;

•оқытылған қызметкерлермен ауысымды жинақтау;

•арнайы және авариялық құралдарды жинақтау;

•қысқы уақытта үй-жайларды жылыту жүйелерін және технологиялық коммуникацияларды тексеру және қосу;

•Шығысты, қысымды, температураны, деңгейлерді бақылау және реттеу құралдарын тексеру және жұмысқа қосу;

•Қондырғының барлық жүйелерінің жабдықтары мен коммуникацияларының герметикалығын жұмыс қысымына тексеру, анықталған герметикаланбаған орындарды жою;

•сорғы жабдығының май жүйелерін тексеру және толтыру;

•жөндеу кезінде жабдықтар мен коммуникацияларда бұрын орнатылған бітеуіштерді алып тастау және жұмысқа қосылмаған қондырғы тораптарына бітеуіштерді орнату;

•өрт-жарылыс қауіпті жүйелерді инертизациялау;

•кәріз жүйелерін тексеру;

•шикізатты, қосалқы материалдарды қабылдау, осы Регламентке және жеке жабдықты пайдалану жөніндегі нұсқаулықтарға сәйкес жабдықты кезең-кезеңмен іске қосу.

8.7 Жабдықтарға техникалық қызмет көрсету және жөндеу жөніндегі жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу тәртібі

Жабдықты техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді жүргізуге дайындау тәртібі осы жұмыстарды жүргізуді регламенттейтін арнайы ережелер мен стандарттармен анықталған.

Жабдықты жөндеуге дайындау жабдықта жөндеу жұмыстарын жүргізудің бірінші кезеңі болып табылады және жұмыс істеп тұрған жабдықты тоқтату және оны жөндеуге шығару, жабдықты жұмыс ортасынан босату, жабдықты булау немесе үрлеу, бейтараптандыру, жабдықты жұмыс істеп тұрған немесе резервтегі аппараттардан бітеуіштермен ажырату, күш кернеуін алу жөніндегі технологиялық операцияларды қамтиды.

Келесі жөндеу түрлерін жүргізу көзделген:

- ағымдағы, профилактикалық;
- күрделі.

- Ағымдағы немесе профилактикалық жөндеу – бұл жабдықтың жұмыс істеу қабілетін кепілді қамтамасыз ету үшін пайдалану процесінде жүзеге асырылатын, оның жекелеген бөліктерін ауыстыру және қалпына келтіру және оларды реттеу тұратын жөндеу.

Күрделі жөндеу – бұл жабдықтың жұмыс ресурсын ауыстыру немесе қалпына келтіру, оның кез келген бөліктерін, соның ішінде негізгілерін қоса, оларды реттей отырып, толық немесе толық қалпына келтіру мақсатында жүзеге асырылатын жөндеу. Бұл жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу қолданыстағы нормаларға, ережелерге, жабдықтарды, ғимараттарды, құрылыстарды дайындау және жөндеуге арналған техникалық шарттарға, ЖАЖ, ҚНжЕ ережелеріне, электр қондырғыларында жұмыс жүргізу ережелеріне, газға қауіпті және от жұмыстарын жүргізу жөніндегі нұсқаулықтарға қатаң сәйкестікте жүргізіледі.

Жұмыстарды жүргізу алдында жабдықты жөндеуге тапсыру алдында дайындық жұмыстарын жүргізу кезінде қауіпсіз жағдайларды қамтамасыз ету бойынша лауазымды тұлғалардың жауапкершілігі мен өзара байланысы анықталады.

Күкірт немесе жабдықтардың жекелеген бірліктерін алу қондырғысын жөндеуге тоқтату үшін цех (қондырғы) бастығының немесе оның орынбасарының бұйрығы (өкімі) негіз болып табылады.

Жөндеуге арналған бұйрықта (өкімде) тапсырыс берушіден немесе мердігерден (егер бөгде ұйымдар тартылса) жөндеу жұмыстарының тікелей басшысы, сондай-ақ жабдықтарды немесе объектіні жөндеуге дайындауға, осы жұмыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін және мердігерлермен немесе

зауыттың жөндеу қызметімен жедел байланыс үшін қажетті іс-шараларды жүргізуге жауапты адамдар тағайындалады.

Дайындық және жөндеу жұмыстарын жүргізуге зауытта қабылданған, онда көрсетілген жұмыстарды жүргізуге жазбаша рұқсат болып табылатын арнайы

нысан бойынша наряд – рұқсат ресімделеді және орындаушыға береді.

Жөндеу персоналы кәсіпорында белгіленген тәртіппен жөндеу жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігі бойынша мерзімді нұсқамадан өтуі тиіс.Жоспарлы жөндеу жүргізу алдында, Жұмыс басталар алдында бір тәулік ішінде цех (қондырғы) механигі "Жабдықты жөндеуге тапсыру және оны жөндеуден қабылдау" жедел журналына жабдықты тоқтату және жөндеуге дайындау қажеттілігі туралы жазба жасайды.

Жабдықты жөндеуге дайындауды цех (қондырғы) бастығының жазбаша өкіміне сәйкес жедел журналдағы технологиялық персонал жүзеге асырады.

Жабдықты жұмыс істеушіден ажырату үшін бітеуіштерді орнатуды кезекші немесе жөндеу персоналы цехта бар бітеуіштерді орнату схемасына сәйкес ауысым бойынша үлкендердің басшылығымен жүргізеді. Әрбір бітеуіштің орнатылған күні, орны, бітеуіш нөмірі, оның алынған күні, сондай-ақ оны орнатқандардың және алып тастаушылардың қолдары бітеуіштерді орнату және алу журналында тіркеледі.

Жарылыс қаупі бар, өрт қаупі бар және адамдардың денсаулығына зиянды заттарды өндіруге байланысты жабдықтар мен құбырлар жұмыс қоспасынан, залалсыздандырудан (бейтараптандырудан, буландырудан, азотпен үрлеуден, желдетуден және т.б.) босатылады. Ауамен үрлегеннен кейін зиянды газдардың құрамы ШЖШ нормаларынан аспауы тиіс, ал жарылыс – өрт қауіпті булар немесе газдар-олардың БЖШ-ның 20% - ынан аспауы тиіс.

Жабдықты жөндеуге дайындау нәтижелерін ауысым бойынша аға ауысым журналына тіркейді, онда аппараттарды, машиналар мен құбыржолдарды көрсетеді.:

- жұмыс істеп тұрған жабдықтар мен коммуникациялардан толық ажыратылған;
- қысымда жоқ;
- 30 °С жоғары емес температураға дейін салқындатылған;
– "қосуға болмайды-адамдар жұмыс істейді!" деген плакаттар ілінген.".

Дайындық жұмыстары аяқталғаннан кейін ауысым бойынша аға қызметкер жөндеу жұмыстарын жүргізуге рұқсат береді.

Жөндеуге дайындалған жабдықты цех механигі аға ауысымнан акт бойынша қабылдайды. Жабдықты жөндеуге беру актісіне ауысым – тапсырушы бойынша аға, цех механигі-қабылдаушы қол қояды. Жөнделген жабдықты цех механигінен акт бойынша ауысым басшысы қабылдайды.

Күкірт алу қондырғысында дайындық және жөндеу жұмыстарының барлық түрлерінің дұрыс ұйымдастырылуын және қауіпсіз жүргізілуін

бақылауды цех басшысы, зауыттың техникалық қызметтері мен бөлімдерінің мамандары, өрт және техникалық қадағалау өкілдері жүзеге асырады..

9 Шешімдермен есептер мысалдары

1-мысал. Диаметрі 2 м және биіктігі 5 м Аппарат қалыңдығы 75 мм асбесттен жасалған жылу оқшаулағыш қабатымен жабылған. Жылу шығынын (жылу ағынын) оқшаулау қабаты арқылы анықтау.

Шешім: жылу өтетін орташа алаң:

$$F_{cp} = \pi\left(D_{cp}L + 2\frac{D^2}{4}\right) = 3{,}14\,(2{,}075\cdot 5 + 0{,}5\cdot 2^2) = 38{,}8 \text{ м}^2.$$

Жылу өткізгіштік коэффициенті асбест λ = 0,151 Вт/(м · К) кесте бойынша табамыз [3 XXVIII].

Оқшаулау арқылы жылу ағыны:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_г - t_х)F_{cp} = \frac{0{,}151}{0{,}075}(146-40)\,38{,}8 = 8280 \text{ Вт}.$$

2-мысал.Сұйық нитробензолдың жылу өткізгіштік коэффициентін есептеу.

Шешім: нитробензолдың меншікті жылу сыйымдылығы с = 1380 Дж/(кг · К).

30 0С кезінде нитробензол тығыздығы ρ ≈ 1200 кг/м3.

Нитробензолдың жылу өткізгіштік коэффициенті 30 ^{0}С-та:

$$\lambda_{30} = Ac\rho\sqrt[3]{\frac{\rho}{M}} = 4{,}22\cdot 10^{-8}\cdot 1380\cdot 1200\sqrt[3]{\frac{1200}{123}} = 0{,}149 \text{ Вт/(м · К)},$$

Вт / (м * К),

мұнда А = 4,22 · 10-8;

М = 123 кг / кмоль-нитробензолдың мольдік массасы.

120 0С кезінде нитробензолдың жылу өткізгіштік коэффициенті мынадай формула бойынша:

$$\lambda_t = \lambda_{30}[1-\varepsilon(t-30)] = 0{,}149[1-1{,}0\cdot 10^{-3}(120-30)] = 0{,}136 \text{ Вт/(м · К)}.$$

Эксперименталды мәліметтер бойынша [3(сурет Х)] λt = 0,137 Вт/(м · К).

3-мысал. 80 0С кезінде хлорлы натрий су ерітіндісінің 25% жылу өткізгіштік коэффициентін есептеу. Тығыздығы 25% хлорлы натрий ерітіндісі ρ = 1189 кг/м3.

Шешім: номограмма бойынша 30 0С кезінде хлорлы натрий ерітіндісінің 25% меншікті жылу сыйымдылығы с = 3390 Дж/(кг · К) тең.

Ерітіндінің мольдік массасы:

М = 0,907 • 18 + 0,093 • 58,5 = 21,7 кг / кмоль,

мұнда-ерітіндідегі хлорлы натрий үлесі.

30 °С кезінде хлорлы натрий ерітіндісінің 25% жылу өткізгіштік коэффициенті мынадай формула бойынша:

$$\lambda_{30} = 3{,}58\cdot 10^{-8}\cdot 3390\cdot 1189\sqrt[3]{\frac{1189}{21{,}7}} = 0{,}548 \text{ Вт/(м · К)}.$$

80 0С кезінде ерітіндінің жылу өткізгіштік коэффициенті:

Вт / (м * К),

мұндағы 0,674 және 0,615 Вт/(м · К) – 80 және 30 0С кезіндегі судың жылу өткізгіштік коэффициенттері.

4-мысал. Т = -160,6 0С кезінде сұйық метан үшін жылу өткізгіштік коэффициентін есептеу және алынған мәнді эксперименталды шамамен салыстыру.

Шешім:

Сұйық метан концентрацияланбаған сұйықтықтарға жатады.

$$\lambda_{30} = Ac\rho\sqrt[3]{\frac{\rho}{M}} = 4{,}22 \cdot 10^{-8} \cdot 3{,}47 \cdot 10^{3} \cdot 423\sqrt[3]{\frac{423}{16}} = 0{,}184 \text{ Вт/(м · К).}$$

мұнда А = 4,22 · 10-8;

с = 3,47 * 103 Дж / (кг · К) – Т = 112,6 К кезінде сұйық метанның меншікті жылу сыйымдылығы;

ρ = 423 кг – м3-сұйық метанның тығыздығы;

М = 16 кг / кмоль-метанның мольдік массасы.

Анықтама бойынша t = -160,6 0С кезіндегі сұйық метанның жылу өткізгіштік коэффициенті 0,194 Вт/(м · К) тең.

Формула бойынша есептеу кезіндегі қателік:

$$\frac{0{,}194 - 0{,}184}{0{,}184} 100 = 5{,}4\,\%.$$

Мысал 5. 300 0С кезінде құрғақ ауаның жылу өткізгіштік коэффициентін есептеу.

Шешім: жылу өткізгіштік коэффициенті мынадай формула бойынша анықталады:

$$\lambda = B\, c_{\upsilon} \mu, \qquad (72)$$

мұнда в = 1,9 екіатомды газдар үшін;

с – тұрақты көлемде үлестік жылу сыйымдылығы, ср/с = 1,4 е.

λ = 1,9 · 0,748 · 10^3 · 2,97 · 10^{-5} = 0,0422 Вт/(м · К).

$$c_{\upsilon} = \frac{c_p}{1{,}4} = \frac{1{,}05 \cdot 10^3}{1{,}4} = 0{,}748 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг · К),}$$

мұнда ср = 1,05 * 103 Дж / (кг · К) – 300 0С кезіндегі құрғақ ауаның меншікті жылу сыйымдылығы;

ауа тұтқырлығының динамикалық коэффициенті.

6-мысал. Құрамы газ қоспасы үшін 0оС кезінде жылуөткізгіштік коэффициентін есептеу: H_2-50 %, CO-40%, N_2-10% (көлемі бойынша).

Шешім: аддитивтілік ережесі қолданылмайды. Газ қоспасының жылу өткізгіштік коэффициентін мына формула бойынша анықтауға болады.

Қоспаның жекелеген компоненттері үшін физика-химиялық константалардың мәнін жазыңыз:

Компонент	ρ_o, кг/м^3	$c_\upsilon \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг · К)	$k = \frac{c_p}{c_\upsilon}$	$\mu \cdot 10^3$, Па · с
H_2	0,09	10,14	1,41	0,00842
CO	1,25	0,75	1,4	0,0166
N_2	1,25	0,75	1,4	0,017

Газ қоспасының жаппай құрамын табамыз:

Компонент	$м^3$ [%(об.)]	кг	% (масс.)
H_2 CO N_2	50 40 10	50 · 0,09 = 4,5 40 · 1.25 = 50,0 10 · 1.25 = 12,5	6,7 74,6 18,7
Итого:	100	67,0	100,0

Газ қоспасы үшін С Е:

c_v = 0,067 · 10,14 · 10^3 + 0,746 · 0,75 · 10^3 + 0,187 · 0,75 · 10^3 = 1,379 · 10^3 Дж/(кг · К).

Газ қоспасының тұтқырлығының динамикалық коэффициентін мына формула бойынша табамыз:

$$\mu_{см} = \frac{(0{,}5 \cdot 8{,}13 \cdot 0{,}00842 + 0{,}4 \cdot 61{,}4 \cdot 0{,}0166 + 0{,}1 \cdot 59{,}5 \cdot 0{,}017) \cdot 10^{-3}}{0{,}5 \cdot 8{,}13 + 0{,}4 \cdot 61{,}4 + 0{,}1 \cdot 59{,}5} = 0{,}0156 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

В коэффициентін есептейміз:

B = 0,25 (9 · 1,4 – 5) = 1,9.

Көрсетілген формула бойынша газ қоспасының жылу өткізгіштік коэффициентін анықтаймыз:

λ = 1,9 · 1,379 · 10^3 · 0,0156 · 10^{-3} = 0,041 Вт/(м · К).

Егер газ қоспасының жылу өткізгіштік коэффициентін аддитивтілік ережесі бойынша есептесе, онда аддитивтілік үшін аламыз:

көлемі бойынша

$\lambda_{см}$ = 0,0926 Вт/(м · К);

масса бойынша

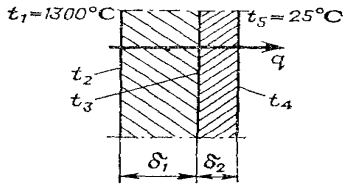
$\lambda_{см}$ = 0,0317 Вт/(м · К).

7-мысал. Пештің қабырғасы екі қабаттан тұрады: отқа төзімді кірпіштен (δ1 = 500 мм) және құрылыс кірпішінен (δ2 = 250 мм). Пеш ішіндегі температура 1300 0С, қоршаған кеңістіктің температурасы 25 0С. Анықтау: А) қабырға бетінің 1 м2 жылу жоғалуы және б) отқа төзімді және құрылыс кірпіштерінің арасындағы қырдағы t3 температурасы. Пеш газдарынан қабырғаға жылу беру коэффициенті α1 = 34,8 Вт/(м2 · К); қабырғадан ауаға жылу беру коэффициенті α2 = 16,2 Вт/(м2 · К). Отқа төзімді кірпіштің жылу өткізгіштік коэффициенті λ1 = 1,16 Вт/(м * К); құрылыс кірпішінің жылу өткізгіштік коэффициенті λ2 = 0,58 Вт/(м · К).

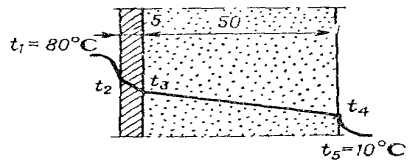
Шешім: пеш қабырғасы арқылы жылу беру процесінің сұлбасы 69-суретте көрсетілген.

а) жылу беру коэффициенті:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{34{,}8} + \frac{0{,}5}{0{,}16} + \frac{0{,}25}{0{,}58} + \frac{1}{16{,}2}} = 1{,}05 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$



Сур. 69 (мысалы 7).



Сур. 70 (мысалы 8).

Қабырға бетінің 1 м$_2$ жылу ысырабы мынадай формула бойынша анықталады:

$q = K \cdot (t_1 - t_5)$ (73)

q = 1,05 · (1300 – 25) = 1340 Вт/м2.

б) отқа төзімді және құрылыс кірпіштерінің арасындағы қырдағы Т3 температурасы теңдеу жүйесінен табылуы мүмкін:

$$q = \alpha_1 (t_1 - t_2) = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_2 - t_3).$$

(74)

мұндағы: $t_2 = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 1300 - \frac{1240}{34{,}8} = 1261$ °C;

$t_3 = t_2 - \frac{q\delta_1}{\lambda_1} = 1261 - \frac{1340 \cdot 0{,}5}{1{,}16} = 684$ °C

Құрылыс кірпіші 800 0С дейін қолданылуы мүмкін. Демек, құрылыс кірпішінің ішкі бетіндегі температура t3 = 684 0С рұқсат етіледі.

8-мысал. Жылу алмастырғыштың сыртқы қабырғасының ішкі t2 және сыртқы t3 температурасын, сондай-ақ аппаратты жабатын оқшаулаудың сыртқы бетінің Т4 температурасын анықтау. Жылу алмастырғышындағы сұйықтық температурасы t1 = 80 °С, сыртқы ауа температурасы t5 = 10 ° с. Жылу алмастырғыш болаттан жасалған; болат қабырғасының қалыңдығы δст = 5 мм, оқшаулама қалыңдығы δиз = 50 мм.сұйықтықтан аппарат қабырғасына жылу беру коэффициенті α1 = 232 Вт/(м2 · К), оқшаулама бетінен ауаға жылу беру коэффициенті α2 = 10,4 Вт/(м2 · К),оқшаулама жылу өткізу коэффициенті λиз = 0,12 Вт/(м · К).

Шешім: суретте.Оқшаулаумен жабылған аппарат қабырғасының схемалық қимасы берілген.

Жылу беру коэффициенті:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{232} + \frac{0{,}005}{46{,}5} + \frac{0{,}05}{0{,}12} + \frac{1}{10{,}4}} = 1{,}86 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

мұнда λст = 46,5 Вт / (м · К).

Үлес жылу ағыны мынадай формула бойынша анықталады:

$q = K (t_1 - t_5)$ (75)

$q = 1{,}86 \cdot (80 - 10) = 130$ Вт/м^2.

Т2, t3 және t4 температуралары теңдеулер жүйесінен анықталады:

$$q = \alpha_1(t_1 - t_2) = \frac{\lambda_{ст}}{\delta_{ст}}(t_2 - t_3) = \alpha_2(t_4 - t_5) \quad (76)$$

Аппарат қабырғасының ішкі бетінің температурасы:

$$t_2 = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 80 - \frac{130}{232} = 79{,}4\,^{o}\text{C}.$$

Аппарат қабырғасының сыртқы бетінің температурасы:

$$t_3 = t_2 - q\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = 79{,}4 - \frac{130 \cdot 0{,}005}{46{,}5} = 79{,}4\,^{0}\text{C}.$$

Оқшаулаудың сыртқы бетінің температурасы:

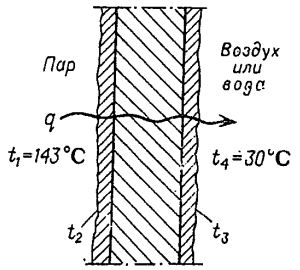
$$t_4 = \frac{q}{\alpha_2} + t_5 = \frac{130}{232} - 10 = 22{,}4\ ^{o}\text{C}.$$

Көріп отырғанымыздай, оқшаулау болған, термикалық кедергісі болат қабырғасының елемеуге болады ($t_2 \approx t_3$).

9-мысал. Бу қыздырғышындағы қабырғаның орташа температурасын анықтау, онда жылытқыш бумен (ра6с = 4 кгс/см2) жылынады: а) атмосфералық қысым кезіндегі ауа; Б) су. Ауа мен судың орташа температурасы 30оС. Бу, ауа және су үшін жылу беру коэффициенттері орташа деректер бойынша жақынырақ алынады (құбырлардағы турбуленттік ағыс). Қабырғаның екі жағында тоттың болуын ескеру. Бір тоттың жылу өткізгіштігі: 1/грж = 2320 Вт/(м2·К). Температуралардың белгіленуі-71-суретте қараңыз.

Шешім: Т2 және t3 қабырғасының температурасы теңдеу жүйесінен табамыз:

$$q = \alpha_1(t_1 - t_2) = \alpha_2(t_3 - t_4) \qquad (77)$$



71-сурет (9-мысал).

$p_{абс}$ = 4 кгс/см^2 кезінде су буының конденсация температурасы $p_{абс}$ = 4 кгс/см^2 тең.

а) Бумен ауа қызады.

Жылу беру коэффициенті:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_{рж} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_{рж} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{13300} + \frac{1}{2320} + \frac{0{,}004}{46{,}5} + \frac{1}{46{,}4}} = 44{,}3\ \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

мұнда конденсацияланатын бу үшін жылу беру коэффициенті α_1 = 13300 Вт/(м^2 · К), ауа үшін α_2 = 46,4 Вт/(м^2 · К);

жылу өткізгіштік коэффициенті λст = 46,5 Вт/(м · К).

Үлес жылу ағыны мынадай формула бойынша анықталады:

$$q = K(t_1 - t_3)$$

q = 44,3 (143-30) = 5010 Вт/м2.

Температура t_2:

$$t_2 = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 143 - \frac{5010}{13300} = 142{,}6\ ^{o}\text{C}.$$

t_3: температурасы:

$$t_3 = t_4 - \frac{q}{\alpha_2} = 30 - \frac{5010}{46,4} = 138\ ^oC.$$

Қабырғаның орташа температурасы:

$$t_{ср} = \frac{t_2 + t_3}{2} = 140\ ^oC.$$

б) бумен су қызады.

Жылу беру коэффициенті:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_{ржс} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_{ржс} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{13300} + \frac{1}{2320} + \frac{0,004}{46,5} + \frac{1}{2320} + \frac{1}{3420}} = 761\ \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Мұнда су үшін жылу беру коэффициенті α2 = 3420 Вт/(м2 · К).

Меншікті жылу жүктемесі мынадай формула бойынша анықталады:

$$q = K\,(t_1 - t_4) \tag{79}$$

q = 761· (143 – 30) = 86000 Вт/м^2.

t_2 температурасы:

$$t_2 = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 143 - \frac{86000}{13340} = 136,5\ ^oC$$

T_3 температурасы:

$$t_3 = t_4 - \frac{q}{\alpha_2} = 30 - \frac{86000}{3420} = 55,2\ ^oC.$$

Қабырғаның орташа температурасы:

$$t_{ср} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{136,5 + 55,2}{2} = 96\ ^oC.$$

Мысал 10. Крекинг-қондырғыдан кететін крекинг-қалдық жылуы осы қондырғыға қайта өңдеу үшін түсетін мұнайды жылыту үшін пайдаланылады. Егер крекинг-қалдық tнач = 300 0С, tкон = 200 0С, ал мұнай tнач = 25 0С, tкон = 175 0С болса, жылытқыш крекинг-қалдық пен жылытылатын мұнай арасындағы жылу алмастырғыштағы температуралардың орташа айырмашылығын анықтау.

Шешім:

Екі жағдайды қарастырайық.

1 жағдай. Тікелей ағу – екі сұйықтық бір бағытта қозғалады:

$$\begin{array}{c} 300 \longrightarrow 200 \\ 25 \longrightarrow 175 \\ \hline \Delta t_б = 275 \quad \Delta t_м = 25 \end{array}; \qquad \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м} = \frac{275}{25} \rangle\ 2.$$

Демек,

$$\Delta t_{ср} = \frac{275-25}{2{,}3\ \lg\frac{275}{25}} = 104\ ^0C = 104\ K.$$

2 случай. Тікелей ағу – жидкости движутся в противоположных направлениях:

$$\begin{array}{c} 300 \longrightarrow 200 \\ 175 \longleftarrow 25 \\ \hline \Delta t_м = 125 \quad \Delta t_б = 175 \end{array}; \qquad \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м} = \frac{175}{125} \langle\ 2.$$

Демек,

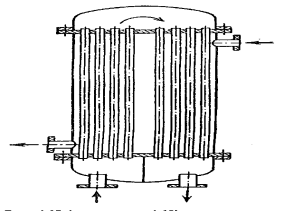
$$\Delta t_{ср} = \frac{125+175}{2} = 150^0\,C = 150\,K.$$

Егер тұманға арналған температуралардың орташа айырмашылығын орташа логарифмдік ретінде есептесе, 149 ^{0}С = 149 к аламыз.

Келтірілген есептерден басқа тең жағдайларда қарсы тұманға қарсы температураның орташа айырмасы тура ағынға қарағанда көп болады.

Тұманға қарсы болған жағдайда жылытылатын сұйықтық (мұнай) 175 ^{0}С -тан (мысалы 290 ^{0}С -қа дейін) әлдеқайда жоғары температураға дейін қызуы мүмкін, ал крекинг-қалдық 200 ^{0}С -тан төмен көп салқындатылуы мүмкін. Бұл тұманға қарсы негізгі артықшылығы болып табылады.

11-мысал. Құбыраралық кеңістікте бір жүрісі және құбырдағы екі Жүрісі бар көп жүрісті жылу алмастырғыштағы температуралардың орташа айырмашылығын анықтау (сурет. 72).



Сур. 72 (мысалы 11).

Ыстық жылу тасымалдағыштың бастапқы температурасы T_1 = 80 ^{0}С;

Ыстық жылу тасымалдағыштың соңғы температурасы T_2 = 80 ^{0}С;

Суық жылу тасымалдағыштың бастапқы температурасы T_1 = 80 ^{0}С;

Суық жылу тасымалдағыштың соңғы температурасы t_2 = 40 0С.

Шешім:

Формуласын қолданайық:

$$A = \sqrt{\delta T^2 + \delta t^2} = \sqrt{40^2 + 20^2} = 44{,}7\,.$$

Тоққа қарсы температуралық схема:

$$\begin{array}{c} 80 \longrightarrow 40 \\ 40 \longleftarrow 20 \\ \hline \Delta t_б = 40 \quad \Delta t_м = 20 \end{array}$$

Көп жүрісті жылу алмастырғыштағы температуралардың орташа айырмашылығы:

$$\Delta t_{ср} = \frac{A}{2{,}3\ \lg \frac{\Delta t_б + \Delta t_м + A}{\Delta t_б + \Delta t_м - A}} = \frac{44{,}7}{2{,}3\ \lg \frac{40+20+44{,}7}{40+20-44{,}7}} = 23{,}2\ ^0C = 23{,}2\ K.$$

$\Delta t_{ср}$ есебін $\Delta t_{ср} = \varepsilon_{\Delta t} \Delta t_{пр}$ формуласы бойынша жасайық:

Тұманға арналған температуралардың орташа айырмашылығын есептейміз:

$$\Delta t_{пр} = \frac{40+20}{2} = 30\ ^oC = 30\ K.$$

P және R шамаларын табамыз:

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{40-20}{80-20} = 0{,}33$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{80-40}{40-20} = 2$$

Кесте бойынша, А) түзету коэффициентінің мәнін анықтаймыз. K = 0,33 және R = 2 кезіндеΔt = 0,78 деп аламыз.

Сондықтан, көп кіріс жылу алмастырғышындағы температураның орташа айырмашылығы мына формуламен анықталады: $\Delta t_{ср} = \varepsilon_{\Delta t} \cdot \Delta t_{пр}$ (81)

$\Delta t_{ср} = 0{,}78 \cdot 30 = 23{,}4\ ^oC = 23{,}4$ К.

12-мысал. Гексан мен судың қоспасынан тұратын сұйықтық үшін 50 0С кезінде тепе-тең бу фазасының құрамын, олардың толық өзара ерімеуін болжай отырып, есептеу.

Шешім:

Гексанның қаныққан буының қысымы 50 ^{0}С кезінде 400 мм рт тең. 50 ^{0}С кезінде қаныққан су буының қысымы 92,5 мм с. құрайды. құжат

Компоненттердің толық өзара ерімеуі кезінде әрбір компоненттің р парциалды қысымы оның қаныққан буының қысымына тең болады.

Бу қоспасының жалпы қысымы:

$П = p_в + p_г = P_В + P_г$ (82)

П = 400 + 92,6 = 492,5 мм.сын. бағ.құжат

Бу фазасындағы гексанның моль үлесін теңдеуді табамыз:

$y_г = p_г/П$ (83)

$y_г = 400/492{,}5 = 0{,}812.$

Судың мольдік үлесі мынадай формула бойынша анықталады:

$y_в = p_в/П$ (84)

$y_в = 1 - y_г = 0{,}188.$

13-мысал. Толуол мен судың сұйық қоспасының атмосфералық қысымы кезінде қайнау температурасын, олардың толық өзара ерімеуін ескере отырып анықтау.

Шешім:

Бұл қоспа толуол мен судың қаныққан буының қысымының сомасы 760 мм рт тең болатын температурада қайнайды. құжат

Диаграммадан толуолдың қаныққан буының қысымының қисығы судың қаныққан буының қысымының қисығымен қиылысуы (760 мм рт кейінге қалдырылған ог. жоғарыдан төмен) 84 ^{0}С кезінде жүреді. Бұл қисықтардың қиылысу нүктесі қаныққан бу қысымының қосындысы 760 мм рт тең болатын температураға сәйкес келеді.ст., онда бұл температура және қоспаның қайнау температурасы болады.

14-мысал. 40% - дан тұратын сұйық қоспа үшін 60 ^{0}С кезінде тепе-тең бу фазасының құрамын есептеу (мол.) бензол және 60% (мол.) толуол, бұл қоспа Рауль заңымен сипатталады деп есептей отырып. Бензол мен толуолдың сұйық қоспасы 90 ^{0}С қысымда 760 мм рт қайнатады.құжат

Шешім:

60^{0}С кезінде бензол мен толуолдың қаныққан буының қысымы мына бойынша анықталады: бензол үшін Рб = 385 мм рт.ст.; толуол үшін $P_т$ = 140 мм рт.ст.

Бензол мен толуолдың парциалды қысымын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$p_б = P_б x_б \qquad (85)$$

$p_б$ = 385 · 0,4 = 154 мм рт.ст.

$$p_т = P_т x_т = P_т (1 - x_б) \qquad (86)$$

$p_т$ = 140 (1 – 0,4) = 84 мм рт.ст.

Жалпы қысым:

$$П = p_б + p_т = 154 + 84 = 238 \text{ мм рт. ст.}$$

П = 154 + 84 = 238 мм рт. ст.

Бу фазасының құрамын мына формула бойынша анықтаймыз:

уб = рб / П (87)

уб = 154/238 = 0,648.

Сонымен, тепе-тең жұп 64,8 % (мол .) бензол және 35,2% (мол.) толуол.

760 мм рт қысымда қайнайтын сұйықтықтың құрамын анықтау үшін. 90 0С кезінде теңдеуді жазамыз:

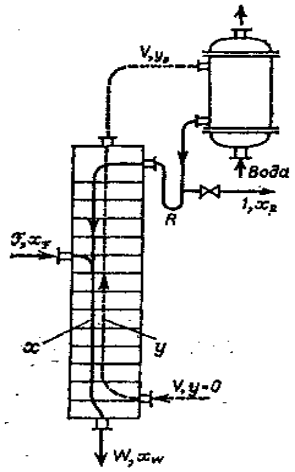
$$П = P_б x_б + P_т x_т \text{ или } 760 = 1013 x_б + 408 (1 - x_б), \qquad (88)$$

$$\text{одан } x_б = 58{,}3\ \%;\ x = 41{,}7\ \%,$$

мұнда 1013 және 408 – 90^{0}С кезіндегі таза бензол мен толуолдың қаныққан буының қысымы, мм рт. құжат

15-мысал. Үздіксіз жұмыс істейтін ректификациялық колоннада құрамында 25% (мол.) этил спирті. Дистилляттың талап етілетін концентрациясы 80 % (мол.құрамында 0,1%-дан аспайтын (мол.). Текше колонналар өткір бу беріледі. Флегманың жұмыс санын және қатты 1 кмоль

дистиллятта бу және кубтық қалдық. Жұмыс желілерін y–x диаграммасына жағыңыз.



73-сурет. Ректификациялық колоннадағы материалдық ағындардың (салыстырмалы мольдік шығыстардың) схемасы (15-мысал).

Шешім:

- Сур. 73 дана схемасы материалдық ағындарын (салыстырмалы мольных шығыстар) ректификационной колоннада, куб онда беріледі өткір бу.

Бағананың материалдық баланс теңдеулерінен:

$$F + V = 1 + W;\ Fx_F = x_D + Wx_w \qquad (89)$$

W = F + R кезінде біз аламыз:

$$F = \frac{x_D + Rx_W}{x_F - x_W};\ W = \frac{x_D + Rx_F}{x_F - x_W};\ V = R + 1$$

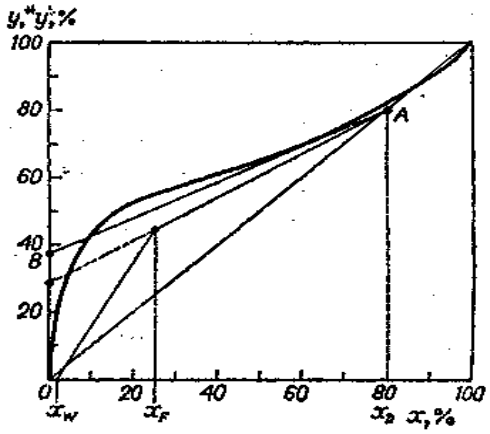
Жұмыс сызықтарының теңдеулері:

бағананың жоғарғы бөлігі

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1}$$

бағанның төменгі бөлігі

$$y = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{R+F}{R+1}x_W \qquad (90)$$



Сур. 74 тепе-теңдік қисығы (мысалы 15).

Бұл теңдеулерде: $F = G_F/G_D$; $W = G_w/G_D$; $V = G_V/G_D$; G_F, G_D, G_w, G_V – қоректендірудің, дистилляттың, текше қалдығының, берілетін будың, кмоль / с.

Колоннаның жоғарғы бөлігінің жұмыс сызығы колоннаны бітеу бумен жылытқан кезде сияқты, ол x = xD осі кезінде У – x диаграммасының диагоналін қиып өтеді.

$$x = \frac{x_D}{R+1}.$$

Колоннаның төменгі бөлігінің жұмыс сызықтары x = xw кезінде абсцисс осін қиып өтеді; екі жұмыс сызықтары x = xF кезінде қиылысады. Теңдеу бойынша флегманың жұмыс санын табамыз:

$$R = 1{,}3R_{мин} + 0{,}3 \qquad (91)$$

Деректер бойынша салынған тепе-теңдік қисығы ойпаты бар (сурет. 74). А нүктесінен Rминді анықтау үшін тепе-теңдік қисығына карательді АВ өткіземіз. Касательная АВ отсекает осіне ррданат: кесінді тең 37,5.

Осыдан:

$$\frac{x_D}{R_{мин}+1} = 0{,}375 \text{ и } R_{мин}\frac{0{,}8-0{,}375}{0{,}375} = 1{,}13$$

Флегманың жұмыс Саны: $R = 1{,}3 \cdot 1{,}13 + 0{,}3 = 1{,}77$.

R = 1,77 кезінде ординат осіне баганның жоғарғы бөлігінің жұмыс сызығымен кесілетін кесінді:

$$\frac{x_D}{R+1} = \frac{0{,}8}{1{,}77+1} = 0{,}289$$

Жұмыс сызықтарын диаграммаға түсіреміз-74 сурет (суретте xw нүктесі абсцисс осіне масштабта емес жазылған). Салыстырмалы мольдік шығындарды табамыз:

$$F = \frac{x_0 + Rx_W}{x_F - x_W} = \frac{80 + 1{,}77 \cdot 0{,}1}{25 - 0{,}1} = 3{,}21$$

Материалдық балансты тексеру:

$$F + V = 1 + W \quad (92)$$

3,21 + 2,77 = 1 + 4,98.

Колоннаға берілетін өткір будың шығынын келесі түрі бар колоннаның жылу балансының теңдеуі бойынша тексеру керек:

$$G'_V i_П + G'_F c_F t_F = Q_Д + G'_D c_D t_D + G'_W c_W t_W + Q_{пот}, \quad (93)$$

где G'_V, G'_F, G'_D, G'_W – будың, бастапқы қоспаның, дистилляттың, текше қалдықтың жаппай шығыстары, кг / с; $G'_W = G'_V + G'_F - G'_D$;

c_D, c_W – тиісті үлестік жылу сыйымдылығы, Дж/(кг · К);

t_D, t_W – температуралар, ^{0}С;

$i_П$ – будың үлестік энтальпиясы, Дж/кг;

$Q_д$ – дефлегматордағы салқындатқыш суға берілетін жылу шығыны, Вт;

$Q_{пот}$ – қоршаған ортаға жылу шығындары, Вт.

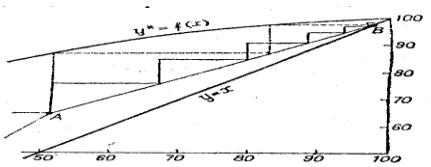
16-мысал. Құрамында 51,5 % (мол. 5 % концентрациясы бар дистиллят алу талап етіледі.). Эксперименталды деректер бойынша байыту коэффициенті (к.п. д.) 50-60 % (мол.) сұйықтықтың құрамына іс жүзінде тәуелді емес және осы жылдамдық үшін бу 0,5 тең (барлық қарындарда бір). Бағанның жоғарғы бөлігіндегі тарелкалардың талап етілетін санын екі тәсілмен анықтау:

а) концентрацияның өзгеру сатыларының саны арқылы, орташа к. п. д. h. жеке тәрелкелер сияқты деп саналады.;

Б) нақты тәрелкелердің санын тікелей құрумен, Н0 = 0,5 (кинетикалық қисық әдісі)).

Шешім: суретте.АВ – бағанның жоғарғы бөлігінің жұмыс сызығы.

а) А нүктесінен (пунктир) бастап, NT концентрациясының өзгеру сатысының санын анықтаймыз.



75-сурет. (16-мысалға арналған).

П = 2 аламыз және теңдеуі бойынша табамыз: п = пт/η - 2/0,5 = 4. Құрудамыз бастап, сол нүктеден А сатысына сәйкес келетін жарамды тарелкам, η0 = 0,5, яғни делим пополам бөлік ордината арасындағы равновесной және жұмыс сызықтармен. Бірінші жолмен р = 6 табамыз. Екі жолмен алынған нәтижелер бірдей емес. Екінші әдіс сенімді нәтиже береді.

17-мысал. Сұйық қоспа құрамында 58,8 % (мол.) толуол және 41,2 % (мол.) төрт хлорлы көміртек (ч. х. у). $\overline{X}\left(\text{в } \frac{кг\,толуола}{кг\,ч.х.у}\right)$Салыстырмалы массалық концентрациясын анықтау

толуол және оның $\overline{G}_x$ (в кг/м^3) көлемді массалық концентрациясын анықтау.

мұнда $M_{тол}$ -толуолдың моль массасы (92 кг / кмоль);

$M_{ч\cdot х\cdot у}$ – сол төрт хлорлы көміртек (154 кг / кмоль);

Х – толуолдың мольдік үлесі.

Иеміз:

$$\overline{X} = \frac{92 \cdot 0{,}588}{154 \cdot 0{,}412} = 0{,}853\ \frac{кг\,толуола}{кг\,ч.х.у}$$

Толуолдың көлемді массалық концентрациясын есептеу үшін РСМ қоспасының тығыздығын білу қажет. Тығыздықты есептеу үшін алдын ала толуолдың массалық үлесін табамыз .

$$\overline{x} = \frac{\overline{X}}{1+\overline{X}} = \frac{0{,}853}{1{,}853} = 0{,}461.$$

Одан әрі сынап толуолының тығыздығы = 870 кг/м3, төрт хлорлы көміртегінің тығыздығы рч.х. у = 1630 кг / м3.

Араластыру кезінде көлемнің өзгеруі болмайды деп есептей отырып, яғни қоспаның көлемі компоненттер көлемінің сомасына тең, қоспаның 1 кг көлемін табамыз:

.

Қоспа тығыздығы қайдан:

$$\rho_{см} = \frac{1}{0{,}862 \cdot 10^{-3}} = 1160\,кг/м^3.$$

Рсм есептей аласыз және солай:

Толуолдың көлемді массалық концентрациясы:

$$\overline{C}_x = \rho\overline{x} = 1160 \cdot 0{,}461 = 535\,кг/м^3.$$

18-мысал. 34 ^{0}С температурада атмосфералық қысымның ауасы су буына қаныққан. Ауа-бу қоспасындағы ауаның парциалды қысымын, көлемдік және массалық % буды және оның салыстырмалы массалық концентрациясын анықтау. Атмосфералық қысым 745 мм рт.ст.ауа-бу қоспасының тығыздығын анықтау, оны құрғақ ауа тығыздығымен салыстыру.

Шешім:

Бойынша табамыз, яғни t = 34 ^{0}С, қысымы қаныққан сулы бу 39,9 мм.сын. бағ.бұл қысым ауа-бу қоспасындағы рп су буының парциалды қысымы, ал ауаның парциалды қысымы тең:

$$p_B = 1 - p_п = 745 - 39{,}9 \approx 705 \text{ мм.рт.ст.}$$

Қоспадағы су буының мольдік (көлемдік) үлесі мынадай формула бойынша анықталады:

$$y = p_п/П \qquad (95)$$

y = 39,9/745 = 0,0535.

Будың салмақтық үлесі:

$$\bar{y} = \frac{M_п y}{M_П y + M_B(1-y)} = \frac{18 \cdot 0{,}0535}{18 \cdot 0{,}0535 + 29 \cdot 0{,}9465} = 0{,}0339.$$

Салыстырмалы массалық концентрация:

$$\bar{Y} = \frac{\bar{y}}{1-\bar{y}} = \frac{0{,}0339}{0{,}9661} = 0{,}0351 \frac{кг\,пара}{кг\,воздуха}$$

Ауа-бу қоспасының тығыздығы, әрқайсысы парциалды қысымда алынған компоненттер тығыздығының сомасы ретінде есептеледі:

$$\rho_{см} = \rho_B + \rho_П = \frac{M_B p_B T_0}{22{,}4 T П_0} = \frac{M_П p_П T_0}{22{,}4 T П_0} = \frac{T_0}{22{,}4 T П_0}(M_B p_П + M_П p_П) =$$

$$= \frac{273}{22{,}4 \cdot 307 \cdot 760}(29 \cdot 705 + 18 \cdot 39{,}9) = 1{,}105 \ кг/м^3.$$

Қоспаның тығыздығын басқаша есептеуге болады.

Қоспаның мольдік массасы:

$$M_{см} = M_П y + M_B(1-y) = 18 \cdot 0{,}0535 + 29 \cdot 0{,}9465 = 28{,}4 \, кг/моль.$$

П = 745 мм сын.бағ. және t = 34 ^{0}С кезіндегі қоспа тығыздығы:

$$\rho_{см} = \frac{M_{см} П T_0}{22{,}4 П_0 T} = \frac{28{,}4 \cdot 745 \cdot 273}{22{,}4 \cdot 760 \cdot 307} = 1{,}105 \, кг/м^3.$$

Сол қысым мен температура кезінде құрғақ ауаның тығыздығы:

$$\rho_{с.в} = \frac{M_B П T_0}{22{,}4 T П_0} = \frac{29 \cdot 745 \cdot 273}{22{,}4 \cdot 307 \cdot 760} = 1{,}13 \ кг/м^3.$$

19-мысал. 25 0С температурада жанасу келтірілген: 14% (айн . а) 1 кг суға 0,29·10-3 кг; б) 1 кг суға 0,153·10-3 кг. Анықтау: 1) ацетилен қандай фазадан қандай кезеңге ауысатынын; 2) уақыттың бастапқы сәтінде (салыстырмалы моль концентрацияларында) ауысудың осы процесінің қозғаушы күшін. Атмосфералық қысым 765 мм рт. газ және сұйық фазалардағы ацетиленнің тепе-тең концентрациясы Генри заңымен анықталады.

Шешім: Генри Заңы: р * = Ех (96)

Табамыз, яғни t = 25 0С-Генри коэффициенті = 1,01 · 106 мм.сын. бағ.құжат

Ауадағы ацетиленнің тепе-теңдігі бойынша парциалды қысымы:

$$p = yП \quad (97)$$

p = 0,14 · 765= 107 мм рт.ст.

а) Суда ацетиленнің мольдік үлесі $\overline{X} = 0{,}29 \cdot 10^{-3} \frac{кг\ ацетилена}{кг\ воды}$

$$x = \frac{\overline{X}}{\overline{X} + \frac{M_{ац}}{M_{в}}} = \frac{0{,}29 \cdot 10^{-3}}{0{,}29 \cdot 10^{-3} + \frac{26}{18}} \approx \frac{18 \cdot 0{,}29 \cdot 10^{-3}}{26} = 0{,}2 \cdot 10^{-3}$$

Мысал сұрақтарына жауаптар екі жолмен алынуы мүмкін.

1. Тепе-теңдік жағдайында газ фазасындағы ацетиленнің парциалды қысымы x = 0,2 · 10-3 Генри Заңы бойынша:

p * = Ex = 1,01 · 106 · 0,2 ·10-3 = 202 мм рт.құжат

Осы сұйықтықтың шын мәнінде бар ацетиленнің парциалды қысымы аз: p = 107 мм рт.масса беру процесінде газ-сұйықтық жүйесі тепе-теңдік жағдайына жақындау үшін, газ фазасындағы ацетиленнің парциалды қысымы артуы тиіс, яғни ол Судан ауаға өтетін болады.

Бұл ауысу процесінің қозғаушы күші (тепе-теңдік күйінен ауытқу) бастапқы уақытта тең болады: ацетилен парциалды қысымының бірлігінде:

$$\Delta p = p^* - p \qquad (98)$$

Δp = 202 – 107 = 95 мм рт.ст.

Үлестік үлеспен

$$\Delta y = y^* - y = \frac{202}{765} - 0{,}14 = 0{,}264 - 0{,}14 = 0{,}124 \cdot$$

II. Ацетиленнің парциалды қысымы 107 мм рт тең газ фазасымен тепе-теңдік жағдайында.Генри Заңы бойынша су ацетилен концентрациясы болуы тиіс (мол үлеспен):

Судағы ацетиленнің шын мәнінде молдық үлесі көп: x = 0,2 · 10-3. Масса өту барысында жүйе тепе-теңдік жағдайына жақындау үшін, судағы ацетиленнің молдық үлесі азаю керек, яғни ацетилен Судан ауаға өтеді.

Уақыттың бастапқы сәтінде осы үрдістің қозғаушы күші (оны сұйық фазадағы концентрациясы бойынша есептей отырып):

үлестік үлеспен

салыстырмалы моль концентрациясында

(99)

Осы мысалда x ЖӘНЕ x* екеуі де көп бірліктен аз болғандықтан, соңғы теңдеу туындыларын олар елемеуге болады.

б) судағы ацетиленнің мольдік үлесі:

Ацетилен бір фазадан екінші фазаға ауысу болмайды.

Мысал 20. 40 0С суда күкіртсутегінің диффузия коэффициентін есептеу.

Шешім:

Алдымен формула бойынша 20 0С кезінде диффузия коэффициентін есептейміз:

$$D_{20}\frac{1\cdot 10^{-5}}{AB\sqrt{\mu\left(v_A^{1/3}+v_B^{1/3}\right)^2}}\sqrt{\frac{1}{M_A}+\frac{1}{M_B}} \qquad (100)$$

Күкіртті сутек үшін: $A = 1$;

$v_A = 2 \cdot 3{,}7 + 25{,}6 = 33{,}0$;

$M_A = 34$.

Для воды: $B = 4{,}7$;

$\mu = 1$ сП = 1 мПа · с;

$v_B = 2 \cdot 3{,}7+7{,}4 = 14{,}8$;

$M_B = 18$.

Бұл мәндерді формулаға қойыңыз:

$$D_{20}=\frac{1\cdot 10^{-6}}{4{,}7\cdot 1\left(14{,}8^{1/3}+33^{1/3}\right)^2}\sqrt{\frac{1}{18}+\frac{1}{34}}=1{,}93\cdot 10^{-9}\,м^2/с.$$

Мына формула бойынша В температуралық коэффициентін есептейміз:

$$b=\frac{0{,}2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}=\frac{0{,}2\sqrt{1}}{\sqrt[3]{1000}}=0{,}02$$

Іздеу диффузия коэффициенті тең:

$$D_{40}=1{,}93\cdot 10^{-9}\left[1+0{,}02(40-20)\right]=2{,}7\cdot 10^{-9}\,м^2/с.$$

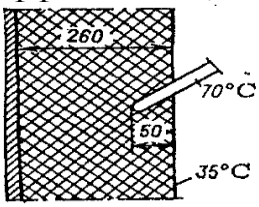
Салыстыру үшін 40 0С суда күкіртсутегінің диффузия коэффициентін есептейміз:

$$D_{40}=\frac{7{,}4\cdot 10^{-12}(2{,}6\cdot 18)^{0{,}5}\cdot 313}{0{,}656\cdot 33^{0{,}6}}=\frac{7{,}4\cdot 10^{-12}\cdot 6{,}83\cdot 313}{0{,}656\cdot 8{,}15}=2{,}96\cdot 10^{-9}\,м^2/с,$$

мұндағы 0,656 сП-40 0С кезіндегі судың тұтқырлығының динамикалық коэффициенті.

9.1 Өзіндік жұмыс үшін тапсырмалар

1. Диаметрі 38 х 2,5 мм құбырдан оралған Болат жыланның қабырғасының термиялық кедергісі, егер оны қалыңдығы 0,5 мм эмаль қабатымен жабатын болса, қанша есе артады? Қабырғаны жазық деп санау. Эмальдің жылу өткізгіштік коэффициенті 1,05 Вт / (м * К).



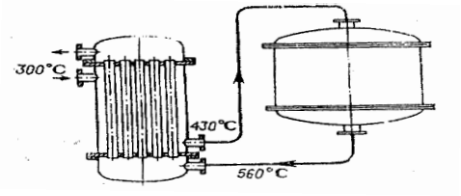
Сур. 76 (2-Бақылау міндетіне).

2. Аппараттың ішкі бетінің температурасын табу (сурет. 76) егер сыртқы бетіндегі температура 35 0С болса. Сыртқы бетінен 50 мм тереңдікке бекітілген термометр 70 0С температураны көрсетеді.

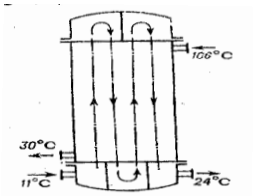
3. Кожухотрубчатый противоточный жылу алмастырғыш (сур. 77) күкірт қышқылы зауытында контактілі аппараттың алдында 360 м2 жылу алмасу беті болады. Колчеданды пештердің тазартылған газы 300ос кезінде жылу алмастырғыштың құбыраралық кеңістігіне түседі, 430ос кезінде шығады. Контактілі аппараттан ыстық газ 560 0С жылу алмастырғыш құбырларына кіреді. Газ шығыны 10 т/сағ, газдың меншікті жылу

сыйымдылығы орташа 1,05 · 103Дж/(кг · К). Жылу алмастырғыштың қаптамалары арқылы жылудың ысырабы жылытылатын газбен алынған жылу мөлшерінің 10% - ын құрайды. Жылу алмастырғышта жылу беру коэффициентін анықтау.

4. Құбыр кеңістігінде төрт жүрісі және құбыраралық Жүрісі бар көп жүрісті кожухотрубчаткалы жылу алмастырғышта (сурет. 78), толуол 106-дан 30 0С-қа дейін сумен егіледі. Құбырлармен өтетін су 11-ден 24ос-қа дейін қызады. Жылу алмастырғыштағы температуралардың орташа айырмашылығын анықтау.



77-сурет.
(3-бақылау тапсырмасына).



78-сурет.
(4-бақылау тапсырмасына).

5. Жылуалмастырғышта жылу беріліс коэффициентін келесі мәліметтер бойынша анықтау: жылу алмасудың беті 48 м2; аппаратта 85,5 т/сағ 77-ден 95 ^{0}С -қа дейін су жылытылады; жылыту ризб = 0,23 кгс/см2 кезінде қаныққан бумен жүргізіледі.

6. Жылуалмастырғыштың қажетті беті 0,85 м3/сағ күкірт көміртегін атмосфералық қысымдағы қайнау температурасынан 22 ^{0}С -қа дейін суыту кезінде анықталсын. Салқындатқыш су 14-тен 25 ^{0}С -қа дейін қызады; = 270 Вт/(м2 · К); = 720 Вт/(м2 · К). 3 мм болат қабырғасының қалыңдығы 3 мм.ластанудың болуын ескеру – тот және қақ, ∑ гзагр = 0,00069 (м2 · К)/Вт қабылдап. Анықтау, сондай-ақ су шығыны.

7. 5 кгс/см2 артық қысымдағы Метан 4,6 м/с жылдамдықпен құбырларға параллель болатын қаптама құбырлы жылу алмастырғыштың құбыраралық кеңістігі бойынша өтеді. Жылу алмастырғыш диаметрі 18 х 2 мм болатын 37 болат құбырдан тұрады, ішкі диаметрі 190 мм жылу беру коэффициентін анықтау.

8. Пленкалы тоңазытқыштың тік қабырғасы бойынша қабырғаның ені 1 м 2,1 л/с мөлшерінде 60% күкірт қышқылын пленкамен қиылады. Тоңазытқыштың биіктігі 5 м. қабырға бетінің орташа температурасы 24^{0}С, қышқылдың орташа температурасы 50оС. Егер жылу өткізгіштік коэффициенті 0,43 Вт/(м · К) тең болса, қышқыл үшін жылу беру коэффициентін есептеу.

9. Ішкі диаметрі 44,5 х 3,5 мм және сыртқы диаметрі 89 х 5 мм екі концентрациялы құбырдан тұратын "құбырдағы құбыр" типті жылу алмастырғышта 1900 кг/сағ болатын толуол 70-тен 30 ^{0}С -қа дейін салқындатылады. Орташа: толуол жағынан ластану бетінің температурасы 26 ^{0}С, су жағынан 20 ^{0}С. Жылу беру коэффициентін анықтау. Толуол жағынан және су жағынан (орташа сапалы) қабырға ластануының термиялық кедергілерін ескеру. Есептеу: А) Рг/ЕСЖ әсерін ескерместен; б) РГ/ЕСЖ әсерін есепке ала отырып.

10. Үздіксіз әрекет ететін ректификациялық колоннада xD = 90% (мол .), xF = 30 % (жас.), xW = 3% (жас.), R = 8. Сұйық құрамында бар табаққа келетін будың құрамын анықтау: А) 75 және Б) 15 % (мол.) жеңіл ұшатын компонент.

11. Үздіксіз әрекет ететін ректификациялық колоннада 70% концентрациясы бар 200 кг/сағ сірке қышқылы алынады (мол.). Сірке қышқылының сумен қоспасы қайта өңделеді, қоспа қайнау температурасы кезінде колоннаға түседі. Бастапқы қоспадағы сірке қышқылының құрамы 31 % (мол.). Колоннаның жоғарғы жағында 8% (мол.) сірке қышқылы, колоннадағы қысым атмосфералық. Флегма Саны кезінде шоғырланудың өзгеру сатыларының санын анықтау. Сондай-ақ, 5% ылғалдылығы бар жылытқыш будың (рабс = 4 кгс/см2) колоннасының кубтағы шығынын анықтау. Жылу шығыны пайдалы жылудың 4 % құрайды.

12. Келесі жағдайларда бензольді-толуольды қоспаны бөлу үшін ректификациялық колоннаның дефлегматорындағы қажетті бетті және су шығынын анықтау: Жоғарғы өнімнің мөлшері 600 кг / сағ; флегма саны 3,75; салқындатқыш судың бастапқы және соңғы температурасы 20 және 45 ^{0}C; жылу беру коэффициенті 700 Вт/(м2 · К). Таза бензол үшін жоғары өнімді санау. Колоннадағы қысым атмосфералық.

13. Скрубберде атмосфералық қысымда (760 мм рт) инертті газдан (азот) күкірттің екі тотығы сумен сіңеді. - құжат). Газдағы күкірт қос тотығының бастапқы құрамы 5 % (айн.). Су температурасы 20 ^{0}C, оның шығыны теориялық ең аз 20%-ға көп. Газдан 90% SO2 алынады. Мыналар анықталсын: 1) 1000 кг/сағ күкіртті газды сіңіруге арналған су шығыны; 2) процестің орташа қозғаушы күші; 3) п0у тасымалдау бірліктерінің жалпы саны. Тепе-теңдік сызығы түзу болып қабылдануы мүмкін; оның екі нүктесінің координаттары: 1) газ фазасындағы SO2 парциалды қысымы p = 39 мм рт.2) p = 26 мм рт. су мөлшері, = 0,005 кг SO2 / кг су.

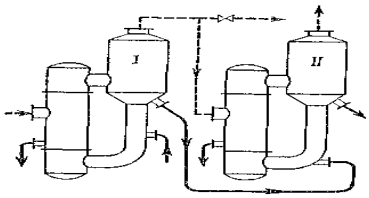
14. 20 0С температурада көміртегінің қос тотығын сумен сіңіру жүргізілетін саптама абсорберіндегі сұйық фазадан масса кетіру коэффициентін есептеу. Суғару тығыздығы 60 м3/(м2 · сағ). Қондырма-керамикалық сақиналар 35 х 35 х 4 мм үйінді. Қондырғының сулану коэффициенті ψ = 0,86.

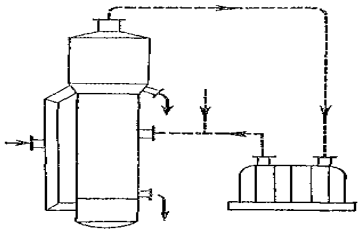
15. Атмосфералық қысым мен 20 ^{0}C температурада ауа-аммиак қоспасынан аммиакты сумен сіңіру үшін тарелкалы абсорбердің диаметрі мен биіктігін анықтау. Газ қоспасындағы аммиактың бастапқы құрамы 7 % (об). Алу дәрежесі 90%. Инертті газдың (ауаның) шығыны 10000 м3/сағ (жұмыс жағдайында). Тепе-теңдік сызығын түзу деп есептеу, оның салыстырмалы массалық концентрациядағы теңдеуі * = 0,61 . Жылдамдығы газ абсорбере (фиктивная) 0,8 м/с арасындағы қашықтық табақтармен 0,6 м орташа к. п. д. тәрелке 0,62. су сіңіргіштің артық коэффициенті φ = 1,3.

16. Тура ағынды схема бойынша жұмыс істейтін екі корпусты булау қондырғысына хлорлы кальций су ерітіндісі 1000 кг/сағ түседі. Ерітіндінің бастапқы концентрациясы 8 % (масс .), соңғы 30 % (масс.). Бірінші корпуста

абсолюттік қысым 1 кгс/см2, екінші корпуста 0,3 кгс/см2. Ерітіндінің соңғы температурасы бірінші корпустан кейін 104 ^{0}С, екінші корпустан кейін 78 ^{0}С. Бірінші корпуста 400 кг/сағ екінші будың бөлігі (сурет. 79) жағына (экстра-жұп) алынады. Жылу шығындарын елеместен, экстра-будың қанша мөлшері таңдалатынын анықтау.

17. Біркорпустық булау аппаратына (күріш. 80) жылу сорғымен жұмыс істейтін (турбокомпрессордағы екінші бу қысуы) 5 % (масс) концентрациясы бар сұйылтылған су ерітіндісі келіп түседі. Аппараттан 15% концентрациясы бар 550 кг/сағ ерітінді шығады. Гидростатикалық әсермен және гидравликалық кедергімен елемеу. Турбокомпрессор екінші буды 1-ден 2 кгс/см2-ге дейін қысады. Жылу шығыны 5% құрайды ($Q_{нагр}$ + $Q_{исп}$ Сұйылтылған ерітіндінің бастапқы температурасы 70ос. Анықтау, А) жылытқыш қаныққан су буындарын қанша қосу керек (құрғақ қаныққан бу, артық қысым рабс = 2 кгс/см2); б) егер оның жалпы пәк 0,72 тең болса, турбокомпрессор қандай қуатты тұтынады?.





79-сурет. (16-бақылау тапсырмасына).

80-сурет (17-бақылау тапсырмасына).

18. 1000 г суға 7,0 моль күкірт қышқылды аммонийден тұратын ерітіндіні 85-тен 35 0С-қа дейін салқындататын тұманға қарсы кристаллизатордың суыту бетінің қажетті ауданын анықтау. Суыту кезінде су буланады (бастапқы ерітіндінің массасынан 5%). Жылу беру коэффициенті 127 Вт/(м2 · К) салқындатқыш су 13-ден 24ос-қа дейін қызады. Оның шығынын да анықтау.

10 Қорытынды

Мұнай-газ өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібін дамыту қазіргі кезеңде шығарылатын өнім ассортиментінің едәуір кеңеюімен және сапасының артуымен, мұнай өңдеу тереңдігінің ұлғаюымен, мұнай-газ өндіруші аудандардың қажеттіліктерін ескере отырып, мұнай өнімдерінің кең гаммасын алуға мүмкіндік беретін мұнайды, газды және газ конденсатын кешенді өңдеудің модульдік аз тоннажды қондырғыларының үлкен бірлі-жарым қуаты қондырғыларымен қатар құрылыспен сипатталады. Мұндай шағын көлемді қондырғылар газ-мұнай шикізатын физикалық бөлу жолымен бастапқы өңдеуді ғана емес, сонымен қатар тиімділігі жоғары катализаторларды пайдалана отырып, химиялық өңдеудің қайталама процестерін жүргізуді қамтамасыз етуі тиіс. Жұмыс біліктілігінің студенттері мен мамандарына арналған осы оқу құралының міндеті: - мұнай - газ өңдеу және мұнай - химия типтік процестерінің теориялық негіздерін; - осы процестерді жүзеге асыру үшін жабдықтарды құру принциптерін; - мұнай-газ өңдеу және мұнай-химия типтік процестерін есептеудің негізгі әдістерін;

Сондай-ақ апатсыз және үздіксіз жұмысты қамтамасыз ету үшін технологиялық қондырғыны іске қосу және тоқтату бойынша, технологиялық жабдықтарды пайдалану және жөндеу бойынша жұмыстарды жүргізу бойынша техникалық сауатты жұмыстарды жүргізу дағдыларын меңгеру.

Аталған мәселелерді білу қазіргі заманғы мұнай-газ өңдеу мен мұнайхимияға тән нақты технологиялық процестер мен аппаратураның алуан түрлілігіне бағдарлануға және оларды жетілдіру жолдарын әзірлеуге мүмкіндік береді.

Техникалық және кәсіптік білім беру студенттері осы материалды зерделеп, жұмысшы біліктілігінің мамандары өздерінің кәсіби деңгейін көтереді.

11 пәннің негізгі ұғымдары мен анықтамаларының тізімі (глоссарий)

Аппарат **–** белгілі бір технологиялық операцияға арналған жабдық

ТҚК **–** төмен қайнайтын компоненттер

ЖҚК – жоғары қайнайтын компоненттер

ДЭГ **–** диэтиленгликоль

ТЭГ **–** триэтиленгликоль

Айдау **–** сұйық (газ, бу) қоспаларды бастапқы сұйық (газ, бу) қоспаның бөлігін буландыру (конденсациялау) жолымен бөлу процесі. Айдау жүйеде бу (газ) және сұйық фазалар болған кезде іске асырылады.

Ректификация **–** сұйық қоспаларды бөлек компоненттерге немесе олардың қоспаларына (фракцияларына) бу мен сұйықтық ағындарының өзара әрекеттесуі арқылы бөлу процесі. Ректификация кезінде әрдайым екі фаза бар – сұйық және бу.

Абсорбция **–** сұйық сіңіргіш – *абсорбентпен* газ (бу) қоспасының компоненттерін іріктеп сіңіру процесі. Осылайша, абсорбция процесіне газ және сұйық фазалар қатысады.

Экстракция **–** сұйық қоспадан (немесе қатты заттардан) басқа сұйықтықпен (іріктелген немесе селективті еріткішпен) компоненттерді іріктеп алу процесі. Экстракция процесі жиі екі сұйық фазаға сәйкес келеді.

Адсорбция **–** қатты сіңіргішпен-адсорбентпен газ, бу немесе сұйық қоспа компоненттерін іріктеп сіңіру процесі.

Кептіру **–** қатты материалдардан оның булануы есебінен сұйықтықты (әсіресе ылғалды) жою процесі. Бұл процесте сұйықтық сіңірілген қатты материал мен бу фазасы қатысады.

Десорбция **–** сіңірілген компоненттерді алу және адсорбентті қалпына келтірудің қажетті дәрежесіне қол жеткізу мақсатында өңделген адсорбентті десорбирлеуші агентпен байланыстыру.Десорбцияны жеңілдету және десорбциялаушы агенттің шығынын азайту үшін, сондай-ақ адсорбентті

толық қалпына келтіру үшін десорбция процесін әдетте жоғары температурада жүргізеді.

Адсорбция немесе тотығу регенерациясын жүргізу үшін адсорбент қабатынан ***десорбациялаушы агентті алып тастау және адсорбент дайындау.*** Адсорбент қабатынан десорбирлеуші агентті алып тастау жиі адсорбция процесінің температурасына дейін қабатты салқындатумен бірге жүреді.

Булану – заттың сұйық немесе қатты күйден бу тәрізді (газ тәрізді) күйге ауысу процесі.

Қатты денелердің булануы – қатты денені бу тәріздес етіп қыздырғанда, сұйық күйге ұшырай отырып, тікелей өту процесі возгонка немесе сублимяция деп аталады.

Конденсация – заттың бу тәріздес күйден сұйық күйге ауысу процесі; осы зат үшін сыннан төмен температураларда буды салқындату немесе сығу және салқындату жолымен жүзеге асырылады, бұл ретте процесс конденсация жылуын бөлумен сүйемелденеді.

Технологиялық жабдық – мұнайды қайта өңдеудің белгілі бір өнімдерін алуға арналған аппараттар мен машиналар

Технологиялық есептеу – жабдықтың негізгі мөлшерін анықтау

Жұмыс температурасы – қалыпты технологиялық процесс кезінде аппаратта пайда болатын температура

Есептік температура – аппаратты беріктікке есептеу кезінде қабылданатын температура

Жылу алмастырғыш – екі ағын арасындағы жылу алмасу процесі жүзеге асырылатын аппарат

Жұқа қабырғалы аппарат – қабырғаның қалыңдығы ыдыстың ішкі диаметрінен 10% аспайтын аппарат

Түтікті пеш – сұйықтықты немесе бу сұйықтықты қоспаны жылытуға арналған аппарат

Құбырлардың немесе корпустардың бөлшектерін фланец – алмалы-салмалы жалғау

Газгольдер – газды сақтауға арналған ауыспалы көлем резервуары

Жұмыс қысымы – аппаратта оның жұмысы кезінде туындайтын орта қысымы

Есептік қысым – беріктікке аппаратты есептеу жүргізілетін қысым

Рұқсат етілетін кернеу – аппарат және машина элементтері материалының маркасы таңдалатын максималды кернеу

Түп – бүйірден аппараттың ернеушесін бекітетін деталь

Деформация – сыртқы күштердің әсерінен аппараттар конструкциясы элементтерінің пішіні мен өлшемдерінің өзгеруі

Бекітпе – құрылғы, герметикалайтын аппарат

Сақина тығыздағыш – дәнекерлеу қосылысының күшейту үшін деталь

Конструкциялық материал – жабдық элементтерін (болат, қорытпалар, резеңке, пластмасса және т.б.) дайындауға кететін материал.)

Аппарат корпусы **–** басқа бөлшектерді монтаждау үшін негіз болатын жабдықтың негізгі бөлшегі

Аппараттар мен машиналарды беріктікке, сенімділікке механикалық есептеу **–** Есептеу

Люк-лаз **–** аппараттың ішіне жұмысшылардың енуіне арналған құрылғы

Кернеу **–** созылу, майысу, сығылу салдарынан аппарат элементтерінің бетінің бірлігіне келетін күш

Ернеуі **–** аппараттың цилиндрлік корпусы

Тірек **–** фундаментке аппаратты бекіту үшін қызмет ететін жабдықтың бөлшегі

Төсем **–** екі қосылатын бөлшектер арасындағы тығыздау

Жұмыс кернеуі **–** жабдықты пайдалану кезінде сыналатын кернеу

Жұмыс температурасы **–** ортаның ең жоғары температурасы

Есептік температура **–** аппарат бөлшектерін беріктікке есептеу кезінде пайдаланылатын температура

Реактор **–** мұнай шикізатының химиялық өзгеруі болатын аппарат

Қаттылық қыры **–** аппараттың корпусын деформациядан сақтайтын бөлшек

Резервуар **–** сұйықтықты немесе газдарды сақтауға арналған сыйымдылық.

12 ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

НЕГІЗГІ ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Адельсон С.В. Мұнай өңдеу және мұнай-химия өнеркәсібінің процестері мен аппараттары. – М.: ГосТоптехиздат, 1983.

2. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Мұнай өңдеу зауыттарының аппараттары мен машиналарын құрастыру негіздері. – М.: Гостоптехиздат, 1978.

3. Генкин А. Э. Құрал-жабдықтар, химиялық зауыттар. – М.: 1978.

4. Гусейнов Д. А., Спектор Ш.Ш., Вайнер, Л. З. Технологиялық есептеулер процестер, мұнай өңдеу. – М.: Химия, 1984.

5. Дытнерский Е. Ю. Химиялық технологияның негізгі процестері мен аппараттары. – М.: Химия, 1983.

6. Дридж Н., Харьковский В., Плотников В. Еңбек қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау жүйесі. – Астана: Фолиант, 2011.

7. Кузнецов А.Н., Кагерманов С.Н., Судаков Е.Н. Есеп айырысу процестер мен аппараттарды мұнай өңдеу өнеркәсібі. – М.: Химия, 1984.

8. Ластовкин В.Н., Рудин М.Г. Мұнай өңдеуші анықтамалығы. – М.: Химия, 1986.

9. Мәулібаева Р. Химиялық технология процестері мен аппараттары. – Астана: Фолиант, 2011.

10. Молоканов Ю. К. Мұнай-газ өңдеу процестері мен аппараттары. – М.: Химия, 1980.

11. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Химиялық технологияның процестері мен аппараттары. – М.: Химия, 1988.

12. Рабинович Г.Г. Мұнай өңдеудің негізгі процестері мен аппараттарын есептеу. – М.: 1985.

13. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Мұнай және газды өңдеу технологиясы бойынша мысалдар мен есептер. – М.: Химия, 1980.

14. Эмирджанов Р.Т. Мұнай өңдеу және мұнай химиясындағы технологиялық есептеулер негіздері. – М.: Химия, 1989.

15. Фарамазов С. А. Мұнай өңдеу зауыттарының жабдықтары және оны пайдалану. – М.: 1984.

ҚОСЫМША ӘДЕБИЕТТЕР:

16. Банков П.Г. Мұнайды өңдеу процестері. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000.

17. Балабас Л., Аманжолов Ж. Өмір тіршілігінің қауіпсіздік негіздері. - Астана: Фолиант, 2008.

18. Химиялық аппаратураны есептеу және құрастыру негіздері. – М.: Машина жасау, 1970.