

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ
ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ
ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

Н.Қ. Жакирова

ЖАЛПЫ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2012

ЖОК 66. 0 (075)
ББК 35

Ж 20 Жакирова Н.Қ. Жалпы химиялық технология. 1-бөлім. Химиялық технологияның теориялық негіздері. Оқу құралы: – Алматы, 2012. 158 б.
Сурет – 26. Кесте – 5. Әдебиеттер тізімі – 21 атау.

ISBN 978–601–228–352–5

Оқу құралы химиялық технологияға, ғылым ретінде және оның зерттеу нысаны – химиялық өндіріске толық түсінік береді. Мұнда химиялық технологиядағы процестердің реакция заңдылықтары, теориялық негіздері, химиялық реакторларды таңдау және ондағы жүретін процестерге нақты түсінік берілген. Химия өндірістерінегі химия-технологиялық жүйелерді модельдеу келтірілген.

Қоршаған ортаны қорғаудың технологиялық процестеріне де ерекше көңіл бөлінген.

ББК 35

Пікір жазғандар: *Х.Ә.Суербасов*, хим. ғыл. докторы, профессор,
әл-Фараби атындағы ҚазМУ;
Г.О. Нұрғалиева, техн. ғыл. канд. *Ә.Б.Бектұров*
атындағы «Химия ғылымдары институты» АҚ.

ISBN 978–601–228–352–5

© Жакирова Н.Қ. 2012
© ҚазҰТУ, 2012

АЛҒЫ СӨЗ

Әлемдік білім беру кеңістігіне өту мақсатында біздің елімізде білім беру саласында алғашқы қадамдар жасалынуда. ҚР-ның президенті Н.Ә.Назарбаев Халыққа жолдауында: «Бізге экономикалық және қоғамдық жаңару қажеттіліктеріне сай келетін осы заманғы білім беру жүйесі қажет», – деді. Экономиканы дамытуға бағытталған жаңа стратегиялық бағдарламалар, қоғамның жедел ақпараттануы, жаңа технологиялардың қарқынды дамуы, білім беру саласына қойылатын талаптарды түбегейлі өзгертті.

Химиялық технологияның қыр-сырын ашуға бағытталған бұл оқу құралы, студенттердің кәсіби шеберлігінің шыңдалуына, жас мамандарға білімдерін жетілдіруге септігін тигізері сөзсіз. Оқу құралы соңғы қабылданған мемлекеттік білім беру стандарттарының типтік бағдарламасына көлемі, мазмұны бойынша да сәйкес құрастырылған.

Елімізде білім берудің жаңа жүйесі жасалуда, соған сәйкес «Жалпы химиялық технология» пәні де оның негізгі компоненттерінің бірі болып саналады. Оқу құралы материалды қамту мақсатында көп жылдан бері Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінде «Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы», «Ядерлі-химиялық технология», «Жарылғыш заттар технологиясы» және «Органикалық заттардың химиялық технологиясы» мамандықтарында оқитын студенттерге оқылған дәріс материалдары негізінде дайындалды.

Оқу курсы – жалпы кәсіптік пәндер санатына кіреді, сонымен қатар химиялық технологияға ғылым ретінде кіріспе болып саналады. Курстың міндеті – күрделі химиялық-технологиялық жүйе – химия өндірісімен таныстырып, химиялық өндірістің жалпы анализ бен синтез проблемаларын қарастырады. Оқу құралы – химиялық өндірістің даму тарихымен жалпы таныстыру, оның құрылымы мен құраушылары, химиялық процестер мен химиялық реакторлардың негізін оқытуға бағытталған. Химиялық өндірістердегі процестерді

талдаудың физика-химиялық және технологиялық аспектілеріне ерекше көңіл бөлінеді.

«Жалпы химиялық технология» курсының әдістемелік негізі – ғылыми химиялық-технологиялық өндірістің математикалық моделі мен анализін жүйелі қарастыру, химиялық және фазалық айналымдарға, жылу мен зат алмасу құбылыстары, тепе-теңдік, энергия мен массаның сақталу заңдылықтарына негізделіп, күрделі әрекеттесуші жүйедегі үрдістерді тұжырымдайды. Мұнда берілген химиялық технологиядағы процестер мен құбылыстарды жай баяндау ғана емес, оларды зерттеу мен зерделеуді, талқылауды ұсынады.

Оқу құралы 2 бөлімнен тұрады. 1-бөлімде – химиялық технологияның теориялық негіздеріне шолу жасалған. Ал 2-бөлімде – маңызды бейорганикалық химиялық өндірістерге тоқталады.

Автор «Жалпы химиялық технология» пәніне қатысты барлық ескертулер мен ұсыныстарды оқу құралының мазмұнын жақсарту мақсатында шын ниетпен қабылдайды.

КІРІСПЕ

Химия өнеркәсібі – халық шаруашылығының барлық саласына, қазіргі қоғамда мүмкіндігі мол болмайтындай мыңдаған өнім береді. Мысалы, табиғи минерал – күкіртті колчедан немесе күкірттен алынатын күкірт қышқылы көптеген өндірістерде пайдаланылады. Оның көмегімен суда ерімейтін минералдар – апатит пен фосфорит – суперфосфатқа немесе басқа да фосфор тыңайтқыштарына дейін өңделеді. Түсті металдар өндірісі және машинажасау, тоқыма, тері және тамақ өнеркәсібі – күкірт қышқылы немесе оның тұздарын пайдаланады. Көліктерде күкірт қышқылы (қорғасынды) – аккумуляторларда қолданылады.

Ас тұзынан – тұз қышқылын, сода, күйдіргіш натр және хлор, өз кезегінде олар алюминий, әйнек, сабын, қағаз, мақта-мата және жүн маталар, пластикалық массалар, жасанды талшық алу, т.б. өндірістерде пайдаланылады.

Қазба отын түрлерін, яғни тас көмір, мұнай, табиғи газ, торф пен сланецті химиялық өңдеу нәтижесінде негізгі өнімдер: кокс, мотор майлары, жақпа майлар, жанғыш газдар мен органикалық затардың көптеген түрлерін алуға болады. Кокссыз қазіргі заманғы металлургияны, сонымен қатар машинажасауды дамыту да мүмкін болмас еді. Бензин, лигроин, т.б. мотор отындарынсыз, авиация және автомобиль транспорттарының жұмысы да мүмкін болмас еді. Жанғыш газдар тұрмыста, өндірісте күлсіз, түтінсіз отын ретінде де аса құнды. Табиғи газдарды, мұнай, торф және сланецті өңдеу нәтижесінде алынатын органикалық заттар негізінде – бояғыштар, лактар, дәрілік препараттар, спирт, жарылғыш заттар және әр түрлі өндірісте, тұрмыста қолданылатын біршама өнімдер шығарылады. Отынды өңдеу өнімдері, жоғары молекулалы жасанды материалдар – пластикалық массалар, жасанды талшықтар мен каучук дайындайтын, шайырлар алуда ерекше өнімдер қатарына жатады.

Ағашты химиялық өңдеу нәтижесінде көптеген аса бағалы өнімдер алынады, оның ішінде – жібек пен штапель (бөз), қағаз, пластикалық массалар, бытыра, белсенді көмір, сірке қышқылы, метил және этил

спирттері, скипидар, канифоль, ацетон, т.б. бар. Химиялық әдістермен атом энергиясын алу мақсатында, радиобелсенді заттар өндіріледі.

Халық шаруашылығын химияландыру аса маңызды іс. *Химияландыру* – халық шарашылығында химиялық әдістерді, процестер мен материалдарды енгізу, қолдану.

Өндірістің түрлі салаларында химиялық әдістерді кеңінен ендіру – өндірісті тиімді жүргізу, қалдықсыз жұмыс істеуге, бастапқы шикізаттың құраушы бөлігін толық пайдаға асыруға мүмкіндік береді. *Өндірісті химияландыру* – өнеркәсіптің көптеген саларында, оның ішінде металл өңдеуде техникалық прогрестің басты бағыты.

Көптеген химиялық өнімдер ауыл шаруашылығында құралдар ретінде қолданылады. Қазіргі заманауи технологияда, ауыл шаруашылығында минералдық тыңайтқыштар көмегімен жоғары өнім алу, басты бағыт. Химия өндірісі өсімдіктерге зиянды және ауруға қарсы қолданылатын улы химикаттарды, сонымен қатар гербицидтер – арам шөптерді жоюға қолданылатын заттар шығарды.

1-тарау. ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ ҒЫЛЫМЫ

1.1. Химиялық технология пәні, міндеттері мен маңызы

Технология немесе табиғи ресурстарды адам өміріне пайдалануға қажет (керекті, пайдалы немесе ыңғайлы) өнімдерге дейін өңдеудің (яғни адам еңбегі мен табиғи энергияны сіңіретін)* тиімді жолдары – деп «технология» ұғымына Д.И. Менделеев анықтама берді.

«Технология» (грекше «technos» – өнер, кәсіп және «logos» – ғылым, білім) сөзінің шығу тегі де, оның мазмұнына сай келеді: бастапқы затты пайдалы өнімге айналдырып өңдей білу туралы ғылым.

Технология – жүру процестеріне байланысты **механикалық** және **химиялық** болып бөлінеді. *Механикалық технологияда* – материалдың пішіні немесе сыртқы түрі және физикалық қасиеттері өзгертін процестер қарастырылады. Ал *химиялық технология* – зат құрамының, қасиеттерінің және ішкі құрылымының түбегейлі өзгеруімен өтетін процестерді қамтиды. Әрине, бұлай бөлу шартты, өйткені материалдың түрі өзгергенде, оның құрамы мен химиялық қасиеттері де жиі өзгереді.

Бастапқы затты өңдеудің негізгі тәсілдері мен өнімнің қажетілігіне қарай: металдар технологиясы (оларды алу және өңдеу), машинажасау технологиясы (машина және қондырғылар дайындау), тамақ дайындау технологиясы (тамақ өнімдерін алу), т.б. болып бөлінеді.

Химиялық технология – химиялық және физика-химиялық құбылыстарды пайдалана отырып, заттың құрамын, қасиеттерін, құрылысын түбегейлі өзгертетін өңдеу үрдістері.

Химиялық технология – өнім өндіру жолдары мен процестері туралы табиғи қолданбалы ғылым. Өнім – қолданыс заттары мен өндіріс құралдары, химиялық айналыс қатысында техникалық, экономикалық және әлеуметтік жағынан мақсатты жолмен алынады.

Химиялық технологияның ғылым ретінде:

Зерттеу пәні – химиялық өндіріс (бастапқы затты пайдалы өнімге дейін өңдеу әдістері мен үрдістері);

* Энциклопедический словарь. Брокгауза и Эфрона. Ф.А. Брокгауз–И.А.Ефрон акционерлік баспа қоғамы, 1890–1907 жж., 82 т.

Зерттеу мақсаты – адамзат қоғамына қажетті өнімдерді өндірудің ұтымды әдістерін жасау;

Зерттеу әдістері – тәжірибелік, модельдеу және жүйелі талдау.

Жаратылыстану – ғылым ретінде химиялық технология материалдарын, құбылыстарды және нысандарды (қоғамдық ғылымдар – философия, логика, тарих секілді – идеалды құбылыстарды) қарастырады.

Қолданбалы ғылым ретінде химиялық технология – өндірісті, яғни адам жасаған нәрселерді зерттейді. Қолданбалы ғылымдағы зерттеулердің соңғы нәтижесі, өндіріс әдістерін жасау мен оларды басқару.

Фундаментальды (түбегейлі) ғылым немесе халықаралық терминология бойынша «таза» табиғат құбылыстарын, көбіне олардан бөлек білім алу мақсатында зерттейді. «Таза» ғылым да, «қолданбалы» ғылым да, зерттелетін нысанда болатын құбылыстар туралы түбегейлі білім береді.

Химиялық технологияда зерттеу нысаны мен зерттеу нәтижелері – *химиялық өндіріс* болып саналады. Сондықтан, онда жүретін процестер бастапқы заттың аз мөлшерін, ал қондырғылар – энергияның аз мөлшерін жұмсап, жұмыс жағдайының жайлылығын қамтамасыз етумен бірге, қоршаған ортаға да зиян келтірмеуі тиіс. Яғни, процесс – техникалық, экономикалық және әлеуметтік жағынан тиімді жолмен жүруі шарт.

Химиялық технология басқа да ғылымдардың жетістіктеріне сүйенеді. Д.И. Менделеев айтқандай: «әдістер туралы түсінік ... заттар мен құбылыстардың ғылыми бастамасын жария етумен қатар, тәжірибе жүзінде дәлелдеп, оны содан соң ғана өндірісте жетілдіреді, бірақ сол арқылы ғылыми түсінік аумағы кеңиді», сондықтан химик - технологтың көптеген ғылым саласында жетік білімі болуы қажет. Химиялық технологияның әдістері химиялық емес өндіріс саласында: металлургия, транспорт, электроника, энергетика, құрылыс, т.б. салаларда жиі таралған. Типтік химиялық процестер металл (домналық, мартен, т.б. балқыту пештерінде) алу, бу қазандықтарының немесе ракета қозғалтқыштарында, электроника мен құрылыстағы материалдар өндірісінде кездеседі. Қоршаған ортаны қорғау проблемаларын шешуде химиялық әдістерді пайдаланбай, оны іске асыру мүмкін емес.

Қазіргі таңда, табиғата кездеспейтін немесе аз мөлшерде кедесетін, бірақ көптеген өндіріске қажетті компонент болып

саналатын, ерекше қасиеттерге ие материалдардың – қорғағыш, бояғыш және жапсырғыш, бұзғыш, т.б. полимерлік және композициялық материалдардың маңызы артып отыр.

Химиялық технология – химиялық ғылымдарға (физикалық химия, химиялық термодинамика және химиялық кинетика) негізделген. Бұл, ғылым заңдылықтарын ірі масштабты өнеркәсіптік процестерге қолданып, дамытады. Академик Д.П. Коновалов атап көрсеткендей, химиялық технологияның басты міндеті – зауыттық аспаптармен қосымша механикалық қондырғыларда қолайлы, әрі тиімді операция барысын анықтау мен жобалау. Сондықтан, химиялық технология – экономика, физика, математика, кибернетика, қолданбалы механика, басқа да техникалық ғылымдармен тығыз байланыста болады.

Ғылым мен өнеркәсіптің дамуы, химиялық өндіріс санының артуына әкеледі. Мысалы, қазіргі кезде тек қана мұнайдан 80 мыңға жуық түрлі химиялық өнімдер (1-қосымша) алуға болады. Химиялық өндірістің өсуі бір жағынан, химиялық және техникалық ғылымның дамуына, ал екіншіден, химиялық-технологиялық процестердің теориялық негіздемесін жасауға мүмкіндік береді.

Химиялық өнеркәсіптің дамуы барысында химиялық технологияның мазмұны жаңа мәліметтермен, жаңа заңдылықтармен, жаңа толықтырулармен байытылады. Химиялық технологиядан төмендегідей жеке ғылыми пәндер бөлініп шықты: химиялық технологияның аппараттары және процестері, жалпы химиялық технология, химиялық-технологиялық процестерді автоматтандыру және модельдеу.

Химиялық технологияны әр түрлі белгілері бойынша, мысалы қолданылған технологиялық процестердің сипаты, пайданылған шикізат немесе өнім ретінде тұтынылуына қарай жіктеуге болады.

Шартты түрде шаруашылық саласында тарихи қалыптасуына қарай, сала бойынша химиялық технологияны екі топқа бөлуге болады: *бейорганикалық* заттар мен *органикалық* заттардың химиялық технологиясы. Іс жүзінде екі технология да, жалпы принциптер және заңдылықтармен бірігеді.

Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы төмендегіше жіктеледі:

1. Негізгі бейорганикалық синтез – қышқылдар, сілтілер, тұздар және минералдық өнімдер өндірісі;

2. Нәзік бейорганикалық синтез – бейорганикалық препараттар, реактивтер, сирек элементтер, электрондық, дәрі-дәрмектік материалдардың, т.б. өндірісі;

3. Ядролық-химиялық технология;

4. Металлургия – қара және түсті металдар өндірісі;

5. Силикаттық өндірістер – тұтқыр материалдар, керамика, шыны өндірісі.

Органикалық заттардың химиялық технологиясы:

1. Мұнайды қайта өңдеу, газды – біріншілік тазалау, бөлу, газ алмасу, сұйық және қатты табиғи көмірсутектердің құндылығын арттыру;

2. Мұнай-химиялық синтез – органикалық өнімдер мен жартылай өнімдерді – газ тәрізді, сұйық және қатты көмірсутектерді қайта өңдеу кезінде, сутегі және көміртегі тотықтары негізінде өндіру;

3. Негізгі органикалық синтез – органикалық өнімдерді көмірсутекті шикізат негізінде өндіру;

4. Биотехнология – жемдік ашытқылар, амин қышқылдары, ферменттер, антибиотиктер, т.б. биологиялық үрдістер негізіндегі өндірістер;

5. Нәзік органикалық синтез – органикалық препараттар, реактивтер, дәрі-дәрмектік заттар, өсімдіктерді қорғау құралдары, т.б. өндірісі;

6. Жоғары молекулалық қосылыстар (ЖМҚ) технологиясы – ЖМҚ (синтетикалық каучук, пластмассалар, химиялық талшықтар, қабық түзгіш заттар, т.б.);

7. Өсімдік және жануар шикізатын қайта өңдеу технологиясы;

Бастапқы қалыптасқан және негізгі анықтамасы бойынша химиялық технология ғылым ретінде басқа да мағынада: белгілі өнімді (күкірт қышқылы технологиясы, аммиак технологиясы, газдар технологиясы, т.б.) өндіру және алу әдісі ретінде қолданыла бастады.

Химиялық технологияда механикалық, жылу және масса алмасу процестерін зерттеу мен зерделеу мақсатында, оған қатысатын заттар құрамының түбегейлі өзгерісіне байланысты емес құбылыстар туралы негізгі білім – ғылыми негіз болып саналады.

«Жалпы химиялық технология» курсының зерделеу нысаны өзара байланысты процестер жүйесі ретінде, химиялық өндіріс болып

есептеледі. Курс мазмұны – «химиялық технология» ғылымының негізгі салалары химиялық пәндер шеңберіне саяды.

Курстың негізгі бөлімдері: химиялық технология және оны зерделеу нысандары, химиялық өндіріспен жалпы танысу, химиялық процестер мен химиялық реакторлар, химиялық-технологиялық процестер жиынтығы, химиялық-технологиялық жүйе, химиялық технологияның жалпы ғылыми нұсқауларын химия өндірісінің нақты мысалдарында іске асыру. Химия және химиялық технологиялық процестерді қарастырмас бұрын, физика-химиялық, химиялық процестердің физика-химиялық негізі бойынша білім жүйеге келтіріліп, олардың технологияға қатысты қосымшалары қарастырылады.

Химиялық технологияның ғылым ретінде дамуын, оның өндірісте қолдануынан бөліп қарастыруға болмайды. Химия өндірісі – материалдық өндіру саласының ең негізгілерінің бірі. Ғылым мен өндірістің тығыз байланысы шикізат пен отын-энергия ресурстарын тиімді пайдалануға, жоғары дамыған шығынсыз өндірістер енгізуге мүмкіндік тудырады.

1.2. Химиялық технологияның даму тарихына қысқаша шолу

Химиялық технологияның даму тарихынан қысқаша мәліметтерге тоқталсақ. Химиялық технологияның тарихын, химия өндірісі дамуынан бөліп қарауға болмайды. Алғашқы химия кәсіпорындарының пайда болуымен туындаған химиялық технологияның алдында, тек қолданбалы химияның мақсаттары тұрды.

Археологтардың мәліметтері бойынша біздің заманымыздан 7–8 мың жыл бұрын кейбір кендерді өңдеп, қару-жарақ дайындағаны белгілі болды. Біздің жыл санауымыздан 3–4 мың жыл бұрын, шыны-әйнек және кәрлен өндірілгені анықталды. Рим қаласында күкірт пен сода көл суынан өндіріле бастаған; минерал бояулар, өсімдік майы, сірке қышқылы, косметикалық жабдықтар, өртейтін пештер, мұнай, т.б. заттарды өндіріп, қолданғаны белгілі.

Біздің жыл санауымыздан екі ғасырдан кейінгі мезгілде Қытайда қағаз өндіре бастады, ал VI ғасырда фарфор-фаянс (кәрлен-қыш кәрлен) өндірілген.

Қазіргі химияға қажет заттар VIII ғасырдан бастап өндіріле бастады. Араб химигі Гебер (Джафар) күшті минералды қышқылдарды дайындап, түрлі қажетке қолданған.

XIII ғасырда оқ-дәрі белгілі болды, XIV ғасырда, Иван Грозный өз еліндегі селитраны пайдаланып, оқ-дәрі дайындауға нұсқау берген. 1632 жылы Ресейде темір өндіретін зауыт салынды. 1581 жылы Мәскеуде бірінші дәріхана ашылды.

Европада негізгі химиялық өнімдерді алу үшін мануфактура мен кәсіпорындардың пайда болуын, XV ғасыр деуге болады. Бұл кезде қышқылдар, сілтілер, әр түрлі дәрі-дәрмектер мен кейбір органикалық заттар шығаратын ұсақ мамандандырылған өндірістер дами бастады. Өндірістердің дамуы, химиялық технологияның жеке ғылым саласы ретінде дамуына ықпал етті.

Химиялық технология XVIII ғ екінші жартысында технологияның арнайы білім саласы ретінде жеке бөліне бастады. Сөйтіп, химиялық технологияның ғылым және оқу пәні ретіндегі негізі қалана бастады. Алғашқы рет осы мақсатта “технология” терминін 1722 жылы Геттинген университетінің профессоры И. Бекман қолданды. Ол, көптеген химия өндірістерінің техникасын қамтыған алғашқы химиялық технология бойынша оқулық ретінде кешенді еңбегін басып шығарды. 1795 жылы Германияда И.Ф. Гмелиннің “Техникалық химия бойынша жетекші” атты 2 томдық курсы шықты, 1803 жылы ол орыс тілінде В.М. Севергиннің аудармасымен “Қолөнер және заводтардың химиялық негіздері” деген атпен басылып шықты.

Химиялық технология XVIII ғасырдың аяғында Еуропа елдерінің университеттерінде, жоғары техникалық оқу орындарында, Ресейдегі коммерциялық және техникалық училищелерде міндетті оқу пәні болды.

1803 жылы Ресей Академиясында химиялық технология кафедрасы ашылды. 1804 жылдан бастап, Санкт-Петербургте “Технологиялық журнал немесе технологияға қатысты шығармалар жинағы” басылып шыға бастады. Осы жылдарда Ресей жоғары оқу орындарында химиялық технологияны оқыту да басталды.

1806 жылы Мәскеу университетінде химиялық технология, алғаш рет студенттерге пән ретінде оқыла бастады. Осыдан соң 1808 жылы Қазан университетінде, 1911 жылы Харьков университетінде, оқу процесінде негізгі оқылатын пәндердің қатарына енгізілді.

XIX ғасырда Батыс Европа мен Ресейде көптеген оқулықтар, әдістемеліктер мен химиялық технология бойынша ғылыми-зерттеулер басылып шығуы, химиялық өндірістің тез дамуы мен химиялық технологияның ғылыми негіздерін дамытуға жәрдемдесті. Химия өндірісі саласының дамуындағы кейбір ірі-ірі уақиғалар осының куәсі.

Атап айтқанда, 1748 жылы Бирмингемде (Англия) қорғасын камераларда күкірт қышқылын өндіру мақсатында алғашқы кіші зауыт салынды. 1805 – 1810 жж. Англия мен Францияда күкірт қышқылы өндірісінің камералық әдісі кең өріс алды. 1804 жылы Россияда, 1820 жылы Германияда алғашқы күкірт қышқылын алу зауыттары жұмыс істей бастады.

1764 жылы Ресей академиясының академигі Лаксман соданы (Na_2CO_3) натрий сульфатын, көмірмен тотықсыздандыру жолымен алуға болатынын болжаған. Іс жүзінде осы болжамды француз ғалымы Н. Леблан 1787–1789 жылдары өндірістік тәсілмен сода алуды іске асырды. Шыны өндірісі, күйдіргіш натр өндірісі және өндірістің басқа салалары жағынан содаға сұраныстың көбеюіне байланысты, Леблан тәсілі өте кең таралды. 1791 жылы Францияда сода өндіріле бастады, ал әдісті шетелдерде – Леблан әдісі деп атайды. Леблан тәсілі бойынша алғашқы үлкен сода зауыты Англияда 1823 жылы салынды. Ресейде сода зауыты тек қана 1846 жылы салынды.

1842 жылы Ресей ғалымы Зинин нитроқосылыстардан анилин және ароматты көмірсутектерді алуға болатынын ашқан. Бірақ, анилин бояулары Германияда өндіріліп, Ресейде дайын қалпындағы бояулар шетелден сатып алынатын болған.

1914 жылы Ресейде 70 қана химия өндіріс орындары болса, осы санаулы өндірістерді шикізатпен қамтамасыз ету, Ресейге оңайға түспеді. Күкірт колчеданын Испания мен Норвегиядан, селитра Чилиден, фосфоритті Мароккадан, басқа да шетелдерден әкелді. 1861 жылы сода алудың аммиакты тәсілін ойлап тапты (Солвье тәсілі).

XIX ғасырдың екінші жартысында көптеген химиялық процестерді өндірістік масштабта жүргізуге мүмкіндік тудырған катализикалық үрдістер бойынша зерттеулер кең өріс алды. XIX ғасырдың 70-жылдары күкірт қышқылын алуда жанасу әдісінің ашылуы, 1886 жылы оны осы тәсілмен өндірісте шығаруға мүмкіндік берді.

Органикалық синтезде гетерогенді катализдің ашылуы, органикалық химия тарихында жаңа кезең басталуымен байланысты. XX ғасырдың алғашқы онжылдықтарында көмірсутектер мен көмір диоксиді негізіндегі синтездер кең дами бастады. Гетерогенді катализ бойынша жұмыстар С.В. Лебедевке каучуктің өндірістік синтезін іске асыруға мүмкіндік берді.

Химиялық технологияның, актуальды мақсаттарын шешу үшін химиялық термодинамикаға қарағанда теориялық, тәжірибелік зерттеулердің маңызы зор. Олардың көпшілігі белгілі бір технологиялық бағытта дамиды. Осы жұмыстар ішінде азот пен сутегінен аммиакты синтездеуге арналған Ле Шателье, Нернст пен Габер еңбектерін атап айту керек. 1912 жылы қысым мен аммиак синтезінің өндірістік қондырғысын жасау, химия өндірісіндегі революцияны меңзеп, жоғары қысымды қолданумен өтетін өндірістік химиялық процестері басталады.

XIX ғасырдың ортасында агрохимия саласында Ю. Либих жұмыстары нәтижесінде химия өндірісінің жаңа саласы – минералды тыңайтқыштар өндірісі пайда болды. Оларды орынды қолданбай, қазіргі кезде дүниежүзі халықтарын тамақпен қамтамасыз ету, тез шешілуі мүмкін емес. Мысалы, астық өніміне сапалы минералды тыңайтқыштарды дұрыс қолданса, оның түсімін 1,7–2 есеге арттыруға болады.

Тізбекті реакциялар саласындағы XX ғасырдың 30–50 жылдарғы теориялық жұмыстар (Н.Н. Семенов, т.б.) технологиялық тұрғыда қолданылып, жоғары қысымда полиэтиленді, полистиролды, поливинилхлоридті синтездеу процестері жасалынды. Ол пластикалық массалар, синтетикалық шайырлар мен жасанды талшықтар өндіру, берілген қасиеттері бар материалдар алуда жаңалықтар ашты.

1.2.1. Қазақстанда химия өндірісінің дамуы

Қазіргі кезде химия өндірісінің бай қоры бар Қазақстанға шетелдік инвесторлар ертерек көз салды. 1885 жылы көпестер – Н.Иванов пен Н.Савенков Шымкент шаһарында жергілікті дәрі ретінде жусанды шикізатты өңдеп, «Сантонин» деп алатын артель ұйымдастырған. Артельдегі өндірушілер тек Германиядан

шақырылған мамандар болғандықтан, дәрілік өнімнің көп мөлшері шикізат түрінде Германияға экспортталды. 1921 жылы В.И. Ленин сантонин өндіретін зауытқа өте үлкен мән беріп, зауытты "Алтын жұмыртқалайтын тауық" деп атаған.

1930 жылы Ақтөбеде химия комбинатының іргетасы қаланып, аз уақыт ішінде минералды тыңайтқыштар өндіріле бастады. Осы жылдары «Аралсульфат» зауытында жергілікті тұзды көлдерден мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) бөлініп алына бастады. Мираболитті тыңайтқыштарды алу технологиясын пайдалану үшін, көптеген ғылыми жұмыстарды біздің елде Ә.Б.Бектұров бастаған ғалымдар жүргізді.

1934 жылы Ақтөбе химия комбинатында күкірт қышқылын, 1935 жылы преципитат, борат пен бура қосындыларын өндіре бастады.

1943 жылы Қарағандыда жасанды каучук ("ЖК") зауыты бастапқы кезде оттек, содан кейін, кальций карбидін өндіре бастады. Осы зауытта 1950 жылы Кучеров әдісімен ацетиленнен – ацетальдегид, соңғы қоспадан – сірке қышқылын, 1961 жылдан бастап дивинил, синтетикалық каучук, т.б. көптеген полимерлер өндірілетін болды.

1950–1956 жылдары Жамбыл (қазіргі Тараз) шаһарында суперфосфат пен күкірт қышқылын өндіретін цехтар іске қосылды. Кейін олар жергілікті Қаратау фосфоритінен минералдық тыңайтқыштар шығаратын – қос суперфосфат және аммофос алу технологияларын жолға қойды.

1951 жылы Балқаш қаласында мыс және натрий сульфидін өндіретін зауыт пен цех өнім бере бастады. 1954 жылы Қостанайда жасанды талшықтар өндіретін зауыт пайдалануға берілді. 1965 жылы Ақтөбеде хром қосылыстары зауыты іске қосылды, республикамызда халықаралық дәрежеде хром қосылыстарын, оның ішінде натрий монохроматын өндіруде алдыңғы қатарға шықты.

Басқа да көптеген химиялық зауыттар іске қосылып халық шаруашылығында, өнеркәсіптерге, халық мұқтажына қажетті заттар өндірілетін болды. Олар: Атырау химия зауыты, мұнай өңдеу және полиэтилен зауыттары, Атырау қаласындағы полистирол зауыты. Шымкент қаласында – гидролиз, цемент, мұнай өнімдерін өңдейтін "МӨӨ", қорғасын, элементті фосфор өндіретін зауыттар алдыңғы технологиялық процестерді игерді. Павлодар қаласында: мұнай және

мұнай өнімдерін өңдеу зауыты мен алюминий зауыттары елімізге қажет өнімдерді өндіреді.

Жамбыл (қазіргі Тараз) шаһарында 1969 жылдан бастап қос суперфосфат және жем фосфатын, сары фосфор, үшполифосфат өнімдері өндіріле бастады. Жаңа Жамбыл фосфор зауыты (ЖЖФЗ) көптеген өнімдерін экспорттаған үлкен кешенді өндіріс орнына айналды. Химия өндірістері елімізде кең өріс алып дамыды. Шымкент шаһары ел арасында "Химиктер қаласы" деп аталып кетті.

Соңғы жылдары экономикалық қиындықтарға байланысты кейбір зауыттар тоқтап қалды немесе басқа тиімді деп есептелетін өнімдер алуға көшті. Химия өндіріс орындары Үкімет қабылдаған инвестициялық-индустриалдық жобаларға үміт артып отыр.

1.3. Химиялық өндірістердің маңызы және даму бағыттары

Химиялық технология мен химиялық қондырғылар жасаудың экономиканың дамуы үшін маңызы зор. Химия өндірісі – қазіргі заман экономикасының маңызды салаларының бірі. Ол ғылыми-техникалық прогресті жеделдетуге, қоғамдық өндірістің тиімділігін, халықтың материалдық және әлеуметтік деңгейін жоғарылатуда негізгі рөл атқарады.

Химия және оның іргелес өндіріс салаларының ғылыми негізі – химиялық технология, ал осы салалардың техникалық базасы – химиялық машинажасау.

Химия өндірісі – экономиканы химияландырудың материалдық базасы. Бұл – химиялық технология әдістерін, химиялық шикізатты, олардан жасалған материалдар мен бұйымдарды өндірістік және өндірістік емес салаларға енгізу.

Химияландырудың мақсаты — өнеркәсіптік және ауылшаруашылық өндірістерін қарқындату және оның тиімділігін арттыру, еңбек жағдайын жақсарту, деңгейін жоғарылату. Химияландыру – шикізаттың баланс құрылымын жетілдіруді, бұйымдарды өндіру мен пайдалану шығындарын азайтуды, процесті қарқындату. Мұнай, табиғи газ, көмір және сланецті кешенді өңдеу, реакция жылуын пайдалану, қоршаған ортаны қорғауды күшейту жолдарын жетілдіруді қамтамасыз етеді.

Химияландыру – өндіріс тиімділігін өсірудің шешуші факторларының бірі болып саналады. Химиялық материалдар өндірудегі еңбек шығындары, табиғи шикізат өндіруге қарағанда едәуір төмен; мұнда энергетикалық шығындар да 2–3 есеге азаяды.

Химия салаларының ең басты мақсаттарының бірі – химиялық материалтану. Жаңа химиялық материалдар табу және оларды өндіру, өңдеу технологиясын дамыту, машиналар мен қондырғылардың сенімділігі мен пайдалану мерізімін көтеру. Ол материал шығынын, дайындап шығару энергиясы мен еңбек шығындарының жұмсалуды төмендетуге, қара, түсті және сирек металдарды үнемдеуге тікелей әсер етеді. Барлық химиялық технологиялық процестердің материалдық базасы – химия өндірісінің машиналары мен аппараттары болып табылады.

Химиялық технологиялық процестерде пайдаланылатын құралдар номенклатурасы 12 000-нан артық атаулар мен өлшем түрлерінен тұрады. Бұлар әртекті сұйық қоспаларды ажыратуға пайдаланылатын аппараттар мен қондырғылар (сүзгілер, центрифугалар, ортадан тепкіш сепараторлар, тұндырғыштар, т.б.) жылу және масса алмасу аппараттары (жылу алмастырғыштар, буландырғыштар, колонналар, кептіргіштер, экстракторлар, кристаллизаторлар, т.б.), ұсақтау, материалдарды жіктеу мен өлшеу үшін қолданылатын құрылғылар, полимерлерді өңдеуге пайдаланылатын құралдар, газ тазалағыш пен шаң ұстағыш құралдар, компрессорлар, насостар, арматура, т.б.

Тек бір ғана этилен мен пропиленді өндіру үшін қондырғыда 40-қа жуық әр түрлі колонналар, 250-дей түрлі жылу алмастырғыштар, 50-ге жуық жинағыш аппараттар, пиролиз пештері, компрессорлық қондырғылар, көптеген насостар, әр түрлі коммуникациялар арматуралары, бақылау-өлшегіш приборлары мен автоматика құралдары қажет болады. Бұлардың бәрі, біртұтас технологиялық тізбекті құрайды.

Дамыған елдердің тәжірибесі көрсеткендей, ғылыми-техникалық прогресс көрсеткіштерінің бірі – жалпы өндірістегі химиялық өнімдердің үлесі. Ең алдымен, химиялық өндірістің экологиялық мәселелері шешілуі керек. Бұл проблемаларды жүзеге асыруда химиялық-технологиялық процестер үшін тиімді қондырғылар, машиналар мен аппараттарды ойлап табу қажет болды.

Қазіргі заманғы химия өндірісінің негізгі даму бағыттары. Қазіргі заманғы химия өндірісі дамуының негізгі бағыттары, бәрінен бұрын адамзаттың заманауи проблемаларын шешумен байланысты. Олардың қатарына: адамзаттың азық-түлік ресурстары; өндіріс үшін минералды шикізат ресурстары; энергетикалық ресурстар; биосфераны ластаудан сақтау жатады.

Бұл проблемалар өзара байланысты, әрі кешенді шешілуі керек, оларды шешуде биотехнологияның рөлі едәуір өсті. Токсиканттармен, топырақ, су және атмосфера ластануымен күресуде – биотехнологиялық әдістер, пайдалы қазбаларды шығарудың микробиологиялық әдістері, ферменттер мен биологиялық белсенді заттарды өндірудің биологиялық әдістерінің, тиімділігі бойынша қалыптасқан әдістерден мүмкіндігі артық.

Қазіргі химиялық технологияның деңгейі, әсіресе биотехнологияның өндірістік масштабта азықтық емес өсімдік шикізатынан моносахаридтер, этанол, глицерин, фурфурол, өсімдік ашытқылары, амин қышқылдары, белок-витаминді концентраттар, т.б. өнімдер алуға мүмкіндік береді.

Химиялық технологияның жетекші бағыттарының бірі, соның ішінде көмірсутектер химиясы мен көмір және сланецті химиялық өңдеу – химиялық өнімдердің жаңа түрлерін және көп мақсатқа арналған шикізаттың ірі масштабты өндірісін жасау. Мұндай өнімдер қатарын, химиялық компоненттің де, екіншілік энергия тасымалдағыштың да рөлін атқаратын молекулалық сутегі, аммиак, гидразол, метанол толықтырады. Бұл заттардың ішіндегі ең маңыздысы – сутегі, оның таза және іс жүзінде таусылмайтын көзі – су. Судан сутегін алу – стратегиялық маңызы бар мақсат.

Сутегін пайдаланатын, ең болашағы зор технологиялық процестер – аммиак пен метанол синтезі, сұйық пен газ тәрізді көмірсутектер (жасанды сұйық отын, метан) синтезі, қатты отындарды газдандыру, қара және түсті металдар кенін тікелей тотықсыздандыру, металл ұнтақтарын пісіру, авиациялық, автомобильдік және ракеталық отын, газ турбиналары мен магнит, гидродинамикалық генераторлар үшін отын өндіру.

Арзан сутегі болса, көміртегі диоксидін – метанолға, метанға, көміртегі тотығына, сұйық көмірсутектерге, сутектендіру процестері нәтижесінде карбонатты кендердің таусылмас табиғи қорына

айналдыруға болады. Никель, кобальт және рутений катализаторларын пайдаланып, көміртегі диоксидінің қос тотығының сутегімен әрекеттесуі – метан алуға, ал оксидті катализаторларды – метанол алуда, сутегін кең пайдаланудың кейбір бағыттары белгіленген.

Барлық дамыған елдерде сутегін үлкен масштабта өндірудің үнемді әдістерін табу және сутегін алудың радиациялы-химиялық әдісінің, әсіресе жоғары температуралы термолизбен қосақталған түрде қолданудың болашағы зор. Ол ядролық реакторлардың сәуле шығаруы мен жылуын кешенді пайдалануға бағытталған. Сонымен қатар, сутегі энергетикасы мен күн энергиясын тиімді пайдалану проблемаларымен де тығыз байланысты.

Сутегін қолдануға көшу, энергетика мен химиялық технологияны, тұрмыстық газбен жабдықтау мен металлургияны, автомобиль және авиация көліктерін энергиямен жабдықтауды, синтетикалық көмірсутектер өндіруді тұтас технологиялық жүйеге біріктіреді. Сутегін алу технологиясын пайдаланғанда экологиялық және шикізаттық проблемалар толық шешіледі.

Негізгі дүниежүзілік энергия көзінің бірі – атом энергетикасы. Дүниежүзілік отын-энергетикалық баланстың 6%-ға жуығы мен өндірілген электр энергиясының 17%-ы ядролық энергияға келеді. Дүниежүзінде 436 атом электр станциясы (АЭС) қызмет істесе, оның ішінде АҚШ-тағы АЭС-тер қуаты 90 млн квт-тан асады, Францияда – 45 млн квт, Жапонияда – 27 млн квт, Ресейде АЭС үлесіне 21 млн квт-тан астам ғана келеді.

Атом энергетикасының қарқынды дамуы үшін оның экологиялық қауіпсіздігі аса маңызды. Жылу электр станцияларында (ЖЭС) органикалық отындарды жаққанда қоршаған ортаға аса көп мөлшерде азот, күкірт және көміртегі оксидтері, улы көмірсутектер, күл және шаң шығады да, процесс орасан зор көлемде оттегін жұтумен жүреді. АЭС-та мұндай зиянды заттар пайда болмайды және оттегі де шығындалмайды. Атом электр станцияларының артықшылығы – көмір пайдаланылатын ЖЭС-ларына қарағанда, тіпті одан туындайтын радиоактивтілік деңгейі де төмен, әрі табиғи радиоактивтілік фонға да қосымша зияны жоқ.

Электр – жылу энергиясын өндіру үшін атом энергетикасының дамуы, оны әрі қарай кешенді өңдеу үшін едәуір мөлшерде

органикалық отынды жұмсауға тура келеді. Химиялық технологияның принципті жаңа бағыты – атом энергиясын химиялық мақсаттарға пайдалануға негізделген. Жаңа технология жылу мен ядорлық энергия көздерін (атом реакторлары, күшті ток жылдамдатқыштар) біріктіріп пайдаланғанда өндірілетін энергия, радиациялық процестерге сүйенеді. Атом реакторларында жылу сіңіргіш жоғары температуралық процестерді жүргізу үшін, ал γ -сәуле шығару энергиясын – радиациялық химиялық процестер синтезін жүргізу және модификацияланған материалдар алу үшін пайдаланылады.

Мұнай ресурстары шектелген жағдайда, химия және мұнай-химия өнімдері үшін шикізаттың жаңа түрлері ретінде көмір қолданылады. Көмір мен газ тәрізді отын түрлерін химиялық шикізатқа айналдыру және үнемді процестер мен кешенді өңдеу әдістерін игеру үшін біраз жұмыстар жүргізілуде.

Ең маңызды проблемалардың бірі – қайтадан туындайтын шикізат көздері мен энергияны, әсіресе биомассаны кең пайдалану. Биосфераның 90% биомассасын жер бетіндегі өсімдіктер биомассасы құрайды; қалған бөлігі су өсімдіктері мен гетеротрофты организмдер үлесіне тиеді. Жер бетіндегі оның қоры 640 млрд т, ал мұнайға эквивалентті энергия мөлшері 27 500 млрд ГДж, 1836 млрд т болып бағаланады. Биомассаның негізгі көзі – ағаштар, ауылшаруашылық өнімдері мен су өсімдіктері. Биомасса ірі қайта жаңаратын энергия көзі болғандықтан, сутегін, газ тәрізді, сұйық, қатты көмірсутектер мен химиялық өнім алу үшін пайдаланылады. Соңғы жылдары биомассаны отынға, органикалық синтез өнімдеріне химиялық және биохимиялық әдістермен алмастыру жолдары қарастырылуда.

Химия өндірісі саласында аз тонналық химия өнімдерінің рөлі өте зор. Ол шығарылған бұйымдардың сапасын жоғарылатып, тұтынушылық қасиеттерін жақсартуға, техниканың, материалдардың және технологиялардың ғылыми негізді жаңа түрлерін жасауға пайдаланылады. Сонымен қатар, экологиялық проблемалар мен елдің экономикалық қауіпсіздік мәселелерін шешу үшін де керек. Бұл топқа салыстырмалы түрде аз мөлшерде алынатын аса бағалы, жақсы қасиеттері бар заттар жатады. Оларды нәзік органикалық және бейорганикалық әдістермен алады. Бұлардың қатарына – лак-бояғыш материалдар, синтетикалық бояулар және оларды өндіруде

қолданылатын қосымша заттар – мата, тері, т.б. өндіріс салалары үшін қосымша заттар – химиялық реактивтер мен аса таза заттар, люминофорлар, монокристалдар, беттік-белсенді заттар, т.б. жатады.

Техникасы дамыған елдерде жеделдетілген қарқынмен, көп қолданылатын заттар өндірісі дамып келеді. Олардың қатарында, аммиак пен метанол бар. Дүниежүзі бойынша аммиак өнімінің 75% табиғи газ негізінде өндіріледі, ал басқа шикізаттарға – бензин фракциялары мен жеңіл көмірсутектер, сұйытылған мұнай газдары, мұнай зауыттарынан шыққан газдар жатады.

Экономиканың дамуын әрі қарай қарқындату және оның тиімділігін арттыру, белгілі дәрежеде табиғи ресурстарды кешенді пайдалануға, технологиялық процестерді жетілдіру мен қоршаған ортаны қорғау проблемаларына байланысты.

Биосфераны тиімді пайдалану және оны зиянды техногенді процестерден қорғау – үнемі туындайтын, маңызды мәселе. Өндірістік қалдықтарды зиянды қоспалардан тазарту тәсілдерін қолдану мен жетілдіруде шешуші рөл, химиялық технологияға тиесілі. Қазіргі технологияның ең маңызды мақсаттарының бірі – ауаға және су қорларына зиянсыз технологиялық процестерді қолдану.

Жаңа технологиялық идеологияның негізгі сипаты өндірістің физика-химиялық, физика-математикалық, инженерлік-техникалық, экономикалық, экологиялық және әлеуметтік қорларды біріктіретін ғылыми жүйедегі көзқарас қажет. Мұндай өндірістерді құру, технологиялық схемаларды аппаратуралық безендіру жолдарын өзгерту мен жетілдірудің жаңа принциптерін жасаумен, жылу- және масса алмасуды жеделдету, математикалық модельдеу және оңтайландыру әдістерін енгізумен тығыз байланысты.

Бұл мәселелерді табысты шешу шарттарының бірі – химиялық технологияның теориялық негіздерінен бастап, тиімді технологиялық схемалар жасау, химиялық технологияны үнемі жетілдіру.

2-тарау. ХИМИЯЛЫҚ ӨНДІРІС ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ

Химиялық технологияның зерттеу нысаны – химиялық өндіріс.

Химиялық өндіріс – шикізатты машиналар мен арнайы қондырғыларда химиялық әрекеттесуді (айналымды) пайдаланып, қажетті өнімді өңдеу процестерінің жиынтығы. Шикізатты өнімге дейін өңдеу операциялары мен процестер жиынтығын – *технологиялық процесс* деп атайды. Химиялық технологияның зерттеу нысаны, химиялық өндіріс болып саналады.

Химиялық-технологиялық процесс – бастапқы заттарды өнімге айналдырып, оны мақсатты өңдеудің химиялық және физика-химиялық процестерінің реті.

Бұл анықтаманы аммиак өндірісінде азот пен сутегінен алу синтезінде қарастырсақ, аммиак химиялық процесте, химиялық реакция: $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ жүргенде түзіледі. Өзгеріс $700-800^{\circ}C$ температура және 30 МПа қысымда іске асады. Реакция қайтымды болғандықтан, бастапқы азотты сутек қоспасы аммиакқа түгел ауыспайды және әрекеттескен қоспа құрамында реакция өнімі – аммиакпен бірге, әрекеттесіп үлгермеген азот пен сутегі бар. Түзілген аммиакты бөліп алу қажет. Ол үшін, әрекеттескен қоспаны суытады да, конденсацияланған аммиакты газ тәрізді компоненттерден бөліп алады. Конденсация – аммиак синтезіндегі *физика-химиялық процесс*. Әрекеттеспеген N_2 және H_2 реакторға қайтарылады. Қысымды көтеру және газдардың циркуляциясын жүргізу үшін оны сығу қажет. Бұл – *механикалық процесс*. Ағынды қыздыру мен суыту – *жылу алмасу* процесі. Ретімен келтірілген операциялар жиынтығы өндірісте азот пен сутектен (бастапқы заттар) аммиак (өнім) алуды іске асыратын *химиялық-технологиялық процесс* – аммиак синтезі болады.

Аммиак синтезі үшін негізінен бастапқы заттар болу қажет, ол үшін алдымен сутегін табиғи газ бен судан, ал азотты – ауадан бөліп алады. Табиғи газ, су және ауаны аммиакқа айналдыру үшін жасалған процестер мен операциялар жиынтығын, табиғи материалдан аммиак өндірудің *химиялық-технологиялық процесі* деп атайды. Аммиак синтезінің химиялық-технологиялық процесі, оның бір бөлігі ретінде болады. Сонымен қатар, табиғи газ, су және ауаның азот пен сутегіне айналу операциясы мен процестерінің ретін – *азотты сутек қоспасын*

өндірудің химиялық-технологиялық процесі деп қарастыруға болады. Сонымен, химиялық-технологиялық процесс түгелімен өндіріс ретінде де, жеке оның бөліктері ретінде де көрінеді екен.

Негізгі қолданылу аясына сай, химиялық-технологиялық процестер жүретін қондырғылар мен машиналарға байланысты жеке бірнеше процестер мен операциялар түрін бөліп қарастырады.

Механикалық және гидромеханикалық процестер – материалдарды араластыру, пішіні мен өлшемінің өзгерісі, сығу мен ұлғайту, ағынды араластыру (күю, қосу) және бөлу. Бұлардың бәрі өңделетін материалдың химиялық және фазалық құрамының өзгерісінсіз жүреді. Бұл процестерді іске асыру үшін тасымалдағыштар, қоректендіру көздері, ұсақтағыштар, диспергаторлар, пішіндегіштер, компрессорлар, насостар, ығыстырғыштар, сүзгілер қолданылады.

Жылу алмасу процестері – қыздыру, суыту, фазалық күй өзгерісі. Олардың нәтижесінде заттың химиялық құрамы өзгермейді. Олар жылу алмастырғыштарда, қайнатқыштар, конденсаторлар, балқытқыш, сублиматорларда жүреді.

Масса алмасу процестері – еріту, кристалдау, кептіру, дистилдеу, ректификациялау, абсорбция, экстракция, десорбция, яғни оған концентрация градиентіне әсері бар және химиялық құрамы өзгеріссіз өтетін, фаза ішінде немесе фазалар арасында затты көшіру процесі жатады. Ол үшін кристаллизаторлар, кептіргіштер, дистилляторлар, ректификаторлар, абсорбенттер, экстракторлар, десорберлер қолданылады.

Химиялық процестер – химиялық реакторларда заттың химиялық құрамын түбегейлі өзгертетін процестер. Келтірілген негізгі процестерден басқа химия өндірісінде, *энергетикалық процестер*, әр түрлі энергия түрлері (жылу, механикалық, электр) турбина, генератор, моторларда өзара түрлендіретін (ауыстыратын); *ақпараттық басқару процестері* – заттың және ағынның күйі жөнінде ақпарат беретін, алатын процесті басқару пультінен белгі беретін және беруге жауапты операциялар бар. Ақпараттық-басқару қондырғыларына жататындар: ағын күйі датчиктері мен қондырғылар (температуралық, қысымдық, құрам, қозғалтқышты айналдыру жылдамдығы, т.б.), белгі беретін немесе ақпараттық жүйелер,

автоматты түрде есептегіш, басқару машиналарын қоса реттейтін жүйелер, т.б. жатады.

Көп жағдайда бір мезгілде екі немесе одан да көп құбылыс болатын процестер болады. Бұл жағдайда процесті жіктеу, негізгі қолданылу аясы бойынша болады. Мысалы, компрессорда газды сығу – оны қыздыру арқылы іске асады, бірақ негізгі бағыт бойынша бұл процесс механикалық болады. Детандерде сығылған газ қатты суып, механикалық жұмыс жасайды. Бағыты бойынша бұл, суықты қамтамасыз етуге пайдаланылатын жылу алмасу процесі. Жоғарыда келтірілген химиялық-технологиялық процестерді зерттеу және іске асыру химик-технологтың негізгі кәсіби жұмысы.

2.1. Химиялық өндірістің құрылымы, құрамы және құраушылары

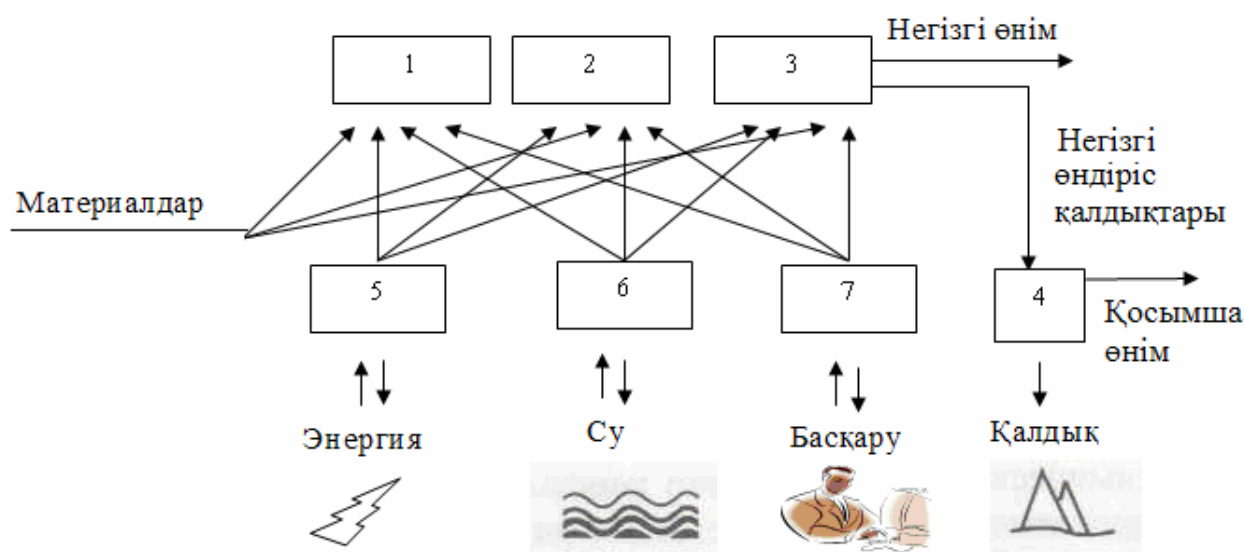
Химиялық өндіріс қамтамасыз етуге тиіс:

- өндірісте қажетті өнімді алуды;
- экологиялық қауіпсіздікті;
- қондырғылар жұмысының қауіпсіздігі мен сенімділігі;
- шикізат пен энергияны барынша тиімді пайдалану;
- еңбек өнімділігін арттыру.

Химиялық өндірістің негізгі құрылымы 1-суретте көрсетілгендей, функционалды бөліктерден тұрады. 1–3 – химиялық өндірістің өзі, яғни мұнда шикізат өнімге айналады. 1– *шикізатты дайындау*, оның алдын ала өңделуі: ұсақтау, қоспалардан тазалау, компоненттерін араластыру, қыздыру, т.б.

Дайындалған шикізат бірнеше айналымнан өтеді: оның *өңделуі* (2) нәтижесінде негізгі **өнім** пайда болады. Бастапқы табиғи шикізат, әдетте қоспалардан тұратындықтан, *қосымша өнім* пайда болады, түзілген негізгі өнімді қоспадан бөлу, *тазалау* (3) қажет. Өнім қалдығы немесе шикізатты өңдеуде пайда болған қажетсіз өнімдер құрамында зиянды заттар немесе тастауға болмайтын пайдалы заттар болуы да мүмкін. Сондықтан, химиялық өндірістің маңызды элементтеріне аса көңіл бөлген жөн. *Санитарлық тазалау және қалдықтарды жою* (4), залалсыздандыру – қалдықтың улы құрамдас бөлігін зиянсыз қалдыққа айналдыру және өндірістен шеттету. Негізгі өндіріс қалдықтарын қосымша пайдалы өнімге айналдырып,

пайдасыз қалдық мөлшерін әлдеқайда азайту ең пайдалы шара болып саналады.



1-сурет. Химиялық өндірістің құрылымы мен функционалдық элементтері:

- 1– шикізатты дайындау; 2– шикізатты өңдеу; 3– негізгі өнімді бөлу;
4– санитарлық тазалау және қалдықтарды жою; 5– энергетикалық жүйе;
6– қосымша материалдар мен суды дайындау; 7– басқару жүйесі

Химиялық өндіріс орындары энергияны көп қажет етеді: шикізатты өңдеп, оны соңғы өнімге айналдыру үшін барлық өндірілетін энергетикалық ресурстың 15%-ы жұмсалады. Энергетикалық жүйе (5) – химиялық өндірістің негізгі әрі күрделі элементі. Өнім алу үшін жұмсалатын энергия мөлшері, оның өндірісте өндірілу жағдайын қамтамасыз етуге қажет энергия шығынынан бірнеше есе кем. Көбіне химиялық өндірістер энергияны бөлу (экзотермиялық реакциялар) және энергияны басқа өңдеу сатыларына берумен қатар, бөлінген энергияны өндірістің басқа да саласына екінші рет пайдаланады.

Энергиядан басқа химиялық өндірісте қосымша материалдар – жүретін процестерді қамтамасыз ету үшін қажет. Оларға мысалы өнімді, затты бөлуге, ортаны қамтамасыз етуге жарамды, процестерді жүргізуге қажетті сорбенттер, материалдар жатады. Су – өндірісте ерекше орын алады. Оны химиялық өндірісте технологиялық ағынды салқындатуға, өндіру, еріту және заттарды сұйылту үшін көп мөлшерде пайдаланады.

Қосымша материалдар мен су соңғы өнімге қатысы болмағандықтан, технологиялық процесті қамтамасыз етіп, дайындау жүйесі операциялар айналымынан кейін бастапқы қасиеттерін қалпына келтіріп, соңынан өндіріске қайта пайдалануды қамтамасыз етуі қажет.

Күрделі химиялық өндірісті *басқару жүйесінсіз* (7) іске асыру мүмкін емес. Ол өндірістің жалпы күйін бақылауды, процестердің жүруін қолайлы жағдайда жүргізуді, қажетсіз процесті болдырмай немесе апат болудан қорғап, күрделі жүйені қосу мен тоқтатуды қамтамасыз етеді. Бұл элемент технологиялық процестің басқару жүйесін автоматтандыру (АСУТП) болып табылады.

2.1.1. Химиялық өндірістердің құраушылары

Химиялық өндірісте *айнымалы компоненттер* үнемі қажет болады немесе өндірісте түзіледі. Оған жататындар:

- өндеуге түсетін *шикізат*;
- технологиялық процесті қамтамасыз ететін *қосымша материалдар*;
- *өнімдер* (негізгі және қосымша) – шикізатты өндеу нәтижесінде өндіріс өнімі ары қарай тұтыну өнімі ретінде қолданылып, алғашқы қасиетін жоғалтуы, сөйтіп, қалдыққа айналуы немесе жартылай өнім ретінде әрі қарай өндеу нәтижесінде басқа өнімге айналуы мүмкін;
- *өндіріс қалдықтары* – ары қарай өндеуге жатпайтын қоршаған ортаға шығарылатын заттар мен материалдар;
- өндіріс жұмысын қамтамасыз ететін *энергия*.

Тұрақты компоненттер өндірісте салынған (қондырғылар, конструкциялар) немесе оның барлық немесе жұмыс істеу мерізіміне қатысатын қызметкерлер. Оларға: қондырғылар (машиналар, аппараттар, көлемді ыдыстар, құбырлар, арматура); бақылау және басқару құралдары; құрылыс конструкциялары (ғимарат, құрылыс алаңдары, қоймалар); қызмет етушілер (жұмысшылар, аппаратты басқарушы, инженер, т.б. өндіріс жұмысшылары) жатады.

2.1.2. Химиялық өндіріс құрамы

Химиялық өндіріс құрамы, өндіріс бірлігі ретінде оның жұмысын қамтамасыз етеді:

1. Химиялық өндірістің өзі;
2. Шикізат, өнім, қосымша материал, т.б. сақтау қоймасы;

3. Шикізат, өнім, қосымша материалдар, қосалқы заттар және қалдықтарды тасымалдауды ұйымдастыру жүйесі;

4. Ғимараттар, қосымша қоймалар;

5. Өндірістік бөлімдердің жұмысын қамтамасыз ететін қызметкерлер;

6. Басқару, материалмен қамтамасыз ету және қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесі.

Химиялық өндірістер негізгі және көмекші цехтардан құралады. Өндірістің меңгерушісі – директор, директордың бірінші орынбасары – бас инженер. Бас инженер өнеркәсіптің барлық өндіріс әрекеттерін басқарады.

Өндірісті тікелей зауыт басқармасы басқарады, оның құрамында әр түрлі бөлім меңгерушілері болады: бас өндіріс технологы, бас механик, жоспарлау бөлімі, т.б. бөлімдер.

Өнеркәсіп құрамындағы ерекше маңызды бөлімдері – орталық зауыт пен цех лабораториясы.

Орталық зауыт лабораториясы (ОЗЛ) құрамында өндірісті бақылау және ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізетін бөлімшелер болады. Олардың негізгі міндеттері:

- өндірісті және өнімнің сапасын бақылау;
- технологияны кемелдендіру;
- өндіріске жаңа әдістерді енгізу және жаңа өнім өндіру әдістерін ұсыну.

ОЗЛ бастығы, бас инженерге бағынады.

Техникалық бақылау бөлімі (ТББ) – жоғары сапалы өнім алуды қамтамасыз ететін бөлім. ТББ – шикізаттан бастап, оны өндеу процесін және өнделген өнімнің сапасын бақылайды. ТББ бастығы тікелей директорға бағынады.

Стандарттарды бір үлгіге келтіру де, ТББ міндеті. Олар өнімнің: мемлекеттік стандарт – МСТ (ГОСТ); салалық стандарт – ССТ (ОСТ); республикалық стандарт – РСТ; кәсіпорынның стандартына – КСТ сәйкес келуін қамтамасыз етеді. Егер дайын болған өнімнің сапасы стандарттарға сәйкес келмесе, ТББ бастығы өнімді өндіруді тоқтауға нұсқау бере алады.

2.2. Химиялық өндіріс пен химиялық-технологиялық процестердің техника-экономикалық көрсеткіштері

Химиялық-технологиялық процесс сапасын техникалық көрсеткіштер анықтайды.

Химиялық технологияның мақсаты – процесті неғұрлым тиімді жүргізу арқылы, бастапқы шикізатты реакция өніміне толық айналдыру және бірлік уақытта реактордың өнім өндіруін жоғарылату, яғни шикізаттың өнделу жылдамдығын арттыру. Мұндағы өндірістің мақсаты – барлық шығын түрлерін азайту арқылы жоғары сапалы өнім алуға қол жеткізу.

Процесс барысын талдау, оның тиімділігін анықтау үшін, оның техника-экономикалық көрсеткіштері қолданылады. Мұндай көрсеткіштер ретінде бастапқы реагенттің өнімге айналу дәрежесі, өнім шығымы, таңдамалылық (селективтілік) қолданылады. Бұл көрсеткіштер химиялық процестің нақты жүру мүмкіншілігін жан-жақты сипаттайды.

Бастапқы реагенттің өнімге айналу дәрежесі. Бұл химиялық-технологиялық процесте бастапқы шикізаттың қаншалықты терең, химиялық өзгерістерге ұшырайтынын көрсетеді.

Айналу дәрежесі – бұл реакцияға түскен реагент мөлшерінің, алғашқы реагент мөлшеріне қатынасы. Қайтымсыз $A \rightarrow B$ реакциясын қарастырайық, егер N_{A_0} – A затының алғашқы мөлшері, N_A – A затының нақты осы кезеңдегі мөлшері деп белгілесек, онда A реагентінің өнімге айналу дәрежесі:

$$X_A = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}}. \quad (2.1)$$

Айналу дәрежесі үлес немесе %-бен өрнектеледі, %-бен өрнектелгенде (2.1)-тендеу былай жазылады:

$$X_A = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

(2.1)-тендеуден:

$$N_A = N_{A_0} (1 - X_A). \quad (2.3)$$

Егер реакция көлемді өзгертпей жүретін болса, онда

$$X_A = \frac{C_{A_0} - C_A}{C_{A_0}} = 1 - \frac{C_A}{C_{A_0}}; \quad (2.4)$$

C_{A_0}, C_A – бастапқы А–реагентінің процестің басында және соңындағы мөлшері болса, онда (2.4)-теңдеуден алынатыны:

$$C_A = C_{A_0} (1 - X_A). \quad (2.5)$$

Айналу дәрежесі неғұрлым жоғары болса, солғұрлым бастапқы шикізаттың көп бөлігі химиялық реакцияға түсіп, химиялық өзгеру процесі толық жүреді.

Айналу дәрежесі – бастапқы шикізаттың қолданылу тұрғысынан, процестің тиімді жүруін сипаттайды, бірақ ол реакция өнімінің алыну тұрғысынан процесті сипаттауға жеткіліксіз. Сондықтан, процесті жүргізудің тиімділігін, өнім шығымы көрсеткішімен сипаттайды.

Өнім шығымы – мақсатты өнім мөлшерінің, оның стехиометриялық теңдеу бойынша алынуға тиісті мөлшеріне қатынасы немесе шын өндірілген өнімнің теорияға сәйкес өндірілетін өнім мөлшеріне қатынасы. Қайтымсыз $A \rightarrow R$ реакциясы үшін:

$$Q_R = \frac{N_R}{N_{R_{\max}}}; \quad (2.6)$$

мұндағы Q_R – мақсатты өнім шығымы; N_R – процесс соңындағы R затының өнім мөлшері; $N_{R_{\max}}$ – R затының максимальды мүмкін өндірілуге тиіс мөлшері.

Қайтымсыз химиялық процестер. Бұл процестер үшін максимальды мүмкін өнім мөлшері $N_{R_{\max}}$ реакцияға түскен зат мөлшеріне N_{A_0} – сәйкес келеді ($N_{R_{\max}} - N_{A_0}$), яғни өнім шығымын алынған мақсатты өнімнің, оның алғашқы мөлшеріне қатынасы деп қарастыруға болады:

$$Q_R = \frac{N_R}{N_{A_0}}; \quad (2.7)$$

екінші жағынан $N_R = N_{A_0} - N_A$ тең болғандықтан, қайтымсыз процестер үшін:

$$Q_R = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}} = X_A, \quad (2.8)$$

яғни, мақсатты өнім шығымы, айналу дәрежесіне тең.

Қайтымды химиялық процестер. Тепе-теңдік орнау дәрежесі ұғымының маңызы бар. Тұрақты жағдайда, тепе-теңдік кезінде қайтымды $A \leftrightarrow R$ реакциясы үшін $N_{R_{\max}} = N_{\min}$. Сонда (2.6)-теңдеу,

$$Q_R = \frac{N_R}{N_{\min}}. \quad (2.9)$$

Осы $A \leftrightarrow R$ реакциясы үшін тепе-теңдікте болу дәрежесі:

$$X_A^* = \frac{N_{A_0} - N_A^*}{N_{A_0}}$$

X_A^* – тепе-теңдіктік айналу дәрежесі, N_A^* – тепе-теңдік кезіндегі А затының мөлшері.

Қайтымды реакция үшін $N_{R_{\max}} = N_R^*$ болса, онда

$$Q_R = \frac{N_R}{N_R^*}, \quad (2.10)$$

N_R^* – тепе-теңдік кезіндегі R затының мөлшері.

Бірақ, $N_R = N_{A_0} - N_A$, ал $N_R^* = N_{A_0} \cdot X_A^*$, онда (2.10)-тендеуден, қайтымды реакция үшін (6)-теңдеу былай жазылады:

$$Q_R = \frac{N_R}{N_R^*} = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0} - X_A^*} = \frac{X_A}{X^*} \quad (2.11)$$

Параллель және кезектесіп жүретін реакциялар. Мақсатты өнім (R) мен қатар, қосымша өнімдер алынатын екі параллель реакцияны қарастырайық.



Егер бастапқы реагент А тек ғана мақсатты реакциямен жүретін болса, R өнімнің максимальды мөлшерін алуға болады, сонда:

$$\Phi_R = \frac{n_R}{n_{A_0} (r / a_1)}.$$

Күрделі реакция үшін А затының бастапқы мөлшері мен айналу дәрежесін, n_R арқылы өрнектеуге болмайды. Өйткені, А затының жұмсалуды мақсатты бағытта ғана емес, қосымша бағытта да жүреді. Сонымен бірге, кезектесіп жүретін реакциялар үшін R мақсатты өнімнің шығымы болып, келесі реакция үшін былай жазылады:



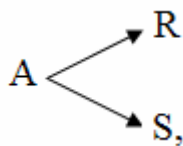
Қайтымды, параллель және кезектесіп жүретін реакциялар кезінде А реагенті тек қана мақсатты реакцияға жұмсалып, ал тепе-теңдік кезеңінде қосымша реакцияның өнімдері жоқ болса, онда R

мақсатты өнімнің шығымы, максимальды болады. Осыдан, қайтымды күрделі реакциялар үшін теңдеу мына түрде болады:

$$\Phi_R = \frac{n_R}{n_{A_0} - n_{A_e}(r/a_1)} = \frac{n_R}{n_{A_0} x_{A_e}(r/a)}.$$

Талғампаздық. Күрделі процестерде бастапқы зат бірнеше химиялық өзгерістерге ұшырап, нәтижесінде реакцияның әр түрлі өнімдері алынады. Сондықтан процестің барысын тек өнімге айналу дәрежесімен ғана бағалау жеткіліксіз. Бастапқы заттың көп бөлігі химиялық реакцияға түссе, онда айналу дәрежесі жоғары болуы мүмкін, бірақ бұл өзгерістердің барлығы мақсатты өнімнің түзілуін қамтамасыз етпейді. Мақсатты өніммен қатар, қосымша өнімдердің алынуы мүмкін. Егерде мақсатты өнім неғұрлым көп, ал қосымша өнімдер аз түзілсе, онда процесс солғұрлым тиімді өтеді. Осындай күрделі процестерді сипаттап, алынған жалпы өнімдердің ішінен мақсатты өнімнің үлесін анықтау үшін талғампаздық шамасы қолданылады.

Талғампаздық – мақсатты өнімнің жалпы шыққан өнімге қатынасы. Параллель жүретін реакцияны қарастыралық:



мұндағы R – мақсатты өнім, S – аралық өнім.

Онда талғампаздықты былай тұжырымдауға болады:

$$m_R = \frac{N_R}{N_R + N_S}; \quad (2.12)$$

N_R, N_S – R және S өнімдердің мөлшері, m_R – талғампаздық.

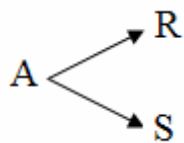
Осы қаралған параллель реакция үшін, $N_R + N_S = N_{A_0} - N_A$, онда:

$$m_R = \frac{N_R}{N_{A_0} - N_A}. \quad (2.13)$$

X, Q және m арасындағы байланысты орнату үшін (7) теңдеудің оң жағын $N_{A_0} - N_A$ -ға көбейтіп және (2.13)- теңдеулерді ескеріп, мына теңдеуді алуға болады:

$$Q = \frac{N_R}{N_{A_0}} = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}} \cdot \frac{N_R}{N_{A_0} - N_A} = X_A \cdot m_R. \quad (2.14)$$

Сонымен, алынған байланысты $Q_R = f(X_A \cdot m_R)$ былай жазуға болады: $Q_R = X$ (2.8) – қайтымсыз $A \rightarrow R$ реакциясы үшін; $Q_R = X/X^X$ (2.11) – қайтымды $A \leftrightarrow R$ реакциясы үшін; $Q_R = X_A \cdot m_R$ (2.14) – күрделі



реакциясы үшін.

Аталған көрсеткіштермен қатар, процестің экономикалық тиімділігін сипаттау үшін мына шамалар – өнімділік, қарқындылық (интенсивтілік), шығын коэффициенті қолданылады.

Машина, аппараттар мен цехтардың, зауыттардың жұмыс жасау тиімділігін сипаттайтын көрсеткіштердің бірі – өнімділік.

Өнімділік – өндірілген өнімнің мөлшері немесе уақыт бірлігі ішінде өңделген өнім.

$$\Theta = \frac{B}{\tau}; \quad (2.15)$$

Мұндағы Θ – өнімділік, B – өнім массасы, кг, т, τ – уақыт, сағ. Өнімділік, кг/сағ; т/тәулік, м³/тәулікпен өлшенеді. Егер реакциялық қоспада өнімнің концентрациясы белгілі болса, онда өнімділікті анықтау үшін мына теңдеу қолданылады: $\Theta = C_R \cdot V$; мұндағы C_R – өнімнің концентрациясы, V – реакциялық қоспаның жұмсалыу көлемі.

Агрегат, машина өнімділігінің максимальды мүмкіншілігі – қуаттылық деп аталады. Өндіріс қуаты – аппараттың оптимальды жағдайдағы ең жоғарғы өнімділігі: $W = \Theta_{\max}$.

Аппараттың өнімділігін, оның мөлшерін үлкейту немесе қарқындылығын арттыру арқылы көтеруге болады.

Бірдей процестер жүретін құрылысы және өлшемі әр түрлі аппараттар немесе қондырғылардың жұмысын салыстыру үшін, қарқындылық ұғымы қолданылады.

Қарқындылық – бірлік уақыттағы аппарат өнімділігінің аппарат көлемі немесе өнім өндіретін ауданына қатынасы.

$$U = \frac{\theta}{V_r} = \frac{B}{V_r \cdot \tau}; \quad (2.16)$$

V_r – аппарат (реактор) көлемі.

Қарқындылық – бірлік уақытта аппаратың бірлік көлемі немесе қимасынан алынған өнімнің мөлшерімен өлшенеді. Өлшем бірліктері – (кг/м³ · сағ, т/тәулік · м²). Алынған бірлік – өнім өндірісіне жұмсалған

шикізат пен энергияның мөлшері, ол жұмсалыу коэффициентімен бағаланады.

Жұмсалыу коэффициенті – белгілі мөлшерде өндірілген өнімге жұмсалған шикізаттың, судың, энергия мен әр түрлі реагенттердің мөлшері.

$$\beta = Q / B \quad (2.17)$$

Q – жұмсалған шикізат, су, т.б. мөлшері, B – өнім массасы.

Шығын коэффициентін тонна/тоннаға ($t \cdot t^{-1}$) куб.метр/тоннамен ($m^3 \cdot t^{-1}$), киловатт сағат/тоннамен ($kWt \cdot sa\hat{g} \cdot t^{-1}$) өрнектейді.

2.2.1. Химиялық өндірістің экономикалық тиімділігі

Экономикалық тиімділік – негізі үш көрсеткішпен сипатталады: *капиталдық шығын, өнімнің өзіндік құны, еңбек өнімділігі.*

Капиталдық шығын – кәсіпорынның немесе цех құрылысын салуға жұмсалған барлық шығынның қосындысы. Барлық жағдайда, жұмсалған шығынның мөлшері неғұрлым аз болуына ұмтылу керек.

Меншікті капиталдық шығын, жалпы капиталдық шығынға қарағанда көрнекті көрсеткіш болып саналады. Ол цех қондырғыларының жалпы құнын, олардың жылдық қуаттылығына бөлгенге тең.

$$P = \frac{K}{Q};$$

мұндағы P – меншікті капиталдық шығын, теңге т/жыл,

K – капиталдық шығын, теңге, Q – қондырғының қуаттылығы, т /жыл.

Кәсіпорынның өнімді дайындауға және тұтынуға кететін толық шығынының ақшамен өрнектелуін – *өзіндік құн* деп атайды. Ал кәсіпорынның тікелей өндіріспен байланысты шығынын – өнімнің фабрикалық-зауыттық *өзіндік құны* деп атайды.

Өнімнің фабрикалық-зауыттық өзіндік құны төмендегі негізгі шығындардан құралады (1-кесте).

1. Өндірістің химиялық процестеріне тікелей қатысатын шикізат, жартылай өнімдер және негізгі материалдар, орташа алғанда өзіндік құнның 60-70% құрайды.

2. Технологиялық мақсаттарға қажетті оттындар мен энергия – 10%.

3. Негізгі жұмысшылардың жалақысы – 4%-тен 20% дейін.

4. Амортизация – негізгі өндірістік қордың (тұрғын үй, құрал-жабдықтар, т.б) шығындарын толтыру –10 –15%.

5. Цех шығындары, бұған негізгі өндірістік қорлар мен жөндеу жұмыстары да кіреді.

6. Жалпы зауыттық шығындар.

1-кесте

Химия өнімінің өзіндік құнының құрылымы

Шығын баптары	Өзіндік құндағы үлесі, %
Шикізат және негізгі материалдар	57,0
Көмекші материалдар	6,6
Отын	1,6
Энергия	8,1
Жалақы және сақтандыру	11,9
Құрал-сайман (жабдық) амортизациясы	11,0
Басқа шығындар (цех, зауыт шығындары)	3,8
Барлығы:	100

Өзіндік құнның әр түрлі баптар бойынша шығындарының ара қатынасы әр түрлі химиялық өндірістер үшін өзгеріп тұрады.

Өндірістік агрегаттың бірлік қуаттылығы мен өзіндік құн арасындағы тәуелділік мына тендеумен өрнектеледі:

$$S = m \cdot Q^n$$

мұндағы S – өзіндік құн, теңге $\cdot \text{т}^{-1}$, Q – цехтың қуаттылығы, теңге $/\text{жыл}^{-1}$, m , n – коэффициенттер, $n = -0,2$ -ден, $0,3$ -ке дейін.

Еңбек өнімділігі – жұмыскердің бірлік уақыт ішінде өндіретін өнімінің мөлшері немесе өнім бірлігін өндіруге жұмсалатын жұмысшы уақытының мөлшері.

Меншікті капиталдық шығын, өзіндік құн және еңбек өнімділігі негізінен өндірістің техникасы мен қондырғысының қуаттылығына байланысты. Қондырғының бірлік қуаттылығы артқанда, көптеген химиялық өндірістер үшін еңбек өнімділігі 60–80% -ға артады.

Соңғы жылдары қуатты технологиялық жүйелер тұрғызылып өндіріске енгізілуде, жекелеген агрегаттар мен реакторлардың өнімділігі бұрынғы жұмыс істеп тұрған агрегаттар мен реакторлардан 10 есе артық. Мұндай қуаттылық өндірісті автоматтандыруды

жеңілдетіп, еңбек өнімділігін арттыру жөніндегі сұрақты кешенді түрде шешуге мүмкіндік береді.

Көптеген жағдайларда химиялық өнімдердің сапасын, оның құрамындағы негізгі заттардың концентрациясымен анықтайды. Әрбір химиялық өнімнің сапасы, мемлекеттік стандарттарда көрсетілген талаптарды қанағаттандыру керек. Өнімдердің жаңа түрлеріне әлі стандарт жоқ болса, онда ол кәсіпорынның техникалық жағдайымен анықталады.

2.4. Химиялық өндірістегі шикізат ресурстары

Өндіріс технологиясын, өнімнің бағасы мен сапасын анықтайтын, өнімге әсер ету дәрежесі бойынша негізгі факторларының бірі — шикізат. Өндіріс өнімдерін шығаруда пайдаланатын табиғи материалдар және жартылай өнімдерді – *шикізат* деп атайды.

Үнемі дамып келе жатқан химия өнеркәсібіне әр түрлі, алынуы оңай әрі арзан шикізат қажеттілігі, өндіріске тұрақты шикізаттың жаңа түрлерін ендіруге мәжбүрлейді. Кейбір химиялық материалдар дайындау үшін басқа кәсіпорындардың жартылай өнімдерін немесе қалдықтарын пайдаланады. Бастапқы шикізат та, дайын өнімдер де стандартқа сәйкес және белгілі талаптарға сай болуы керек.

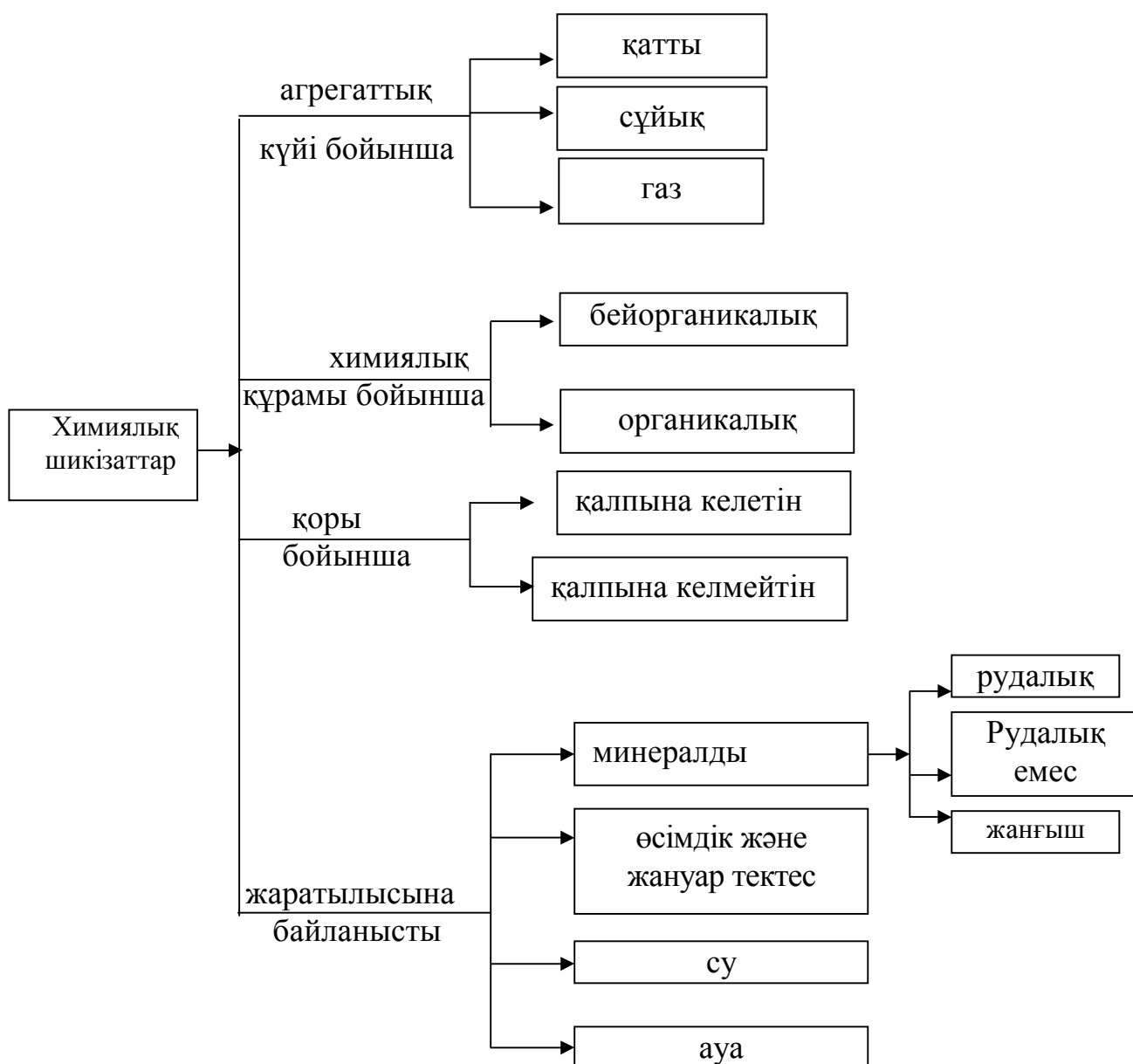
2.4.1. Шикізат сипаттамасы және қорлары

Химиялық өндірістерде ең қажетті төрт элемент: шикізат, су, энергия және жұмыс күші. Осылардың ішінен ең негізгісі – өнімнің өзіндік құнын, сапасын және технологиялық процестің дәрежесін анықтайтын элемент – шикізат. Химия өндірісінің шикізаттары әр түрлі белгімен топтастырылады.

Химиялық өнеркәсіп шикізатын түрлі сипаттарына қарай сызбада көрсетілгендей бөледі: шығу тегі бойынша – минералдық, өсімдік және жануар текті; химиялық құрамы бойынша – бейорганикалық және органикалық; агрегаттық күйі бойынша – қатты, сұйық (мұнай, тұздықтар) және газ тәрізді (ауа, табиғи газ және мұнай өңдеу газдары).

Минералдық шикізатты – рудалы (металдық), рудалы емес және жанғыш (органикалық) деп бөледі. Металдарды техникалық таза

түрде алуға пайдаланатын рудалы минералдық шикізат, табиғи минералдардан тұрады. Руда минералдары негізінен металдардың оксидтері мен сульфидтерінен (Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , Cu_2S , CuS , FeCuS_2 , ZnS , т.б.) және бос жынысты құрайтын оксидті қосылыстардан тұрады. Қара металлургияда оларға SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , т.б. жатқызады. Бірақ, бұл оксидтер түсті металдар рудасы бола алады (мысалы, алюминий өндірісінде Al_2O_3). Рудалар металдар құрамы бойынша – оксидтерден тұратын тотыққан, сульфидті және сом түрінде кездеседі. Құрамына түрлі металдар қосылыстары кіретін рудаларды – *полиметалдық* деп атайды.



Рудалы емес минералды шикізат, химиялық құрамы бойынша әр түрлі олардан табиғи күйде қолданылатындары – құм, балшық, асбест, слюда, т.б., ал химиялық өңдеуге түсетіндері – сульфат, фосфат, карбонат, хлорид, алюмосиликаттар, т.с.с.

Жанғыш минералдық қазбалар – торф, сұр және тас көмірлер, жанғыш тақта тас (сланецтер), мұнай мен табиғи газ – органикалық қосылыстарға жатады. Оларды энергия көзінің негізгі шикізаты ретінде қолданады.

Химия өнеркәсібінде қол жетерлік арзан шикізат түрлері – ауа мен су, кеңінен қолданылады.

Өсімдік пен жануар тектес шикізат – ағаш, мақта, майлар мен жануарлардың іш майлары, сүт, тері, жүн, т.с.с. – азық-түлік өнімдеріне (азықтық шикізат) немесе тұрмыстық және өндірістік өнімдерге (техникалық шикізат) өңделеді.

Химия өнеркәсібінде шикізат бағасы өнім бағасының 60-70%-ын құрайды, бұл – шикізат мәселесін шешудегі негізгі бағыттарды анықтайды. Мұндай өзара байланысты бағыттар: 1) концентріленген шикізатты қолдану; 2) шикізатты кешенді пайдалану; 3) азықтық шикізатты – азықтық емес, ал өсімдік тектес шикізатты – минералды шикізатқа ауыстыру.

Шикізат проблемасын әр түрлі жолдармен шешеді: шикізат көзін өндіріске жақындату, яғни жергілікті арзан шикізатты пайдаланумен; қалдықтарды, негізгі өндірістің шаң және газды ұшатын заттарын жаңа өнімдерге өңдеу, пайдалы құраушылар концентрациясын жоғарылату мақсатында, шикізатты алдын ала байыту мен бір шикізатты үнемді басқасымен ауыстыру. Мысалы, химия өнеркәсібінің негізгі шикізаты ретінде көмірді мұнай мен табиғи газға ауыстыру, жоғары экономикалық пайда береді. Есептеулер бойынша, мұнайды өндіру мен өңдеу бағасы отынның шартты бірлігіне шаққанда, көмір қазып алудан 3,5 есе, ал табиғи газ 12 есеге аз.

Дүниежүзінде Қазақстанда минералдық-шикізат ресурстарының мөлшері мен алуан түрлілігі бойынша алдыңғы қатарда. Ал химия өндірісінің шикізат қоры елімізде жеткілікті, әрі қажеттілікті толық қанағаттандыруға мүмкіншілік мол. Барлаушылардың мәліметі бойынша фосфат, калий тұздары, натрий сульфаты, ас тұзы сияқты кендер: темір қорғасын, титан, никель, маргенец, т.б. қорынан бірінші

ондыққа кіреді, ал жанғыш шикізаттар – көмір, шымтезек қорынан жер жүзіндегі қордың жартысын қамтиды.

Минералдық шикізатқа еліміздің отын-энергетикалық кешенінің шикізат базасы да, экономикалық жағынан сұранысты толық қанағаттандырады. Барланған мұнай мен газ қоры бойынша алдыңғы қатардан орын алады (Қазақстан дүниежүзінің алғашқы он елінің қатарында).

Бірақ мұнай мен газдың дүниежүзілік қорлары біртіндеп азайып келеді, ал көмір қорлары мұнай мен газға қарағанда ондаған есе көп. Сондықтан, қазіргі уақытта тас көмір, жанғыш тақта тас (сланец) үлесін тек энергетика балансында емес, синтез – газ бен сұйық көмірсутектерін алу үшін көбейту бағыттары да жүзеге асырылуда.

Қара және түсті металдардың, мұнай, газ, көмірдің қоры жеткілікті болғандықтан, минералдық шикізатқа деген сұраныс түбегейлі шешіліп, өндіріс салаларының тұрақты дамуына толық негіз бар.

Химиялық өндіріс өте көп мөлшерде шикізат өңдеп және осы көлемде су, отын, энергия жұмсайды. Көптеген химиялық өндірісте 1т өнімге шаққанда, шикізаттың жұмсалыу коэффициенті 3–4 т-ға жетеді, ал кей жағдайда 6 т құрайды. Технологиялық процестерде шикізат пен энергияны тиімді пайдалану, химия өнеркәсібінің маңызды мәселелерінің бірі. Ресурсты үнемді пайдаланудың негізгі жолдарына – химиялық-технологиялық процестерді жеткілікті қолдану, отын-энергетикалық ресурстарын тиімді пайдалану, аппарат пен машинаны барынша құрылымдық-функционалды қолдану, сумен қамтамасыз етудің айналмалы жолдары, химиялық өндірісте құрал-жабдықтарды тиімді орналастыру жатады.

2.4.2. Шикізатты байыту принциптері

Шикізатты тиімді өңдеуде, пайдалы құрастырушылармен байытылған концентрлі шикізатты пайдаланудың маңызды техника-экономикалық мәні бар. Концентрленген шикізатты қолдану, келешекте химиялық өңдеу бағасын төмендетеді, демек өндіріс өнімінің бағасы мен оның сапасын көтереді. Мұндай шикізат, технологиялық процестің қарқын алуына және отынды үнемдеуге көмектеседі. Шикізатты өңдеу орнына, тасымалдау шығыны, бағаны

құраушы концентрациясына пропорционал төмендейді. Концентрленген шикізат алу мүмкіндігі шикізат қорларын кеңейтумен тікелей байланысты, себебі ол кедей рудаларды үнемді өңдеуге мүмкіндік береді.

Концентрленген шикізатты, кедей шикізатты байытумен алады. Байыту процесінде құнды заттардың физикалық, физика-химиялық және химиялық қасиеттерінің айырмашылықтарын пайдаланып, оларды қоспалардан бөліп алады. Сонымен қатар, күрделі қоспаларды, полиметал рудаларын құрастырушыларға ажыратады. Байыту әдістері әр түрлі және қатты, сұйық, газ тәрізді шикізат үшін, әрқайсысына бөлек әдістер қолданылады.

Қатты минералдық шикізат таужыныстарының құрамына – физикалық бөгде заттар немесе олардың қоспасынан тұратын минералдар түрінде кіреді. Әр түрлі минерал кристалдары мен түйіршіктері арасындағы байланысты бұзу үшін, таужынысын алдын ала ұнтақтайды. Ұнтақталған масса – байытуға түседі, оның нәтижесінде *концентрат* (пайдалы құраушылармен байытылған фракция) және *бос жыныс* – тастандылар (хвосты) алады. Қатты шикізат үшін байытудың механикалық тәсілдері – *елеу*, гравитациялық *ажырату*, электромагниттік және электростатикалық *сепарация*, осылармен қатар физика-химиялық әдіс – *флотация* жиі қолданылады.

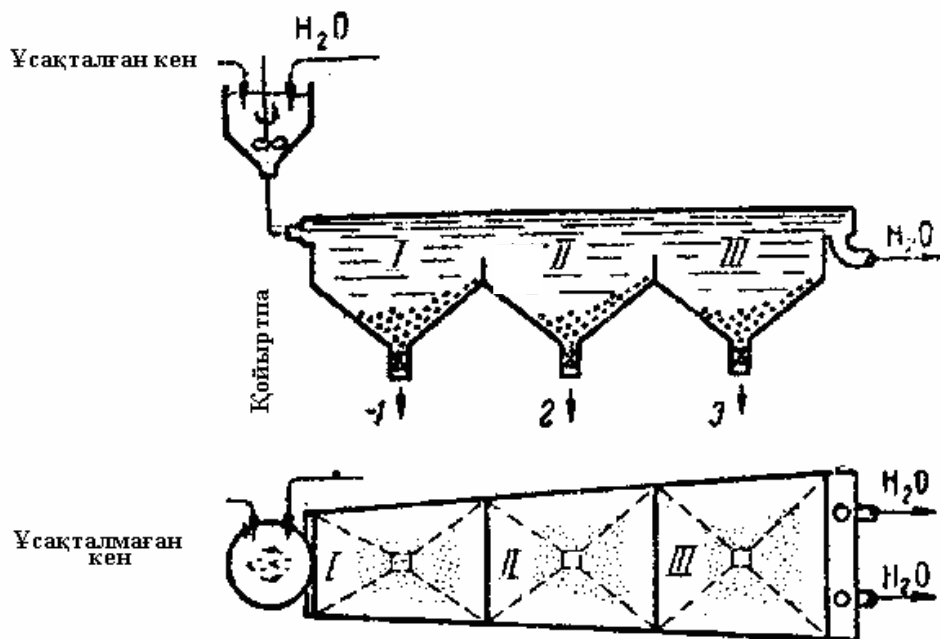
Елеу – беріктігі әр түрлі және ұсақтағанда түрлі өлшемді түйіршіктерден тұратын минералдары бар қатты жыныстарды ажырату үшін қолданылады. Ұсақталған шикізатты біртіндеп әр түрлі өлшемді тесіктері бар металл електерден өткізгенде, белгілі минералдармен байытылған фракцияларға бөлінеді. Електің өнімділігі, елек тесіктерінің өлшеміне тура пропорционал. Елеумен фосфат жыныстарының бірін, фосфорит концентраты мен бос жынысқа ажыратады.

Гравитациялық байыту – беріктігі әр түрлі ұсақталған материал бөлшектерінің түрлі жылдамдықпен құлауына және сұйық не газ ағынының шамасы мен ортадан тепкіш күш әсеріне негізделген, су ағынында сулы байыту көбірек қолданылады (2-сурет.).

Араластырғышы бар бакта алынған қойыртпақ (пульпа) – қатты ұнтақталған жыныстың концентрленген жүзгіні – су ағынымен тік қалқалармен бөлінген үш тұндырғыш камераларға, гидравликалық

классификаторға беріледі. I – камерада ең ірі және ауыр, II – камерада орта және III – камерада жеңіл кесектер тұнады. Ең жеңіл және ұсақ бөлшектер (әдетте бос жыныс) тұндырғыштан сумен бірге шығып кетеді.

Ортадан тепкіш күш әсеріне негізделген сулы гравитациялық байыту үшін үнемді аппараттарға гидроциклон жатады. Гидроциклон схемасы 3-суретте келтірілген .



2-сурет. Сулы гравитациялық байытудың принциптік схемасы:

*I, II, III – тұндыру камералары; 1 – ауыр (ірі түйіршікті) фракция;
2 – орташа фракция; 3 – жеңіл (ұсақ түйіршікті) фракция*

Ұсақталған шикізат барабан бетімен өтіп, бөлінеді: магнитті емес бөлшектер оларға арналған бункерге түседі. Ал магнитті бөлшектер лентада болғанда электромагнит өрісі әсерінен шыққанша, лента кідіреді. Сосын орнына электр тогы түзеткішінің теріс полюсімен жалғастырылған электродпен жабдықталады.

Гидроциклон корпусы цилиндрлі және конусты бөлімдерден тұрады. Жанындағы түтіктен цилиндрлі корпус бөліміне жанамалай ажыратылатын пульпа, қысыммен беріледі. Айналу кезінде ортадан тепкіш күш әсерінен, пульпаның ауыр бөлшектері қабырғаға қарай лақтырылып нығыздалады да, спиральды траекториямен төмен жылжып, астыңғы конусты бөлімнен шығарылады. Сұйықта жүзген жеңіл бөлшектер ішкі спиральды ағында қозғалып, шлам түтігімен

шығу камерасына көтеріледі де, одан шығарылады. Гидроциклондарда ортадан тепкіш күш, жеделдеткіш бөлшектер тұнудағы жеделдіктен бірнеше есе артық. Сондықтан, олардың өнімділігі тұндырғыш камералардан жоғары, осыған сәйкес олардың жалпы өлшемдері (габариты) кіші.

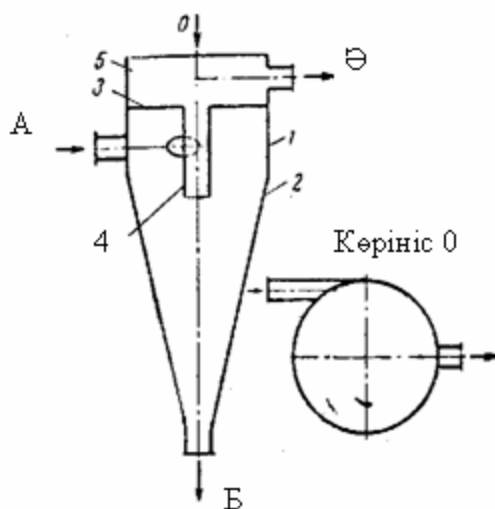
Гидроциклондардың өнімділігі аппарат арқылы өтетін пульпа көлемімен, эмпирикалық формула бойынша анықталады:

$$V = 0,94 d_m \cdot d_{ш} \sqrt{P} \quad (2.18)$$

мұндағы V – ажыратылатын пульпаның көлемдік шығыны, м³/с; d_m – кіретін түтіктің диаметрі, см; $d_{ш}$ – орталық шлам түтігінің диаметрі, см; P – кіретін түтік алдындағы артық қысым, кг/см².

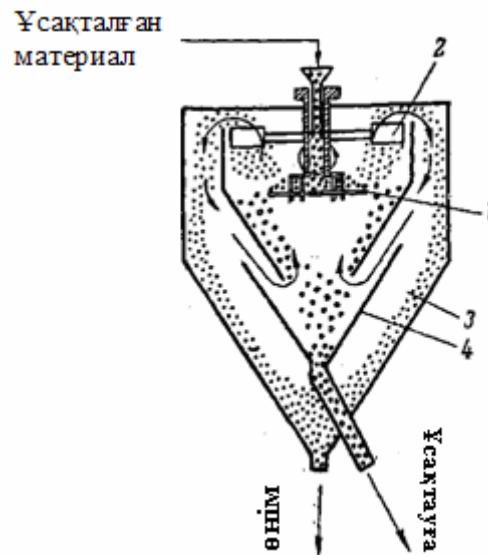
Ауа сеператорларының жұмыс істеу принципі ылғалды (сулы) сеператорларға ұқсас: мұнда да жіктегіштер қолданылады, ол үстел мен тұндырғыш машиналардан тұрады. Ауа сеператорлары шикізатты ұсақтағаннан соң, сұрыптау үшін де пайдаланылады.

Ортадан тепкіш ауа сеператорының схемасы 4-суретте келтірілген. Ұсақтап ұнтақталған материал тарелкаға беріледі де, ішкі конустың қимасына түседі.



3-сурет. Гидроциклонның схемасы:

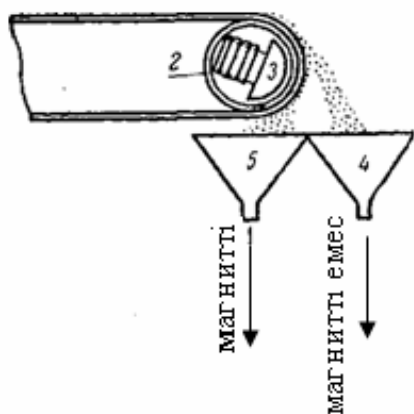
- 1 – цилиндрлік корпус; 2 – конустық бөлік;
3 – бөлгіш; 4 – орталық (шламдық) патрубок; 5 – төгу камерасы;
А – бөлінетін суспензияның кіруі;
Ә – жеңіл (ұсақ түйіршікті) фракция ағынының шығуы; Б – ауыр фракциялы қатты суспензияның шығуы



4-сурет. Ауа сепараторының схемасы:

- 1 – айналмалы табақша;
2 – вентилятор қанатшасы;
3 – сыртқы конус;
4 – ішкі конус

Гравитациялық тәсілдер – шикізатты байыту үшін минералды тұздар, силикатты материалдар, металлургияда және көмірді байытуда қолданылады. Ұсақ бөлшектер вентилятор әсерінен пайда болған ауа ағынымен жоғары көтеріледі де, ішкі конуска түсіп, оның қабырғасымен төмен қарай ұсақ түйіршіктер түрінде шығады. Ірі бөлшектер төмен түсіп, ішкі цилиндрден шығады да, ауа – сеператордағы айналымды қамтамасыз етеді (стрелкамен көрсетілгендей).



5-сурет. Электрмагниттік сепаратор схемасы:

- 1– транспортер лентасы;
- 2– транспортер барабаны;
- 3– электрлі магнит;
- 4, 5– бункерлер

Электрлік, магнитті және электрстатикалық байыту – шикізат құраушыларының магниттік қасиетінің немесе электр өткізгіштігінің айырмашылықтарына негізделген. Бұл тәсілдер магнитке тартылғыш бөлшектерді магнитті емес, электр өткізгіштерді диэлектриктерден ажырату үшін қолданады. Ажыратуды, жұмыс жасау принципі ұқсас электрмагнитті және электрстатикалы сепараторларда жүргізеді. Электрлік магнитті сепараторда ленталы тасымалдағыш барабанға, электрмагнит орналастырылған (5-сурет).

Флотация – бұл полиметалды сульфидті рудаларды ажырату, апатитті нефелиннен бөлу, тас көмірлер мен басқа да минералдарды байытуда кең тараған байыту тәсілі. Флотация – сумен таңдамалы



6-сурет. Сұландыру әсері:

- 1 – суланбайтын бөлшек;
- 2 – суланатын бөлшек

сулану, ал байытылатын минерал бөлшектері қойыртпақ күйде сеператордан өткенде, ауа көпіршіктеріне жабысу айырмашылығына негізделген.

Минералдардың сулануы, ең бастысы қатты дене – сұйық – ауа сызықты шекара бойында пайда болатын шеткі сулану бұрышымен (θ) сипатталады. (6-сурет).

Минералдың суланбайтын бөлшегімен (1) сұйық шеткі доғал бұрыш, ал суланатын бөлшегімен (2) – сүйір бұрыш құрайды. Беттік керілу күштері сұйық деңгейін бірдей жасауға ұмтылады. Соның салдарынан, суланбайтын (гидрофобты) бөлшек ауа көпіршіктеріне

жабысып, судан итеріліп, беткі қабатқа көтеріледі, ал суланатын (гидрофилды) бөлшек – сұйыққа батады.

Бөлшектердің суланғыштығы су – минерал адгезиясының жұмысымен анықталады:

$$W_{a_{c-k}} = \sigma_{c-z} + \sigma_{k-z} - \sigma_{c-k} \quad (2.19)$$

мұндағы σ_{c-z} , σ_{k-z} , σ_{c-k} – сәйкес фазалар шекарасындағы меншікті еркін беттік энергия.

Гидрофобты бөлшектердің ауа көпіршіктеріне жабысқақтығы минерал – ауа адгезиясы жұмысымен анықталады:

$$W_{a_{k-z}} = \sigma_{c-k} (1 + \cos \theta). \quad (2.20)$$

Минерал – ауа агрегатының тығыздығы, сол көлемдегі пульпаның тығыздығынан аз болғандықтан, ол сұйықтың бетіне қалқып шығады.

Табиғи руда минералдарының көпшілігінің бірі-бірінен суланғыштық айырмашылықтары аз. Оларды ажырату үшін, жыныстың әрбір құраушыларына судан бөлек, суланғыштығын арттыратын жағдай жасау керек. Ол үшін әр түрлі химиялық қосылыстар – *флотациялық реагенттер* қолданылады. Олар суда жүзген минерал бөлшектерінің ауа көпіршіктеріне жабысқақтығын күшейтіп немесе әлсіретеді. Қойыртпаққа салынған жинағыштар (коллекторлар) деп аталатын флотореагенттер, белгілі минералдың (минералдардың) бетінде адсорбцияланып, гидрофобты адсорбциялық қабат құрады. Гидрофобталған бөлшектер ауа көпіршіктеріне жабысып, минералданған көбік түрінде қойыртпақ бетіне көтеріледі. Жинағыштарға – полярлы немесе полярлы емес топтары бар беттік-белсенді органикалық заттар, мысалы олеин қышқылы $C_{17}H_{33}COOH$ ($C_{17}H_{33}$ – полярлы емес радикал; $COOH$ – полярлы топ), нафтен қышқылдары, натрий ксантогенаты, т.б. жатады.

Жинағыштың полярлы топтары адсорбция кезінде минералды бөлшектер бетіне қарай бағытталады, ал полярлы емес топтар – суға қарай бағыттанып, гидрофобты қабық құрады. Коллекторлар – адсорбцияламайтын бөлшектер, мәселен бос жыныс қойыртпақта қалып, біртіндеп тұнады да, флотация қалдығын түзеді.

Минералдық концентрат алынатын минералданған көбік тұрақты, тығыз, әрі қозғалғыш болуы керек. Мұндай көбікті суспензияны ауа көпіршіктері бетінде адсорбциялық қабықшалар, көбік түзушілер,

беттік-белсенді заттар қосу арқылы алуға болады. Көбік түзушілер ретінде, тас көмір шайырының фракциялары, ағаштың қара майы, үлкен молекулалы спирт, т.б. қолданылады.

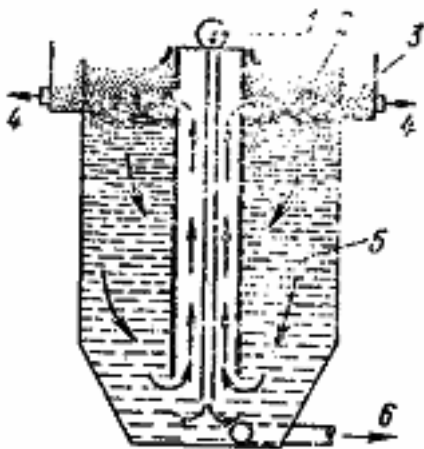
Флотореагенттерді (жинағыштар, көбік түзушілер) қолдану – беттік керілу мен шеткі жұғу бұрышын (θ) өзгертеді. Яғни, фазалар шекарасындағы тепе-теңдікті ығыстырып, флотациялық процестің жылдамдығын арттырады.

Минералды жынысты концентрат пен бос жынысқа (тастандылар) ажыратумен жүретін флотацияны – *жай* немесе *ұжымдық* (коллективтік) флотация деп атайды. Жыныстарды жеке минералдарға ажырату үшін таңдамалы флотацияны, ондағы ажырату процесін бірнеше рет қайталап жүргізеді. Таңдамалы флотацияда, жинағыш пен көбік түзгіштерден басқа, процестегі жинағыштар әсерін азайтады да, белгілі минералдардың гидрофильдігін арттырып, олардың қалқып шығуына кедергі болатын *флотореагенттер* қосады. Мұндай флотореагенттер – *тежегіштер* немесе *депрессорлар* (әк, сілтілік металдардың цианды тұздары) деп аталады. Соңынан белсенділер (активатор) деп аталатын реагенттер қосу арқылы депрессорлар әсерін жоғалтып, алдыңғы флотация кезеңінде сұйыққа батып кеткен минералдардың қалқып шығуына көмектеседі. Флотацияның тиімділігін флотореагенттердің әсерін күшейтетін, әрі ортаның рН-ын өзгертетін *реттегіштер* қосу арқылы өсіреді.

Сөйтіп, полиметал-сульфидті руданы таңдамалы флотациялаумен жеке металдардың бірқатар концентраттарын алады, ал су астында бос жыныс қалады. 1т жыныстағы флотореагенттер шығыны 100 г шамасын құрайды.

Флотациялау үшін бөлшектері 0,1-0,3 мм-ден ірі емес ұсақталған шикізат су және флотореагенттермен бірге, флотациялық машинаға беріледі. Ол үшін флотациялық машинаның екі түрін қолданады: қойыртпақ пен ауаны механикалық араластыратын камералы және пневматикалық (ауамен) араластыратын – астаулы. 7-суретте ауамен араластыратын машина сұлбасы берілген. Жалпы коллектордан берілетін, әрі түтіктер арқылы көпіршіктермен шығатын ауа бір мезгілде араластыруға және пульпа бетіне гидрофобты минералды бөлшектерді шығару үшін де қызмет етеді. Пайда болған минералданған көбік, астаулар арқылы шығарылады да, өз бетімен ыдырайды: концентратты

судан – тұндырғыштарда бөліп, кептіргіштерде кептіреді; машинаның төменгі бөлімінен гидрофилді фракцияны бөліп алады.



7-сурет. Ауамен араластырылатын флотациялық машина схемасы:

- 1– ауаны беру (оның қозғалысы стрелкамен көрсетілген);
- 2– минералданған көбік қабаты;
- 3– концентратқа арналған желоб;
- 4– концентраттың шығуы;
- 5– қойыртпаққа арналған циркуляциялық камера;
- 6– флотациялық қалдықтардың шығуы

Флотациялық машиналар жұмысын есептегенде, флотацияланатын минералдың ыдырау дәрежесін (x) қамтамасыз етуге қажетті флотация уақытын (τ) анықтайды. τ шамасын тәжірибе жолымен немесе флотацияның кинетикалық теңдеуін интегралдаумен табады:

$$U = \frac{dx}{d\tau} = k \cdot N \cdot \varphi_{\text{бек}} \quad (2.21)$$

мұндағы U – флотация жылдамдығы; N – уақыт бірлігінде пульпа арқылы өткен ауаның көпіршіктер саны; $\varphi_{\text{бек}}$ – минерал бөлшектерінің көпіршіктерде бекіну

тұрақтылығының ықтимал мүмкіндігі; k – процесс жылдамдығының константасы.

Камера түрлі флотациялық машиналар үшін, сонымен бірге камералар санын (n) анықтайды, ол берілген x шамасын табу үшін керек:

$$n = L \cdot \tau / \vartheta \cdot m; \quad (2.22)$$

мұндағы L – пульпа шығыны, $\text{м}^3/\text{мин.}$; τ – флотация уақыты, мин. ; ϑ – камера көлемі, м^3 ; m – көп суланған және көп суланбаған қойыртпақ көлемдерінің қатынасын сипаттайтын коэффициент.

Астау тәрізді пневматикалық араластырылатын машинаны есептеуде негізгі анықталатын шама камераның (астау) ұзындығы:

$$\ell = L \cdot \tau / S \cdot m; \quad (2.23)$$

мұндағы L – камера ұзындығы, м; S – камераның көлденең қимасының ауданы, m^2 (конструктивтік есеппен анықталады).

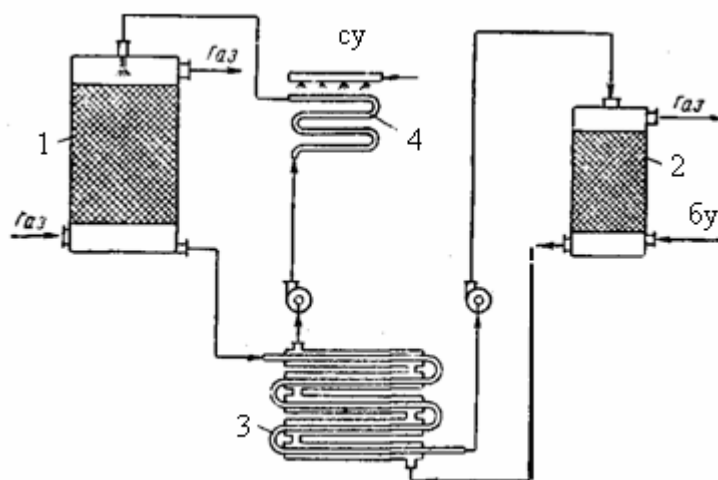
Қатты шикізатты *термиялық байыту* – оның құрастырушылары балқығыштарының айырмашылығына негізделген. Мысалы, күкірті бар жынысты қыздырумен – жеңіл балқығыш сұйық күкіртті, одан қиын балқитын әк тастардан, гипстен және басқалардан бөледі. Дәл осы әдіспен битумды бейорганикалық қоспалардан бөледі.

Химиялық байыту – шикізатты құраушылардың химиялық реагенттермен әрекеттесу айырмашылықтарына негізделген. Ал соңынан – пайда болған сұйық қосылыстарды тұндыру, буландыру, балқытуды, с.с. әдістермен бөледі. Химиялық байытудың мысалы ретінде, мыс колчеданы $CuFeS_2$ -ні тотықтыра күйдіруді қарастыруға болады. Ал нәтижесінде, мыс концентрациясы көбейеді: химиялық байытуға карбонаттарды ыдыратуға минералдарды күйдіру, балласты органикалық қоспалардан бөлу, кристалдық суды шығару үшін буландыруды қарастыруға болады. Сұйықтардан бағалы құраушыларды бөліп алу үшін, олардың органикалық еріткіштерде тандаулы еруі – *экстракцияны* жиі қолданады. Экстрагентті регенерациялағанда, оған қоса сіңірілген заттарды да бөліп алады.

Газ қоспаларын, қоспа құраушылардың қайнау температураларын, ерігіштік, т.б. қасиеттерінің айырмашылықтарын пайдаланып, ажыратады. Қайнау температуралар айырмашылығы жақындағанда және терең суытқанда, әрбір құраушыны біртіндеп конденсациялауға мүмкіндік туады. Мысалы, құрамында 53–60% H_2 бар кокс газынан біртіндеп конденсациялау және газдағы көмірсутектерді бөлумен, газ тәрізді сутегін, көміртегі оксидін, оттегі мен азотты алады. Басқа жағдайларда, газ қоспасын сұйылтып, сосын ректификациялық колонналарда айдау арқылы құраушыларға бөледі.

Өндірісте газ қоспаларын ажырату үшін, қоспа құраушыларын сұйық (абсорбция) немесе қатты (адсорбция) заттармен таңдамалы сіңіру – *сорбция* тәсілі кең тараған. Сіңірілген құраушыларды қыздыру, су буымен өңдеу (десорбция процесі), с.с. арқылы бөліп шығарады. Адсорбциялық тәсілдің мысалы ретінде, газ қоспаларын жылжымалы адсорбент – белсенді көмір көмегімен үздіксіз селективті ажырату процесін алуға болады. Қоспадан құраушыларды жоғары дәрежеде ажырату коэффициенті және десорбцияға аз меншікті бу шығыны – процестің арзандығына жағдай туғызады.

Абсорбциялы–десорбциялық әдіс жиі қолданылатын әдіске жатады, оның қарапайым технологиялық схемасы 8-суретте келтірілген.



8-сурет. Газдарды абсорбционды - десорбционды бөлуге арналған қондырғы схемасы:

1– абсорбер; 2– десорбер;
3– жылу алмастырғыш;
4– тоңазытқыш

Абсорбциялы-десорбциялық әдісте газ қоспасының бір компоненті сұйық еріткішпен тек сол компонентті ғана таңдамалы абсорбциялайды (сіңіреді). Нәтижесінде газды қоспа – сұйық сіңірген компоненттен босап, құрамында абсорбцияланған компоненті бар сұйық шығады. Абсорберден шыққан ерітінді жылу алмастырғышта қыздырылып, десорберге беріледі де сіңірілген газды қыздырып, десорбциялайды (буландырады). Ерітінді суытылып, қайта абсорберге түседі; ол бірнеше рет айналымға түседі. Осылай концентрленген күкіртті сутек, генератор, кокс пен мұнайлы газдарды, концентрленген күкірт ангидридін түсті металлургияның қалдық газдарынан тазартуда, шикі бензол мен кокс газының пиридинді негізінен, т.б. алады.

Абсорбциялы-десорбциялық әдістің басқа әдістен айырмашылығы – газ компоненті қатты сіңіргішке сіңіріледі (абсорбцияланады), содан соң қыздыру арқылы десорбцияланады. Көп жағдайда десорбция экстракциямен алмастырылады, яғни қатты сіңіргішті ерітпейтін, сіңірілген компоненттің сұйықта еруімен жүреді.

2.4.3. Шикізатты кешенді пайдалану және экология проблемаларымен байланысты оның болашақ бағыттары

Шикізатты кешенді пайдалану – химия өндірісіндегі ең маңызды бағыттардың бірі. Кешенді пайдалану негізі – шикізаттың барлық құраушыларын толық пайдалану үшін, күрделі құрамды шикізатты әр

түрлі пайдалы өнімдерге бірітіндеп өңдеуге сүйенеді. Мысал ретінде апатит-нефелин рудасының өңделуін қарастыруға болады (9-сурет).

Апатитті-нефелинді әр түрлі химиялық өңдеу процесі нәтижесінде, энергия шығару арқылы көптеген өнім алынатыны көрсетілген. Алынған өнімдердің қолданылу аясы да алуан түрлі.

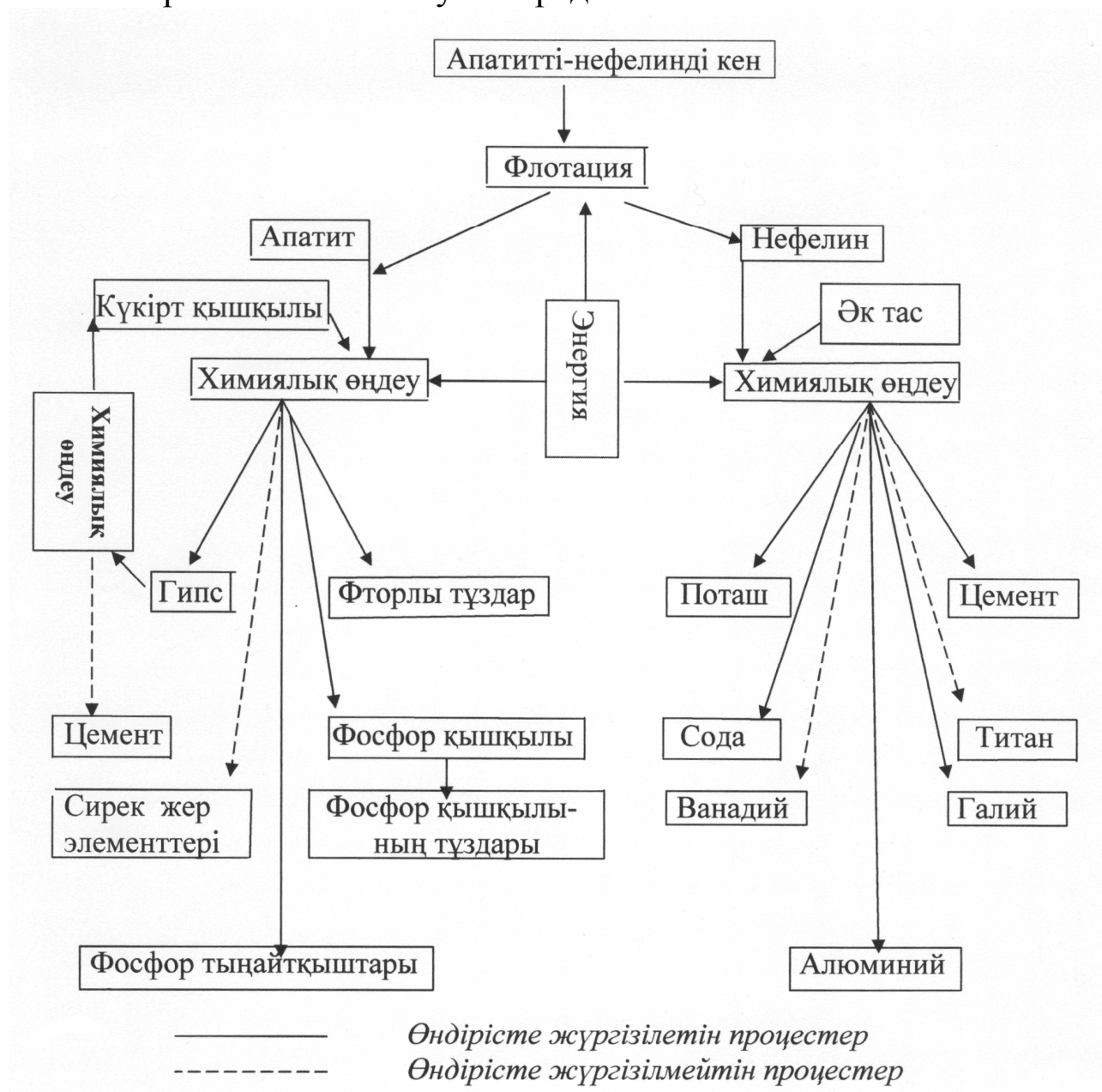
2.4.4. Азықтық шикізатты азықтық емес және өсімдік шикізаттарын минералды шикізатпен алмастыру

Химияның және химиялық технологияның жетістіктері – азықтық шикізатты техникалық және тұрмыстық өнімдерді өндіру үшін, азықтық емес және өсімдік текті шикізатты – минералды шикізатпен алмастыруға мүмкіндік берді. Мұндай алмастыру тамақ ресурстарын көбейтіп, орман байлығын сақтап, өнімдердің бағасын арзандатады. Шикізат түрін алмастырудың айқын мысалы ретінде, этил спирті өндірісін алуға болады. Этил спиртінің синтетикалық каучук алудағы негізгі шикізаты – спирт, өндіріс көлемі бойынша органикалық өнімдер ішінде бірінші орында. Оны крахмалды тамақ өнімдерін (дақылдар, картоп) қанттандырып, соңынан ашыту арқылы спиртке айналдырады. 1 т спирт өндіру үшін 10 т картопты немесе 4 т бидайды ашыту қажет. Кейде шикізат ретінде ағашты да қолданады (гидролиз процесі) – 1,6 т картопты немесе 0,6 т бидайды 1 т ағашқа ауыстыруға болады. Гидролиз әдісімен алған спирттің бағасы, ашытумен алған спирт бағасынан арзан. Соңғы кезде спирт пен каучук өндіруде азықтық және өсімдік шикізаттары, минералдық шикізатпен ығыстырылып жатыр. Мысалы, мұнай және табиғи газды өңдеудің өнімі – этиленді гидратациялау арқылы жасанды жолмен этил спирті алу.

Мұнай өңдеу газдарынан алынған спирт бағасы азықтық шикізаттан алынған спирт бағасынан арзан, 1 т этилен 4 т шамасында бидайды үнемдейді.

Мұнай және табиғи газды өңдеу өнімдерінен синтетикалық жуғыш заттар мен сабындар алынады. Оларды алуға бұрын тамақ майлары жұмсалатын; бояулар өндіруде жасанды шайырлар, майларды ауыстырды – олардан майсыз эмульсиялық бояулар алады; сүттен алынатын казеин шайырларының орнына желімдер алынады. Бояғыштар, дәрі-дәрмек өнімдері, хош істі заттар, пластикалық

массалар өндірісінде минералдық шикізат – жануарлар мен өсімдік шикізаттарын толығымен ауыстырады.



9-сурет. Апатитті - нефелинді кенді кешенді пайдалану схемасы

Малды қоректендіру үшін, белокты ашытқыларды, мұнай өңдеу өндірісінің қалдықтарын, биохимиялық әрекеттесу жолымен алады.

2.5. Химиялық өндірістегі энергетика ресурстары

Химиялық өндірістердің қандай түрі болмасын, технологиялық процестерде энергияны өте көп мөлшерде қажет етеді. Химиялық

процестер энергияның өзгеруімен жүреді. Кейбірінде энергия бөлінсе, кейде реакция нәтижесінде энергия сіңіріледі. Осы себептен, технологиялық процестерді ұйымдастырғанда энергияны пайдалану жолын анықтау керек. Көптеген энергия қосымша процестерде, мысалы материалдарды тасуға, оларды ұсақтауға немесе газдарды қысуға, т.б. жұмсалады.

Барлық энергетикалық ресурстар біріншілік және екіншілік, қалпына келетін және келмейтін, жанатын және жанбайтын болып жіктеледі (10-сурет).

Қалпына келмейтін энергия ресурстарын пайдалану бір жағынан, планетаның энергия ресурстарын тауысуға және азайтуға, екінші жағынан, тіршілік ортасының температурасын жоғарылатуға әкеледі. Сондықтан, оларды жылытуға «үлес қосушы» энергия көздері деп те атайды. Қалпына келетін энергия ресурстарын пайдалану, планетаның энергетикалық ресурстарын сақтайды, әрі тіршілік ортасының температурасын өзгертпейді. Олар жылытуға «үлес қоспайтын» энергия көздері.

Жанатын энергия ресурстарына – көмір, мұнай, табиғи газ, жанғыш тақта тас (сланец), битумдалған құм, торф, биомасса жатады. Жанбайтындарға – гидроэнергия, жел энергиясы, күн сәулесінің энергиясы, Жерасты тереңдік жылуы, т.б. жатады. Химия өндірістерінде әр түрлі энергия: электр, жылу, атом, химиялық және жарық энергиясы қолданылады.

Химиялық өндірістің көп мөлшерде энергия тұтынатынын ескерттік. Энергия тек қана химиялық реакцияны жүргізу үшін емес, сонымен бірге материалдарды тасымалдауға, қатты заттарды бөлшектеуге, ұнтақтауға, сүзуге, газдарды сығуға, т.б. жұмсалады. Өнеркәсіптің барлық өнімдеріне жұмсалатын энергия үлесі 2,5%, ал мұнай-химиялық және химиялық салалардың өнімдері үшін 8,9% құрайды. Химия өнеркәсібінде қолданылатын энергия түрлері: электр, жылу, химиялық, жарық, ішкі ядролық, атом және екіншілік энергетикалық ресурстар. Бұл энергия түрлерінің тұтыну сипаттамалары да әр түрлі: жылу энергиясы – 48%, электр энергиясы – 44%, отын энергиясын тікелей қолдану – 8%-ды құрайды.

Электр энергиясы – химиялық өндірістерде электрхимиялық (ерітінділер мен балқымалар электролизі), электртермиялық (балқыту, қыздыру, жоғарғы температуралық синтездер, т.б.), электромагниттік

процестерде қолданылады. Өндірісте электрстатикалық құбылыстарды (шаң мен тұманды тұнбаға түсіру, көмірсулардың электркрекингі, т.б.) пайдалануға байланысты қолданылады.



10-сурет. Энергетикалық ресурстардың жіктелуі

Химия өндірісінде электр энергиясын механикалық энергияға айналдыруда, негізінен физикалық операциялар: ұсақтау, ұнтақтау, араластыру, центрифугалау, вентилятор, компрессор жұмыстарына пайдаланады.

Электр энергиясының көзі гидроэлектр станцияларында, жылу және атом электр станцияларында өндіріледі. Соңғы кезде, бірден жылу энергиясын электр энергиясына айналдыру әдісі меңгерілуде.

Жылу энергиясы – химиялық өндірістерде: әр түрлі физикалық – балқу, құрғату, буландыру, айдау, дистильдеу, т.б. процестерге жұмсалады; химиялық реакцияларды жүргізу үшін реагенттерді қыздыруға жұмсалады.

Жылу энергиясының негізгі көзі – әр түрлі отындарды жаққанда түзілетін газдардың жылуы, мысалы пеш түтіндері, экзотермиялық

реакциялар, түсті металлургия пештерінің газдары, т.б. Аталған газдарды бірден жылу тасығыш ретінде немесе су буын алуға, өте ыстық су алуға, т.б. да жылу тасығыштар ретінде қолданады. Жылу энергиясын кейбір жағдайда, электр энергиясынан немесе механикалық энергиядан да алуға болады.

Кейбір химиялық өнімдерге жұмсалатын электр энергиясы мөлшерінің орташа шығыны төменде келтірілген.

Өнім	Энергия шығыны, кВт сағ/т
Алюминий	18 000 – 20 000
Магний	17 500 – 18 000
Кальций карбиді, 80 %-дық	2700 – 3200
Фосфор	13 000 – 20 000
Жасанды аммиак	3000 – 3500
Хлор	2300 – 3500
Күкірт қышқылы	60 – 100
Аммоний сульфаты	30 – 70
Аммиак селитрасы	7 – 15
Суперфосфат	2 – 10

Атом энергиясы – атом ядролары өзгеріске түскенде немесе сутек ядросын синтездегенде, т.б. күрделі процестер нәтижесінде бөлінеді. Негізінде атом энергиясы электр станцияларында электр энергиясын өндіруге қолданады.

Химиялық энергия – әр түрлі экзотермиялық реакциялар жүргенде жылу түрінде бөлінеді. Химиялық энергияны су буын алуға немесе электр энергиясына айналдыруға болады. Химиялық энергия гальваникалық элементтерде және аккумуляторларда тікелей электр энергиясына айналады. Химиялық энергияның болашақта маңызы ерекше – себебі, оның пайдалы әсер коэффициенті жоғары (65-70%).

Жарық энергиясы – химия өндірісінде фотохимиялық реакциялар: элементтерден хлорлы сутекті синтездеуге, органикалық қосылыстарды галогендеу, т.б. процестерде қолданылады. Мысалы, қараңғыда этилбензол броммен әрекеттеспейді, ал күн сәулесінде $C_6H_5C_2H_4Br$ өте жылдам түзіледі. Жарықта немесе сынап жарығында толуол хлормен реакцияласып, хлорлы бензил түзеді. Қараңғыда хлорлы толуол түзіледі. Фотоэлементтерде жарық энергиясы электр

энергиясына айналады. Қазіргі уақытта фотоэлементтердің қолданылуы кең өріс алуда, ол автоматтық бақылау, сигнал беру және технологиялық процестерді реттеу, т.б. қолданылады.

Энергия көзі. Әр түрлі өндірістер саласы ішінде химия өндірістері – энергияны өте көп мөлшерде қолданып, бір өндірістің жалпы электр энергиясының 12%-ы химия өндірістерінде жұмсалады.

Химия өндірістерін энергиямен қамтамасыз ету үшін әр түрлі энергетика қондырғыларын қолданады: мысалы, жылу энергиясын жылу, электр орталықтарында немесе қазандық қондырғылардан ыстық су және су буы түрінде алуға болады. Электр энергиясын – конденсациялау жылу электрстанциясынан, су электрстанциясынан, жылу электрстанциясынан және атом станциясынан алуға болады.

Химиялық өндіріс орындарында жылу энергиясын қолдану, басқа энергия түрлерімен салыстырғанда басым. Химия өндірістерінде қолданылатын жалпы энергия қорының 90%-ы әр түрлі отындарды (көмір, табиғи газ, мазут, торф, жанғыш тақта тас, т.б.) жағу нәтижесінде алынады, оның 10%-ы гидроэнергия үлесіне тиеселі. Химия өндірістерінде құны арзан энергия көзін қолдану қажет, оның жолдарын табу, алда тұрған міндеттердің бірі. Әр түрлі отын құрамы мен бақа да сипатамалары 2-қосымшада келтірілген.

Химия өндірістерінде табиғи газдардың алатын орны ерекше. Оған себеп, газ – тек қана отын емес, ол көптеген өнім өндіретін өндірістік шикізат. Сондықтан табиғи газдарды орынды қолданған жөн.

Электр энергиясын өндіретін өндірістердің экономикалық көрсеткіштері – электрстанцияларының түріне, олардың қуатына және орналасқан аймағына тәуелді. Жылу электрстанцияларында электр және жылу энергиясының өзіндік құнының 60-70%-ы жұмсалған отын үлесіне келеді. Қатты отыннан өндірілген электр энергиясының өзіндік құны, газдан өндірілетін электр энергиясының өзіндік құнынан өте жоғары.

Дүниежүзілік уран мен торий энергия қоры – көмір, мұнай және табиғи газ энергия қорынан бірнеше рет басым болғандықтан, атом энергиясын өндірісте қолданудың маңызы ерекше.

Химия өндірістерінде химиялық энергияның көзін (реакция жылуы) қолдануды жолға қою қажет. Соңғы жылдары энергия – техникалық химия өндірістері – химия өнімдерімен қатар, бір мезгілде тұтынушыларға энергия өнімін де, энергетикалық бу немесе

электр жарығы түрінде де берілетін болды. Мысалы, 1 т күкірт қышқылын өндіргенде күкірттен 5 МДж жылу бөлінеді, 1 т күкірт қышқылын өндіруге 100 кв·сағ немесе 0,36 МДж жылу жұмсалады, яғни барлық химиялық процестер нәтижесінде жоғарыда келтірілген бөлінетін жылудың 7%-ы.

Болашақта күн сәулесін, жел энергиясын, теңіз суының көтерілуі мен қайту энергиясын, жер қойнауының жылу энергиясын қолдану – энергетика көзі мен қорын толықтырады.

2.5.1. Энергияны ұтымды (рационалды) пайдалану

Химия өндірістерінде энергия өте көп қолданылатындықтан, өндірістің техника-экономикалық көрсеткіштеріне тигізетін әсері ерекше. Энергияны тиімді пайдалану көрсеткіші (критерий), пайдалану коэффициенті мына теңдеумен есептеледі:

$$\eta = \frac{W_{\text{теория}}}{W_{\text{тәж.}}} \cdot 100\% ;$$

мұндағы $W_{\text{теория}}$ және $W_{\text{тәж.}}$ – өнім бірлігіне шаққанда, теория және тәжірибе бойынша өнім өндіргенде жұмсалынған энергия мөлшері.

Көпшілік өндірістерде энергия өнімсіз жұмсалады, сол себепті пайдалану коэффициенті де өте төмен болады. Сондықтан, пайдалану коэффициентін көтеру жолдарын қарастыру қажет.

Химия өндірісінде энергияның ең көп жұмсалатыны – жылу энергиясы. Жылуды химиялық-технологиялық процестерде пайдалану дәрежесі, әсер етуші пайдалы жылу коэффициенті мен $\eta_{\text{ж}}$ төмендегі теңдеу бойынша өрнектеледі:

$$\eta_{\text{ж}} = \frac{Q_m}{Q_{\text{тәж}}} \cdot 100\% ;$$

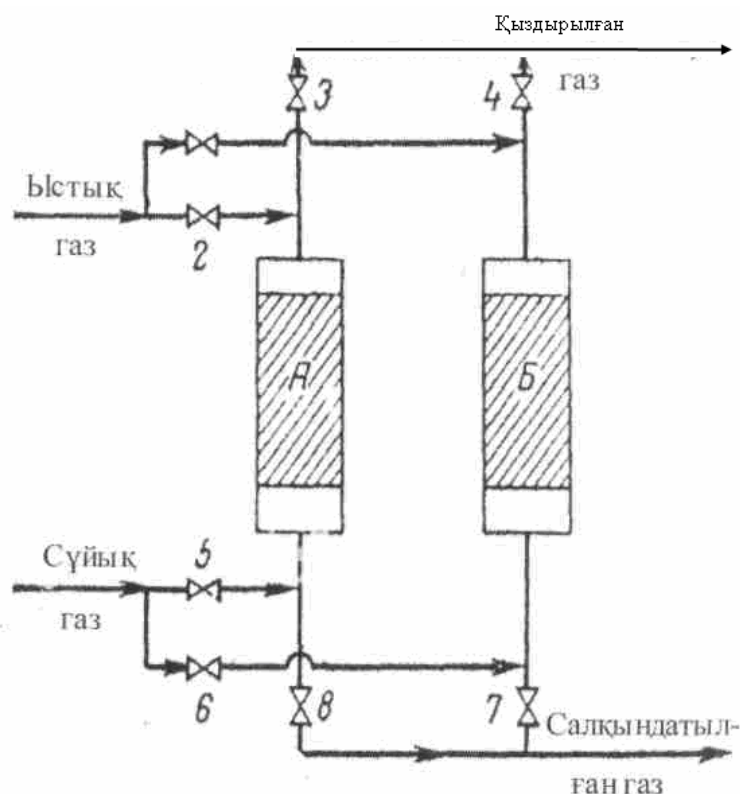
мұндағы Q_m және $Q_{\text{тәж}}$ – тиісті химиялық реакцияға қажет және іс жүзінде (тәжірибеде) жұмсалынған жылу мөлшерлері. Энергияны пайдалану коэффициентін, энергетика қорларының қалдықтарын пайдаға асыру арқылы да көбейтуге болады.

Энергетикалық қалдықтар химия, тағы да басқа өнеркәсіп орындарында электр және жылу энергиясын алуға жұмсалады. Пайдаланылған бу мен ыстық суды әдетте, жылу тасымалдағыш ретінде немесе ыстық сумен қамтамасыз ету үшін қолданады.

Химия өндірістерінде реактордан (аппараттан) шыққан өнімнің жылуын сол реакторға келіп түсетін шикізатты алдын ала қыздыру – регенератор, рекуператор, жылу алмастырғыш деп аталатын аппараттарда жүзеге асырады.

Реагенттер жылу алмастырғышта реактордан шыққын ыстық өнімдердің жылуымен қызып реакторға жіберіледі. Бұл сұлбада ыстық және салқын заттардың жылу алмасуы, жылу алмастырғыш құбыр арқылы іске асады, мұндай қондырғы түрлерін – *рекуператорлар* деп атайды.

Регенераторлар қосымша газдардың жылуын пайдалануға қолданылады, олар - оқтын-оқтын қатысуға бейімделген торлап орналасқан кірпішпен толтырылған камералар. Қыздыру процесі үздіксіз болу үшін аз дегенде екі генератордың болуы қажет (11-сурет).



11-сурет. Регенератор жұмысының сұлбасы

1-8 – Ашып-жапқыштар:

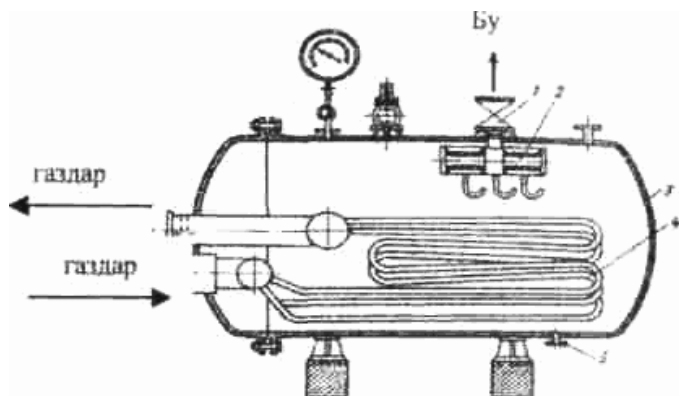
А, Б – Регенератор камералары

Ыстық газ алдымен А-генераторының қондырмасын қыздырып, өзі салқындайды. Суық газ А генераторынан өтіп, ыстық қондырғымен жанасу нәтижесінде қызады. Қызған газ қайтадан А-генераторының қондырғысын қыздырады. Реакцияның газ күйіндегі өнімдерінің жылуы мен өндірістен сыртқа шығатын газдардың жылуын пайдалану, қазандықтарда су буын алуға қолданылады. Сыртқа шығатын өнімдердің жылуын химия зауыттарында құрғату процесінде, буландыру,

айыру, т. б. процестерде қолданады.

Утилизатор-қазандық (12-сурет) – шығарылатын газдардың жылуынан бу алу үшін қолданылады. Ыстық газдар қазандықтың (3)

ішіне орнатылған түтікпен (4) қозғалады. Су, қазандықтағы түтік арқылы аралық кеңістікке штуцер (5) арқылы келеді. Алынған бу ылғал бөлгіш (2) пен вентиль (1) арқылы шығарылады.



12-сурет. Утилизатор - қазандық.

1 – вентиль; 2 – ылғалды бөлгіш;

3 – қазандықтың корпусы;

4 – түтікше, 5 – штуцер

Қазіргі кезде екіншілік энергетикалық ресурстар болып саналатын шығарылатын газдардың жылуы, газ бен сұйықтардың сығылу энергиясы, энергетикалық пайдалы әсер коэффициентін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

2.6. Химиялық өндірістегі судың рөлі

2.6.1. Ауа және су – химия өндірісінің шикізаттары

Химия өндірісі ауа мен суды орасан көп мөлшерде, түрлі мақсаттарда пайдаланады. Бұл ауа мен судың құнды қасиеттеріне – оларға оңай қол жеткізу мүмкіндігі мен ыңғайлылығына жатады. Химиялық өнеркәсіп орындары су көздері жанында салынады. Ауа барлық жерде бар, сарқылмайтын шикізат көзі. Жерден биіктігі 2000 км-ге дейін газ қабықшасын, атмосфералық ауа құрайды. Жер атмосферасының жалпы массасы 5100 трлн т, бұл массаның 90%-ы биіктігі 16 км қабатта шоғырланған.

Ауа – химия өнеркәсібінде негізінен шикізат немесе технологиялық процестердің реагенті ретінде, сонымен қатар энергетикалық мақсаттар үшін қолданылады. Ауаның технологиялық қолданылуы, атмосфералық ауаның химиялық құрамына байланысты: құрғақ, таза ауада (% көлемдік үлеспен): N_2 – 78,10; O_2 – 20,93; Ar – 0,93; CO_2 – 0,03 және өте аз мөлшерде He , Ne , Kr , Xe , H_2 , CH_4 , O_3 , т.б. болады. Техникалық

есептеулерде 79% және 21% оттег деп алады. Ауаны ыдырату арқылы өнім алу, т.б. сипатамалары 3-қосымшада келтірілген.

Ауадағы оттегі – тотықтырғыш ретінде пайдаланылады: күкірт қышқылы, қағаз-целлюлоза өндірістерінде күкірт диоксидін алу үшін құрамында күкірті бар түсті металдардың сульфид рудаларын тотықтырғыш қатысында күйдіреді; спирт, альдегид, қышқылдар, т.б. алуда көмірсутектерді жартылай тотықтырады.

Сұйық ауаның ректификациясында бөлінген оттегі көп мөлшерде домна процесінде металдарды балқытуға жұмсалады; сонымен бірге ректификацияда азот пен инертті газдар, негізінен аргон алынады. Азот жасанды аммиак өндірісінде шикізат ретінде, т.б. құрамында азоты бар заттар өндірісінде инертті газ ретінде қолданылады.

Реагент ретінде қолданылатын ауа – өндіріс түріне байланысты шаңнан, ылғал мен зиянды заттардан тазартылады. Ол үшін ауаны әр түрлі сіңіргіштермен (су, сілтілер, этаноламин, т.б.) толтырылған жуғыш мұнаралар, сұйық және құрғақ электрсүзгіштер, ылғал сіңіргіш сорбенті бар аппараттар арқылы өткізеді.

Ауаның энергетикалық қолданылуы, ең алдымен әр түрлі отындарды жылу энергиясын алу үшін өртегенде, оттегін тотықтырғыш ретінде пайдаланумен байланысты. Ауа суытқыштардың жылу алмастырғыш беттері немесе тікелей жанасу аппараттарында, кейбір қосылыстар балқымаларын түйіршіктеуде газ бен сұйықтарды суытуға, суытқыш ретінде де қолданылады.

Кейбір жағдайларда ысытылған ауа газдар мен сұйықтарды қыздыру үшін, жылу тасымалдағыш ретінде пайдаланылады. Пневматикалық барботажды аралыстырғыштарды қысылған ауа, сұйықтар мен қойыртпақты (флотация) араластыру үшін форсункаларды, сұйықтарды реактор мен қазандықта бүрку үшін пайдаланылады.

Су әмбебап қасиеттері болғандықтан, ол өндірісте түрлі мақсаттарда пайдаланылады: шикізат, химиялық реагент, еріткіш, жылу- және суық тасымалдағыш ретінде. Мысалы, судан әр түрлі әдістермен сутегін, жылу және атом энергетикасында су буын алады; минералдық қышқылдар, сілтілер және негіздер өндірісінде, органикалық өнімдер – спирт, сірке альдегиді, фенол өндірісінде, т.б. көптеген гидратация мен гидролиз секілді реакцияларда – су реагент болып табылады. Су, қатты, сұйық және газ тәрізді заттардың арзан,

қолда бар, отқа қауіпсіз еріткіші ретінде (газдарды тазалау, ерітінділер алу, т.б.) өндірісте кең қолданылады.

Тоқыма өндірісінде әр түрлі талшықтар – табиғи және жасанды жіптерді, маталарды өңдеу мен бояу процестерінде судың рөлі өте зор. 1 т вискозды талшық алуда су шығыны 2500 м^3 -ді құрайды.

Жылу тасымалдағыш ретінде су әр түрлі жылу алмасу жүйелерінде – экзотермиялық және эндотермиялық процестерде пайдаланылады. Судың сұйық – газ (С-Г) фазалық алмасуының жылуы басқа заттармен салыстырғанда едәуір жоғары, сол себепті конденсацияланған су буы ең кең таралған жылу тасымалдағыш. Басқа жылу тасымалдағыштарға қарағанда, су буы мен ыстық будың көптеген артықшылықтары бар: оның жылу сыйымдылығы жоғары, қысымға байланысты температураны оңай реттеу, жылу сақтау қабілеті де жоғары, т.б., нәтижесінде су, жоғары температурада таптырмайтын жылу тасымалдағыш болып саналады.

Суды суытқыш ретінде экзотермиялық реакциялардың жылуын шығару, атом реакторларын суыту үшін де пайдаланады. Су шығынын үнемдеу үшін айналымды суды пайдаланып, өндірісте циклге қайтарылған суды қолданады.

Табиғи сулар құрамында минералдық және органикалық текті әр түрлі қоспалар болады. Минералдық қоспаларға газдар: N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 ; суда еріген тұздар жатады. Ал қышқылдар мен негіздер жалпы диссоцияланған күйде катиондар мен аниондар түрінде болады: Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HSiO_3^- , F^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , т.б. Органикалық қоспаларға белокты заттар мен гумин қышқылдарының коллоидты бөлшектері жатады. Қоспалардың құрамы мен мөлшері негізінен, судың шығу тегіне байланысты. Шығу тегіне байланысты – *атмосфералық*, *беттік* және *жерасты* сулары деп бөлінеді.

Атмосфералық сулар – жаңбыр және қар сулары – қоспаларының аздығымен сипатталады. Бұл суда негізінен, еріген газдар ғана болады, ал еріген тұздар мүлдем болмайды.

Беттік сулар – өзен, көл және теңіз сулары – қоспалар құрамдарының (газдар, тұздар, негіздер, қышқылдар) әр түрлілігімен ерекшеленеді. Құрамында минералды қоспаларының ең көбі – теңіз суы, ондағы тұз құрамы 10 г/кг-нан артық.

Жерасты сулары – артезиан ұңғылары, құдықтар, арасан, гейзер сулары – еріген тұздардың әр түрлі құрамымен сипатталады. Бұл жердің, таужынысының құрамы мен құрылымына байланысты. Жерасты суларында негізінен органикалық қоспалар болмайды.

Судың сапасы, оның физикалық және химиялық көрсеткіштерімен: мөлдірлігі, түсі, иісі, температурасы, жалпы тұз құрамы, қаттылығы, тотықтырғыштар және су реакциясы сияқты көрсеткіштермен анықталады. Бұл көрсеткіштер, су құрамындағы қоспалардың барын не жоғын көрсетеді.

Жүзгін заттардың мөлшері – бұл судың қатты ерімейтін қосындылармен суспензия түрінде құм, саз, топырақ бөлшектерімен ластануын сипаттайды. Олардың мөлшері (мг/л) өрнектеледі.

Құрғақ қалдық – судың құрамындағы шын еріген, коллоидты күйде болатын минералды және органикалық қосындылардың жалпы мөлшерін сипаттайды. Оның сандық мәні алдын ала көлемі белгілі, сүзілген суды буландырғанда, қалған қалдықпен анықталады және (мг/л)-мен өрнектеледі.

Судың жалпы сілтілігі – су құрамындағы аниондардың (OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HSiO_3^{2-} , SiO_3^{2-}) және кейбір әлсіз органикалық қышқыл тұздарының (ммоль/л)-мен өрнектелген қосынды концентрациясы.

Анионның түріне байланысты гидрокарбонатты $C_{\text{ГК}}$ (HCO_3^-), карбонатты - $C_{\text{К}}$ (CO_3^{2-}), силикатты - $C_{\text{С}}$ (SiO_3^{2-}), гидратты - $C_{\text{Г}}$ (OH^-), фосфатты - $C_{\text{Ф}}$ (PO_4^{3-}) деп бөлінеді. Жалпы сілтілік $C_{\text{ж}} = C_{\text{ГК}} + C_{\text{К}} + C_{\text{С}} + C_{\text{Г}} + C_{\text{Ф}}$ тең. Табиғи суларда тек қана гидрокарбонатты иондар кездесетіндіктен, бұл сулар үшін жалпы сілтілік– гидрокарбонатты сілтілікке тең болады.

Жалпы тұз құрамы – суда минералдық және органикалық қоспалар түрінде әр түрлі тұздар барлығын көрсетеді.

Жалпы тұз мөлшері – су құрамындағы минералдық және органикалық қоспаларды сипаттайды. Жалпы тұз мөлшерін анықтау үшін 1л суды буландырып, ыдыс түбінде қалған құрғақ қалдықты 105–110°C температурада тұрақты салмаққа дейін қыздырады. Құрғақ қалдық мг-мен өлшенеді (мг/л). Табиғи сулар тұз мөлшеріне байланысты *тұщы су* – тұз құрамы 1г/кг дейін; *тұздылау*; *тұзды* болып бөлінеді. Теңіз суында тұз құрамы 35 г/кг дейін болады.

Судың мөлдірлігі – фотоэлемент көмегімен немесе цилиндр түбіне орналасқан белгіні көре алатын тереңдікті көздеу арқылы анықталады.

Судың тотығуы – судың бұзылмай сақталу мезгілін көрсетеді. Судың сақталу мерзімі, су құрамындағы тотығатын зат мөлшеріне тәуелді. Су тотықтырғыштығы 1л калий перманганатының ертіндісін 10 мин қайнатқанда, KMnO_4 концентрациясының азаю шамасымен анықталады.

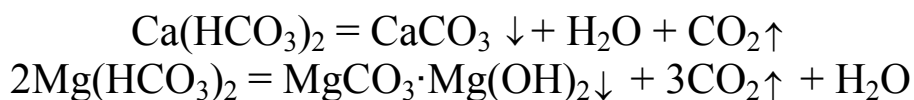
Судың реакциясы – судың қышқылдық немесе сілтілік сипаттамасы: егер pH -6,5-7,5 – су бейтарап; pH <6,5 қышқыл; pH >7,5 сілтілік орта. Судағы қоспалар белгілі бір мемлекеттік стандарттармен (ГОСТ) анықталады.

2.6.2. Судың кермектілігі

Көптеген өндірістер үшін негізгі сапалық көрсеткіш – су құрамында кальций және магний тұздарының болуымен сипатталатын судың кермектілігі. Кермектілік – Са немесе Mg иондарының 1 кг судағы мг эквиваленттерімен белгіленеді. Яғни, кермектілік бірлігі ретінде 20,04 мг/кг кальций иондары немесе 12,16 мг/кг магний иондары, су құрамында барлығы қабылданады. Кермектілік үш түрге бөлінеді: уақытша, тұрақты және жалпы.

Кермектілік өлшемі – 1 л судағы кальций немесе магний иондарының мг эквивалент санына тең. Су кермектілігі 1- ге тең деген 1 л суда 1 мг/экв кальций ионы, яғни 20,04 мг Ca^{2+} немесе 12,16 мг Mg^{2+} катиондары болады. Табиғи сулардың кермектілігі бойынша жіктелуі 2-кестеде берілген.

Уақытша (карбонатты) *кермектілік* – суда кальций және магний гидрокарбонаттарының болуымен анықталады. Олар суды қайнатқанда ерімейтін орташа немесе негізгі тұздарға айналып, қатты тұнба түрінде болады:



Тұрақты (карбонатты емес, жойылмайтын) *кермектілік*, суды қайнатқанда еріген күйде қалатын кальций және магнийдің басқа

тұздарының болуы. Уақытша және тұрақты кермектіліктер қосындысы – *жалпы кермектілік* деп аталады. Табиғи судың жалпы кермектілігінің химия өндірісінде жіктелуі (h_0 , мг-экв/кг) мәндері бойынша төмендегідей жіктеледі: $h_0 < 1,5$ – кермектілігі аз, $h_0 = 1,5 - 3,0$ – орташа, $h_0 = 3,0 - 6,0$ – көтеріңкі, $h_0 = 6,0 - 12,0$ – жоғары, $h_0 > 12,0$ – өте жоғары. Өндірісте суға қойылатын талаптар, судың кейбір ерекше қасиеттеріне байланысты.

Судың тотықтырғыштық қасиеті суда органикалық қоспалар қатысуымен сипатталады және 1 кг судағы заттардың тотығуына шығындалған оттегінің мг мөлшерімен белгіленеді.

2-кесте

Кермектілігі бойынша судың жіктелуі

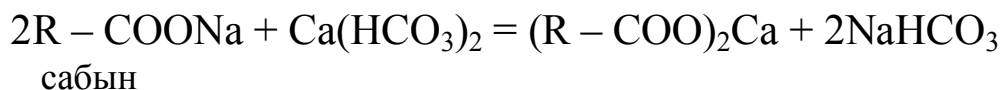
Ca^{2+} және Mg^{2+} 1 дм ³ судағы мөлшері, мг-экв	Су кермектілігінің класы
0-1,5	өте жұмсақ
1,5-3	жұмсақ
3-6	орташа (баяу) кермекті
6-10	кермекті
>10	өте кермекті

Судың *белсенділік реакциясы* – оның қышқылдығы немесе сілтілігі – сутегі иондарының концентрациясына байланысты сипатталады. Табиғи сулар ортасы бейтараптылыққа жақын, ондағы рН-сутектік көрсеткіш: $\lg a_{H^+}$ -ке тең, мәні 6,8 – 7,3 аралығында жатады.

Өндірістегі негізгі көздеген мақсаттар – суды пайдалануға байланысты су құрамындағы қоспалардың мөлшеріне, оның сапасына белгілі қатаң талаптар қойылады; қоспалардың жеткілікті мөлшері мемлекеттік стандарттарға (МЕМСТ) сай шектеледі.

Қоспалардың зияндылығы – олардың химиялық күйіне, дисперстілігіне, сонымен бірге суды пайдаланатын өндіріс технологиясына байланысты. Ірі дисперсті, механикалық жүзгіндер, құбырлар мен аппараттарды бітеп, өнімділікті азайтып, апат тудыруы мүмкін. Коллоидты бөлшектер түріндегі қоспалар электролизерлердің диафрагмаларын ластап, судың көбіктенуін және қазандықтар мен аппараттардан асып-төгіліп, материалдық өңделуін нашарлатады, т.б. Бұл тұз бен газдардың суда еріп, қақтың пайда болуына әкеледі. Коррозия салдарынан материалдардың беттік бұзылуының туындауы,

үлкен зиян келтіреді. Тоқыма өндірісінде суда еріген тұздар жуу процесінде сабындық қасиеті жоқ кальцийлік және магнийлік сабындардың пайда болу әсерінен, сабынның көп шығындалуына алып келеді:



Кермекті суда жуу және сабындау, сабын шығынын 80%-ға жеткізеді. Пайда болған ерімейтін, жабысқақ кальцийлі және магнийлі сабындар талшықта бекініп, кір заттардың адсорбцияланған бөлшектерін берік ұстап қалады. Бұл бояудың қасиетін (бояудың беркелкі болмауы, солғын түсті болуы) нашарлатып, беріктігін азайтады.

Көптеген өндірістегі химиялық және диффузиялық процестер, судың белсенді реакциясымен тығыз байланысты. Олардың қатарына – қант, қағаз, тоқыма өндірістері, т.б. жатады. Әсіресе, судың рН-ына барлық биохимиялық, мысалы ашыту, антибиотиктер алу процестері өте сезімтал. Жасанды жібек өндірісінде судың тотықтырғыштығы 2 мг/кг-нан (O_2 бойынша) көп емес, кермектілігі 0,17–0,64 мг-экв/кг-нан (өте жақсы) аз, темір мөлшері 0,03 мг/кг-нан аз болуы керек. Жібек бояу фабрикалары үшін суда темір және органикалық заттардың ізі де болмауы керек.

Өндіріске берілетін табиғи су қоспалар, қасиеттері мен суға қойылған өндірістік талаптарға байланысты әр түрлі әдістермен тазаланады.

2.6.3. Өндірістік су дайындау

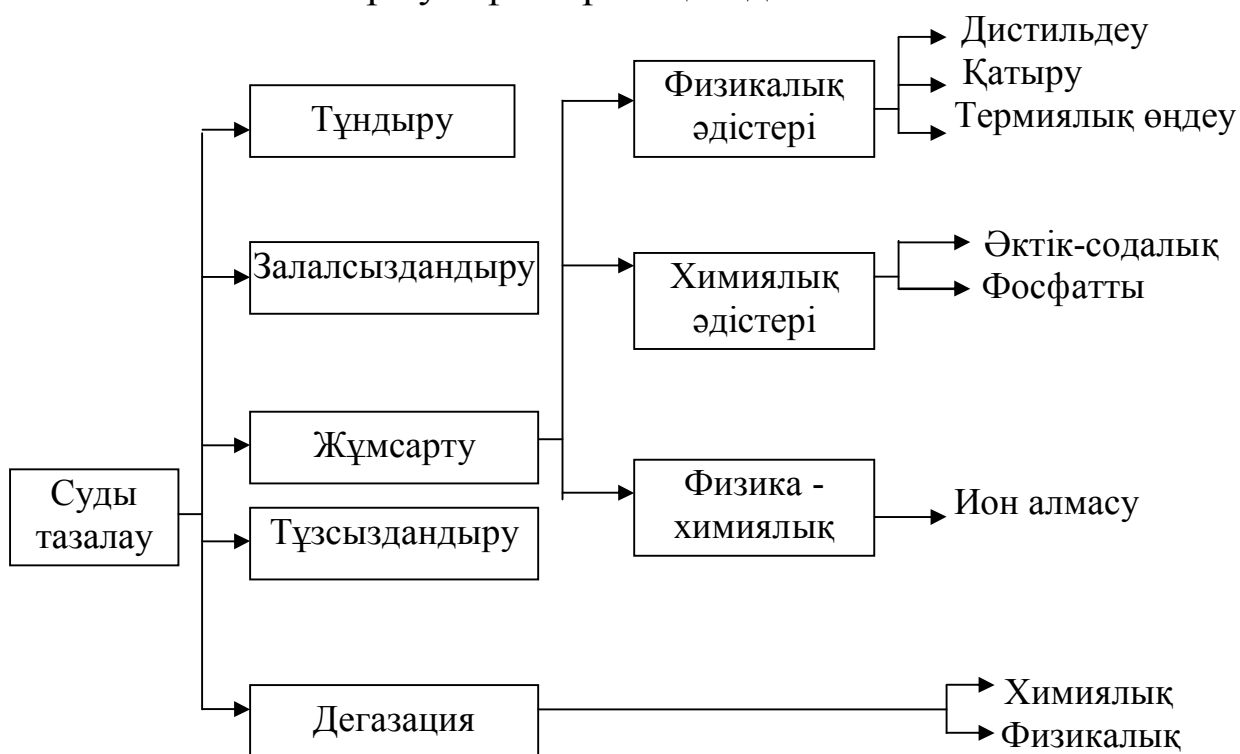
Өндіріске келетін суда еріген заттардан басқа, ерімеген заттар да болады. Олар – құм, саз-балшық, өсімдіктер мен жәндіктердің қалдықтары, түрлі микроорганизмдер. Сондықтан, суды тазарту керек. Суды тазарту жолдары: мөлдірлеу, зиянсыздандыру, жұмсарту, тұзсыздандыру, газсыздандыру.

Мөлдірлеу – су құрамындағы механикалық қоспалардан суды тазарту үшін, үлкен бетондаған ыдысқа тұндырып, қалған заттардан ажырату мақсатында құм сүзгіштен өткізеді. Осыдан кейін коллоидты қоспалардан тазарту үшін, ыдысқа коагулянттар қосады.

Коагулянт ретінде темір немесе алюминий сульфаттары қолданылады. Коагулянттар суда гидролизденіп, аморфты темір мен алюминий гидроксидінің тұнбасын түзеді. Осы тұнбаға коллоидты қоспалар адсорбцияланып, ыдыстың түбіне шөгеді.

Өндірістік су дайындау – табиғи сулардың құрамындағы өндіріске зиянды жүзгін түріндегі коллоидты бөлшектерді, еріген тұздар мен газ қоспаларынан тазарту мақсатында жасалатын операциялар жиынтығынан тұрады. Су дайындауға – тұндыру, жұмсарту, дегазация, кейбір жағдайда тұзсыздандыру және ауыз су үшін залалсыздандыру операциялары жатады. Ол әр түрлі аппараттарда жүргізіледі. Өндірістік суды дайындау сұлбасы 13-суретте көрсетілген.

Суды *тұндыру* – ондағы қоспалар түбіне шөккен соң, дисперстілігі әр түрлі түйіршікті материалдан өткізіп, сүзу арқылы іске асады. Коллоидты қоспаларды коагуляциялау үшін және судың құрамындағы боялған заттарды абсорбциялауда, оған электролиттер – алюминий мен темір сульфаттарын қосады.



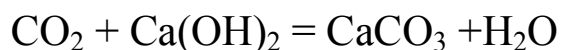
13-сурет. Өндірістік суды дайындау сұлбасы

Суды тұндыру – үздіксіз, тұндырғыш бетон резервуарларда жүреді. Толық тазарту және түссіздендіру үшін тұндырғыштардан

сарқып алынған суды коагуляциялайды. *Коагуляция* – гетерогенді жүйелерді ажыратудың жоғары, тиімді процесі. Мысалы, бұл судан өте ұсақ сазды бөлшектер мен белокты заттарды ажырату. Бұл процестің физика-химиялық негізі мынада: зарядталған коллоидты бөлшектің коагулянт бетіндегі адсорбциясы, жеке бөлшектердің жабысқақтығына және тұнбаның пайда болуына әкеледі. Мұнда ион-коллоид, коллоидты бөлшек зарядына қарама-қарсы зарядты болуы керек. Ион-коагулянт заряды неғұрлым жоғары болса, коагуляция процесіне электролиттің шығыны солғұрлым аз болады. Табиғи газды коллоидты жүйелер (табиғи сулар), теріс зарядта болады. Оларды коагуляциялау үшін, жиі сульфат немесе қос тұздар түріндегі алюминий қосылыстары – алюминий ашудастарын қолданады. Бір уақытта тұнба бетінде органикалық бояғыш заттардың адсорбция процесі жүріп отырады, нәтижесінде су түссізденеді. Суға ендірілетін коагулянт мөлшері, судың ластығына байланысты. Коагуляция нәтижесінде пайда болған коллоидты тұнба судан, тұндыру немесе сүзу арқылы бөлінеді.

Залалсыздандыру – суды хлорлау немесе озондау арқылы іске асырылады.

Дегазация – суда еріген газдарды химиялық әдіспен, яғни газдарды химиялық реагенттерге сіңіру, мысалы көміртегінің диоксиді жағдайында:



ауада немесе вакуумда термиялық деаэрация секілді физикалық әдіс көмегімен жүргізеді.

Тұзсыздандыру – суға тазалық бойынша қатаң талаптар қойылатын өндірістерде, мысалы жартылай өткізгіш материалдар, химиялық таза реактивтер, фармацевтикалық препараттар алуда қолданылады. Тұзсыздандыру – ион алмасу, дистилляция және электродиализ әдістерімен іске асады.

Сүзу – біртекті емес жүйелерді ажыратудың ең әмбебап әдісі. Сүзу техникасында ең маңыздысы – сүзгіш материалдың белсенді (үлкейген) бетінің болуы. Сүзу тиімділігі эмпирикалық формуламен өрнектеледі:

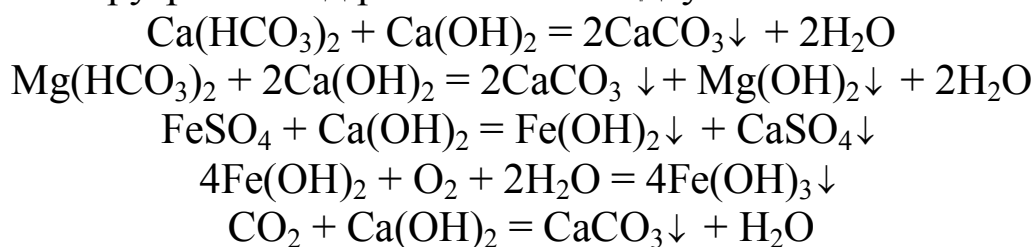
$$d = c\sqrt{\ell \cdot w} \quad (2.24)$$

мұндағы d – сүзгіде ұсталған ең кіші бөлшектердің диаметрі, мм; ℓ – инертті дәнді материал бөлшектерінің тиімді шамасы, мм; w –

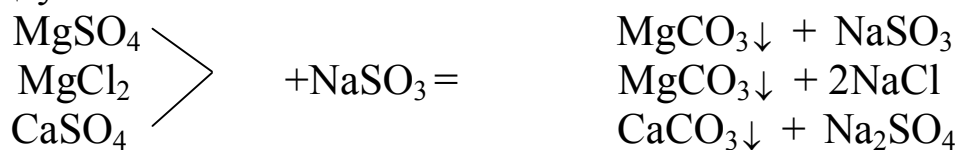
сүзу жылдамдығы, м/с; c – пропорционалдық коэффициент, кварц құмы үшін 0,0095-ке тең.

Судың кермектігін жою және тұшыту – кальций, магний, т.б. металдардың тұздарынан ажырату. Өндірісте кермектікті жоюдың әр түрлі тәсілдерін қолданады, олардың негізіне – Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарын реагенттермен ерімейтін және жеңіл ажыратылатын қосылыстарға айналдыру жатады. Пайдаланатын реагенттерге қарай тәсілдерді төмендегідей бөлуге болады: әкті (сөндірілген ізбес), содалық (кальцинирленген сода), натрондық (натрий гидроксиді) және фосфатты (үшнатрийфосфаты). Уақытша және тұрақты кермектілікті жою, сонымен бірге CO_2 -ны байланыстыру, темір иондарын бөлу; органикалық және басқа қоспаларды коагуляциялауды біріктіретін ең тиімдісі – кермектілікті жоюдың құрама тәсілін пайдалану. Осындай тәсілдердің бірі – әктік-содалық тәсілді, фосфатты тәсілмен қоса қолдану. Кермектікті жою процесі төмендегі реакцияларға негізделген.

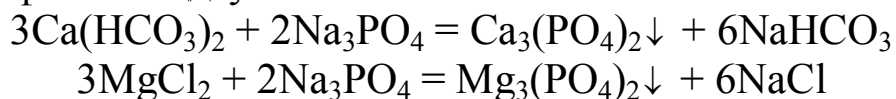
1. Уақытша кермектілікті жою, темір иондарын кетіру және CO_2 -ні байланыстыру үшін сөндірілген әкпен өңдеу:



2. Тұрақты кермектілікті жою үшін кальцинирлендірілген содамен өңдеу:



3. Ca^{2+} және Mg^{2+} катиондарын толық тұндыру үшін үшнатрийфосфатпен өңдеу:

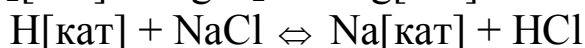
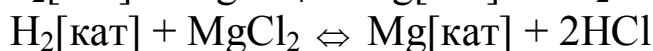
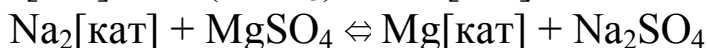
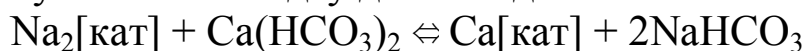


Кальций және магний фосфаттарының ерігіштігі өте нашар болғандықтан, фосфатты тәсілдің тиімділігін қамтамасыз етеді.

Кермектілікті жоюдың химиялық тәсілін физика-химиялық, яғни ион алмасу тәсілімен бірге қолдану, жоғары экономикалық тиімділікке әкеледі.

Кермектікті жоюдың ион алмасу тәсілінің мәні – су құрамындағы иондарға өз иондарын ауыстыруға қабілетті иониттер көмегімен судан кальций және магний иондарын бөліп шығаруда. Процестер – *катионды және анионды* деп бөлінеді, осыған сәйкес иониттерді катиониттер және аниониттер деп атайды.

Катионды кермектікті жою процесінің негізінде – катиониттердің натрий және сутегі иондарының Ca^{2+} мен Mg^{2+} иондарына алмасуы жатады. Натрий иондарының алмасуын Na-катиондау, ал сутегі иондары – алмасуын H-катиондау деп атайды:



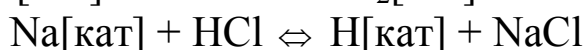
Көрсетілген реакциялардағыдай, ион алмасу әдісі судың кермектігін жоюды, тұшытуды, яғни тұздардың судан толық бөлінуін қамтамасыз ете алады. Na-катиондау мен H-катиондауға жұмсалатын су мөлшері төмендегідей теңдеулермен анықталады:

$$L_{\text{Na}} = \frac{h_{\text{H}} + h_{\text{C}}}{h_{\text{K}}} \cdot 100; \quad (2.25)$$

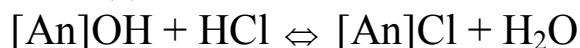
$$L_{\text{H}} = \frac{h_{\text{K}} + h_{\text{C}}}{h_{\text{Ж}}} \cdot 100; \quad (2.26)$$

мұндағы L_{Na} және L_{H} – Na- мен H- катионитті сүзгілерге жіберілген су үлестері,%; h_{H} , h_{K} , $h_{\text{Ж}}$ – бастапқы судың карбонатты емес, карбонатты, жалпы кермектігі; h_{C} – кермексіздірілген судың берілген сілтілігі.

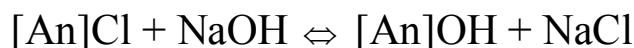
Ион алмасу реакциялары қайтымды, иониттердің алмасу қабілетін қалпына келтіру үшін регенерация процесін жүргізеді. Na-катиониттер регенерациясын ас тұзы ерітіндісі көмегімен, ал H-катиониттерді – минералды қышқылдар ерітінділерін қосумен жасайды. Катиониттер регенерациясының теңдеулері:



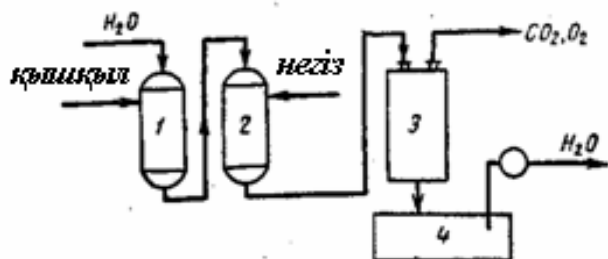
Анионитті алмасу мысалы ретінде OH^- аниондарының алмасу реакциясын көрсетуге болады



Анионитті регенерациялау, сілтілер ерітінділері көмегімен жүргізіледі:



Алмасу негізінде, Н-катиондау және ОН-аниондау процестерін кезекпен жүргізу жатыр.



14-сурет. Ион алмастырғышты пайдаланып, суды тұзсыздандыруға арналған қондырғы сұлбасы:

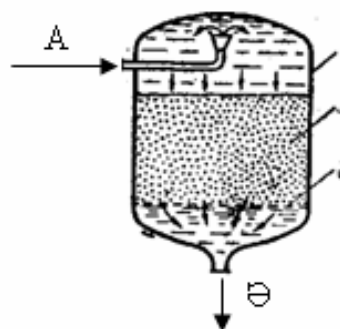
- 1 — Н-катионит сүзгіш;
2 — анионит сүзгіш; 3 — дегазатор;
4 — таза суды қабылдағыш

Су, 15-суретте көрсетілген, Н-катионды сүзгішке біркелкі беріледі, онда ірі кварц құмы қабатының бетінде катониттердің түйіршіктері орналасқан. Олар судан Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , т.б. иондардың бөлінуін қамтамасыз етеді. Су, аниондарды байланыстыру үшін анионды сүзгіге, одан әрі — дегазаторға барады, мұнда суда еріген CO_2 , O_2 бөлінуі жүреді. Судың толық тұщытылуын, оны айдау қондырғыларында айдау — дистилляция арқылы жетуге болады. Дистилденген су химиялық таза реактивтер, дәрі-дәрмектер өндірісінде зертханалық тәжірибеде өте қажет.

Су дайындаудың техника-экономикалық пайдасын жоғарылату — бірнеше технологиялық процестерді қосып пайдаланумен байланысты. Мысалы, кермектікті жою мен тұщытуды қазіргі заманғы ион алмасу, сорбция электрокоагуляция, т.б. көмегімен іске асыруға болады.

Қазіргі технологияда суды тұщыту тәсілі едәуір экономикалық пайда әкеледі. Бұл процестер нәтижесінде пайда болатын H^+ және OH^- иондары өзара әрекеттесіп, су молекуласын түзеді.

14-суретте ион алмасуды (катиондау және аниондау) қолданумен суды тұщыту сұлбасы көрсетілген.



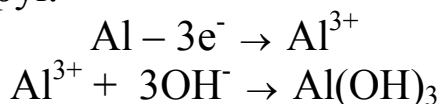
15-сурет. Катиониттік сүзгі схемасы:
1 — корпус; 2 — катионит қабаты;
3 — қалпақты тор; А — суды немесе регенерациялаушы ерітіндіні енгізу;
Θ — суды немесе регенерацияланған ерітіндіні шығару

Қазір өндірістік суды дайындау үшін электр-химиялық әдістер қолданылады, соның ішінде электрлі коагуляция көңіл аударарлық. *Электрлік коагуляция* – электролизерлерді еріген электродтармен тазалау – зиянды қоспалар үшін жоғары сіңіргіш қабілеті бар алюминий гидроксидімен, электрхимиялық әдіспен алуға негізделген. Электродтарды суға салып, тұрақты ток жібергенде электр тогы әсерінен, негізінен табиғи судағы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , т.б.) иондар ток өткізеді. Иондардың ток өткізуге қатынасу дәрежесі, олардың салыстырмалы концентрациясы және қозғалғыштығымен төмендегі теңдеу бойынша өрнектеледі:

$$\lambda_{\infty} = F(w_k + w_a) \quad (2.27)$$

мұндағы λ_{∞} – эквивалентті электр өткізгіштік; F – Фарадей тұрақтысы, 96000 Кл; w_k , w_a – катион және анион қозғалысының абсолютті жылдамдықтары.

Еритін алюминий арқылы анодта екі процесс жүреді – анодтық және алюминийдің (электр тогының өтуіне байланысы жоқ) $\text{Al}(\text{OH})_3$ түзуілуі мен химиялық еруі:



Катодта су бетіне заттардың бөлшектерін көтеретін сутегі – газ көпіршіктерінің бөлінуі (сутегі деполяризациясы) өтеді.

Сұйықтың сутегі көпіршіктерімен қанығу дәрежесі (β) ток тығыздығына (i) (mA/cm^2) тура, ал сутегі көпіршіктерінің көтерілу жылдамдығына w (м/с) кері пропорционал:

$$\beta = K \cdot \eta \frac{i}{\rho_2 \cdot w} \quad (2.28)$$

мұндағы K – сутегінің электрхимиялық эквиваленті, г/Кл; η – ток бойынша шығын, %; ρ_2 – газ көпіршіктерінің тығыздығы, г/см³.

Электрлі коагуляция әдісінің артықшылықтары: электрхимиялық процестердегі $\text{Al}(\text{OH})_3$ -тің сіңіргіштік қабілетінің жоғарылығы, процесті механикаландыру және автоматтандыру мүмкіндігі, тазалау қондырғылары өлшемдерінің ықшамдығы.

Қышқыл ағызынды суларды тазалау үшін негізінен *бейтараптау* – суды кальций оксидімен немесе гидроксидімен өңдеу қолданылады.

Су дайындауда коррозияны азайту мақсатында суда еріген агрессивті газдарды (CO_2 , O_2) бөліп шығару – маңызды шара. Газдарды бөліп шығару – бумен қыздырумен, десорбция әдісімен (термиялық деаэрация) жүргізіледі. Термиялық деаэрацияны деаэраторлар деп аталатын (вакуумды, атмосфералық, жоғары қысымды) аппараттарда өткізеді.

Тұрмыстық мұқтаждықтарға пайдаланатын суды міндетті түрде тазалауға жіберу қажет – ол ауру жұқтырғыш бактерияларды жою және органикалық қоспаларды тотықтыру, негізінен, газ тәрізді хлормен, сонымен қатар хлорлы әк және кальций гипохлоридімен хлорлау арқылы іске асырылады.

3-тарау. ХИМИЯЛЫҚ – ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

3.1. Химия – технологиялық процестердің жүру жағдайлары

Кез келген химиялық-технологиялық процесс, белгілі бір талаптарға жауап беруі керек. Химиялық-технологиялық алынған шикізаттан – көп мөлшерде өнім алу жағдайында жүргізу қажет. Яғни, процесті жүргізу шарты, оның жоғары жылдамдықпен жүруін қамтамасыз етуі керек. Процестің жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, солғұрлым бірлік уақытында қондырғыда бастапқы заттың көп мөлшері өңделеді, яғни процестің жылдамдығы жоғарылағанда, қондырғының өнімділігі де артады. Сондай-ақ, алынған өнім арзан, әрі оның сапасы жоғары болуы тиіс. Бұл талаптарды қанағаттандыру үшін процесті қолайлы жағдайда жүргізу қажет.

Процесті жүргізудің қолайлы жағдайы – өндіріс өніміне кететін еңбектің, аппараттың құрылысына және пайдалануына жұмсалатын шығындарды – шикізаттың, энергияның, отынның жұмсалудың төмендететін, әрі жоғары жылдамдықпен шығымы мол өнім алуға мүмкіншілік беретін процестердің негізгі көрсеткіштерінің (температура, қысым, бастапқы реагенттердің концентрациясы, т.б.) қолайлы жағдайға үйлесімді болуы.

Технологиялық процестің барлық сатылары қолайлы жағдайда жүргізіледі. Химиялық реакцияны жүргізу үшін бастапқы заттар бір-бірімен жанасуы қажет. Сондықтан, химиялық өзгеру өзара байланысқан қарапайым процестердің реакция зонасына реагенттердің келуі, химиялық реакция және реакциялық зонадан алынған өнімнің шығарылуы сияқты қарапайым процестерден құралады.

Жалпы химиялық – технологиялық процесті бірнеше өзара байланысты қарапайым процестерге (сатыларға) бөлуге болады: 1) реакция аймағына реакцияға қатысушы заттарды жеткізу; 2) химиялық реакциялар; 3) реакция аймағынан алынған өнімдерді әкету.

1. Зона аймағына реакцияға қатысушы заттарды жеткізу, молекулалық диффузия немесе конвекция жолымен іске асырылады.

Процеске қатысушы заттарды қарқынды араластырғанда, конвективті тасымалдауды – *турбуленттік диффузия* деп атайды.

Химиялық технология әдетте, көп фазалы жүйелермен байланысты. *Жүйе* – кез келген әрекеттесуші заттардың тобын, ал *фаза* – құрамдары, химиялық және физикалық қасиеттері бойынша бірдей, әрі жүйенің басқа бөлімдерінен шекара бетімен бөлінген жүйенің біртекті бөлімдер жиынтығы. Фаза – көп бөлімді, әр текті (гетерогенді) жүйенің бөлімдеріне жіктелінген жеке бөлім.

Қайтымды гетерогенді процестер жүргенде фаза саны өзгермейтін жағдайға қажетті факторлар саны – *еркіндік дәрежесі* деп аталып, ол фазалар ережесімен анықталады. Фазалар ережесі бойынша еркіндік дәрежесі P , сырттан тепе-теңдіктегі термодинамикалық жүйеге әсер ететін факторлар: температурада және қысым болса, компоненттер санына (K) екі қосып, фазалардың санын (Φ) алғанға тең, яғни: $P=K+2-\Phi$, мұндағы P - еркіндік дәрежесінің саны, K – тәуелсіз компоненттер саны, Φ – фазалар саны.

Мысалы, әк тасын өртегенде: $\text{Ca}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 - Q$, $\Phi=3$ (екі қатты – CaCO_3 және CaO және бір өнім – газ фазада CO_2); $K=2$, $P=2+2-3=1$, ол температура, тек қана температураны өзгерткенде ғана, үш фаза бірдей сақталады.

Көп фазалы жүйелерде реакция құрастырушыларды реакция аймағына жеткізуді – бу мен газ абсорбциясы, адсорбциясы немесе десорбциясы, будың конденсациясы, қатты заттардың балқуы не сұйықта еруі, булануы, болмаса ұшуы арқылы жүргізуге болады.

Реакция құрастырушыларының бір фазадан екіншіге өтуі, бұл саты көпшілік жағдайларда химиялық-технологиялық процестің ең баяу сатысы болады да, оның жалпы жылдамдығын анықтайды. Фазааралық өту – шын мәнінде күрделі *диффузиялық процесс* болып саналады.

2. *Химиялық реакциялар* – технологиялық процестің негізін құрайды. Заттың химиялық айналуы бірнеше тізбектес (кейде параллель) химиялық реакциялар әсері салдарынан жүреді. Нәтижесінде негізгі өнім, сонымен қатар қосымша өнімдер немесе өндіріс қалдықтары пайда болады. Қосымша өнімдер мен өндіріс қалдықтары негізгі реакцияның да, негізгі шикізаттар мен қоспалар арасындағы қосымша реакциялар нәтижесінде де пайда болады.

3. Зона аймағынан алынған өнімдерді әкету – реакция құрастырушыларын жеткізу сияқты, диффузия немесе конвекция нәтижесінде жүргізілуі мүмкін. Олар негізінен заттың бір фазадан, екіншіге өтуін анықтайды.

Процестің жалпы жылдамдығы, аталған қарапайым сатылардың жылдамдығымен анықталады. Әдетте, бұл қарапайым процестер әр түрлі жылдамдықта өтеді. Сондықтан, процестің жалпы жылдамдығы, ең баяу сатының жылдамдығымен анықталады. Егер химиялық реакцияның өзі ең баяу өтсе, ол жалпы жылдамдықты анықтайды, онда процесс – *кинетикалық аймақта* өтеді. Мұндай процестерді тездету үшін технологтар химиялық реакция жылдамдығына әсер ететін факторларды, мысалы бастапқы реакцияға қатысушы заттарды (реагенттерді) алмастыра қолданумен өзгертеді. Егер процестің жалпы жылдамдығы реакцияға қатысушыларды жеткізу немесе реакция өнімдерін әкету жылдамдықтарымен анықталса, онда процесс – *диффузиялық аймақта* өтеді. Мұндай процестерді тездету үшін араластыруды күшейту (реакция жүйесін турбуленттіру) – фазаларды диспергирлеу, температура мен концентрацияны жоғарылату, жүйені гомогендеу, яғни көп фазалы жүйені бір фазаға айналдыру арқылы, диффузия жылдамдығын өсіруге тырысады. Егер технологиялық процестің барлық сатыларында жылдамдықтары бір шамалы болса, процесс *ауыспалы аймақта* өтеді, онда мұндай процестің жылдамдығын көбейту үшін ең алдымен жүйеге диффузияны да, химиялық реакция жылдамдығын да көбейтетін факторларға әсер ету керек. Мысалы, реакцияға қатысатын заттардың концентрациясы мен температурасын жоғарылату.

Химиялық технологияның негізгі заңдылықтарын білу – процестің оңтайлы шарттарын табуға, оны ең тиімді максимальды шығынмен өткізу мен жоғары сапалы өнім алуға мүмкіндік береді.

3.2. Химиялық-технологиялық процестердің жіктелуі

Химиялық-технологиялық жүйе элементтеріне: жылу және масса алмасу, гидромеханикалық, химиялық, т.б. процестер жатады. Олар химиялық технологияның бірлік процестері түрінде қарастырылады. Күрделі химиялық-технологиялық процестің маңызды бөлігі – химиялық процесс.

Химиялық процесс – химиялық реакцияның жүруіне және бір-біріне әсер ететін, жылу, масса, импульс құбылыстарының ауысуымен жүретін бір немесе бірнеше химиялық реакциялар.

Процесс жылдамдығына, өнімнің шығымы мен сапасына әсер ететін негізгі факторлардың жиынтығын – *технологиялық кесте* (режим) деп атайды. Химиялық-технологиялық процестердің көпшілігінің негізгі факторларына – температура, қысым, катализаторды пайдалану және оның белсенділігі, өзара әрекеттесуші заттардың концентрациялары, реагенттерді араластыру тәсілі мен дәрежесі жатады. Кейбір химиялық-технологиялық процестер үшін жағдайдың басқа көрсеткіштері маңызы орын алады. Мысалы, электрхимиялық процестерде токтың кернеуі – тығыздығымен, ал радиациялық – химиялық процестер – радиация деңгейімен сипатталады.

Технологиялық жағдайдың көрсеткіштері өзіне сәйкес реакторлардың жиналуын, құру принциптерін анықтайды. Технологиялық жағдайдың оңтайлы мәніне – қондырғылардың ең жоғары өнімділігі мен процесте қызмет істейтін жұмыскерлер еңбегінің ең жоғарғы өнімділігі сәйкес келеді. Сондықтан, химиялық-технологиялық процестер жіктелуінің негізіне технологиялық көрсеткіштер мен қасиеттері алынған. Бірақ, технологиялық процестерінің барлық көрсеткіштері өзара байланысты және белгілі дәрежеде бірін-бірі шектейді. Көрсеткіштердің біреуінің едәуір өзгеруі, соңынан басқа да көрсеткіштердің оңтайлы мәндерінің күрт өзгеруін тудырады. Сондықтан, жағдайдың барлық көрсеткіштерінің мәндері бойынша технологиялық процестерді дәл жіктеу тым күрделі және жалпы, химиялық технологияда қажеті жоқ. Сондықтан, тек шешуші әсер ететін көрсеткіштерді ғана таңдаған жөн.

Бұған қондырғылардың құрылымы және процесс жылдамдығына, реагенттерді араластыру әдісі мен дәрежесінің де үлкен әсері бар. Өз кезегінде реакцияға қатысатын массаларды араластыру әдісі мен қарқындылығы, олардың агрегаттық күйіне байланысты. Реакцияға қатысатын заттардың тек қана агрегаттық күйі, оларды технологиялық өңдеу әдістері мен аппараттарды құрастыру принципін анықтайды. Сондықтан, химиялық технологияның заңдылықтарын қарастырғанда, процесс пен оларға сәйкес қондырғыларды ең алдымен өзара әрекеттесетін заттардың агрегаттық (фазалық) күйіне қарай таңдайды. Бұл қасиетіне байланысты әрекеттесетін заттардың барлық жүйелеріне

сәйкес технологиялық процестер – *гомогенді* (біртекті) және *гетерогенді* (біртекті емес) болып бөлінеді.

Гомогенді деп – барлық реакцияға қатысушы зат фазаларының бірінде газ (Г), сұйық (С) фазада болатын жүйелерді айтады.

Гетерогенді деп – екі немесе одан көп фазалары бар жүйелерді айтады. Мысалы, екі фазалы жүйелер: газ – сұйық (Г – С), газ – қатты дене (Г – Қ), сұйық – сұйық (араласпайтын) (С – С), сұйық – қатты дене (С – Қ) және қатты дене – қатты дене (Қ – Қ). Өндірісте жиірек кездесетін жүйелер: Г – С, Г – Қ, С – Қ. Көп фазалы гетерогенді жүйелерді жиі кездестіруге болады: Г – С – Қ, Г – Қ – Қ, С – Қ – Қ, Г – С – Қ – Қ, т.б.

Өндірістік тәжірибеде гомогендіге қарағанда, гетерогенді процестер көбірек тараған. Әдетте, процестің гетерогенді сатысы (масса өту) диффузиялық сипатқа ие болады, ал химиялық реакция – газды немесе сұйық ортада, гомогенді фазада өтеді. Бірақ, кейбір өндірістерде процестің жалпы жылдамдығын анықтайтын Г – С, Г – Қ, С – Қ шекарасында, гетерогенді реакциялар жүреді.

Технологиялық шарттардың басқа көрсеткіштерінің мәндері бойынша төмен және жоғары температуралық, каталитикалық және каталитикалық емес, вакуумдық, қалыпты және жоғары қысымда өтетін бастапқы заттардың концентрациясын – жоғары және төмен деп бөлуге болады. Бірақ, жеке химиялық өндіріс туралы кейбір құралдарда пайдаланылатын мұндай жіктеу, химиялық технологияның жалпы курсы үшін тым күрделі.

Каталитикалық процестердің бірталай арнайы қасиеттерінің болуы мен өту механизміне, құрылымдық безендіруге байланысты, каталитикалық және каталитикалық емес процестерді бөлек қарастырған жөн. Бұл санаттағы технологиялық процестердің әрқайсысына сәйкес, реакторлары болады.

Заттардың химиялық өзгерістері түрлі дәрежедегі жылу процестерімен қатар жүреді. Өндірістің технологиялық сұлбаларының едәуір бөлігін жылу алмастырғыш қондырғылар құрайды және көпшілік жағдайда реакторлар құрылымында өте маңызды рөл атқаралды. Сондықтан, бұдан кейін химиялық технологияның жалпы заңдылықтарын қарастырғанда, жылу бөлінуімен өтетін экзотермиялық процестерді бөлек қарастырған жөн. Сонымен қатар, кинетикалық және диффузиялық аймақтарда

өтетін процестерді ажыратып қарау керек. Олар – *қайтымды* және *қайтымсыз* болып бөлінеді.

Жүру механизміне қарай химиялық реакциялар реакцияға қатысатын заттардың табиғатына байланысы: *тотығу-тотықсыздану* (гомолитикалық) және *қышқылды-негіздік* (гетеролитикалық) әрекеттесу деп бөлінеді. Процестер жіктелуінде химиялық реакциялар – қарапайым, параллель – күрделі және тізбекті – күрделі, күрделі – қабаттас болып бөлінеді.

Химиялық өндірісті жалпы – үйреншікті бейорганикалық және органикалық деп бөлу, өз мәнін жоя бастады. Себебі, қарастырылатын процестер мен пайдаланылатын қондырғылар ортақ, органикалық және бейорганикалық заттар арасында дәл шекара жоқ. Сонымен бірге, бір кәсіпорында органикалық және бейорганикалық өнімдер де аралас өндіріледі.

Процестердің уақыт бойынша өту сипатына қарай, оларға сәйкес қондырғылар – *үздік* және *үздіксіз* болып бөлінеді. Химиялық процестерді және оларға сәйкес реакторларды модельдеуде, реагенттердің араласу дәрежесінің шешуші маңызы бар. Реакцияға қатысушы газды және сұйық қоспа құраушыларының реакция өнімдерімен араласуының шекті екі жағдайы болады. Бастапқы қоспаның аппаратқа кіру нүктесінен – өнім қоспасының шығуына дейін, аппарат көлемінде реагенттер концентрациясының бірдей болуы, толық араласу нәтижесінде болады. Аппараттың биіктігі не ұзындығы бойынша ағынның әрбір бөлік көлемі бір-бірімен араласпай, параллель қозғалуы – *идеалды ығыстыру*.

Гетерогенді жүйелерде – түзу ағынды, қарама-қарсы ағынды және айқасқан ағынды процестерге бөлінеді. Процестерді бұлай бөлу, процестің қозғаушы күшін анықтау үшін қажет.

Химиялық процесс бір-бірімен тығыз байланысты құбылыстар жүйесі болғандықтан, жүретін құбылыстар табиғатына қарай: химиялық реакцияны сипаттайтын – физика-химиялық және ортаның реагенттермен фазалық құрамын сипаттайтын – физикалық деп бөлген (сызбада көрсетілгендей) де тиімді.

Химиялық процестерді жіктеу

А. Физика-химиялық белгілері бойынша

Химиялық реакция түріне байланысты:

- тура химиялық әрекеттесу
- химиялық әсер ету (каталитикалық реакция)
- физикалық әсер ету

Термодинамикалық көрсеткіштері:

- жылу эффектісі
- экзотермиялық процесс
- эндотермиялық процесс
- қайтымдылық
- қайтымсыз реакция
- қайтымды реакция

Кинетикалық сипаттамалары:

- өзгеріс сызбасы
- жай реакция
- күрделі реакция
- параллель сызба
- тізбектелген сызба
- екі сызбаны қамтитын
- кинетикалық модель
- кинетикалық модельдің түрлері

Ә. Физикалық белгілері бойынша

Реагенттердің фазалық құрамы:

- реагенттермен қатысушы фазалар саны
- бір фазалы процесс
- көп фазалы процесс
- фазалар күйі
- газ
- сұйық
- қатты

Физика-химиялық белгілері бойынша компонентке әсер ету түрі бойынша химиялық реакциялар негізгі үш топқа жіктеледі. Химиялық реакцияны түріне байланысты жіктеуде, тура химиялық әрекеттесу нәтижесінде процеске қатысушы молекулалардың өз энергиясы, әрекеттесуге жеткілікті. Химиялық әсер ету – реакцияның белсенді бөлігінде катализатордың қатысуында жүретін процестер. Физикалық әсер етуге – қатысушылардың электр тогын өткізу, табиғи

сәулелену, әр түрлі фото-, радиация-механикалық қасиеттері нәтижесінде жүретін химиялық процестер жатады.

Термодинамикалық белгілері бойынша процестің жүруі жүйенің энергетикасына (жылу эффектісіне) байланысты. Реакция қайтымдылығы бойынша, реакция энергетикасы процестің тек жылу құбылыстарын анықтамайды, оның тепе-теңдік күйін де анықтайды. Сонымен қатар, қайтымдылық реакцияның реагенттер айналымының тереңдік дәрежесін де анықтайды.

Кинетикалық белгілер – реакцияның алға басу динамикасын сипаттайды, айналымның бағытын анықтайды және әсер ету жағдайының (концентрация, температура) реакция жүруіне әсерін қамтиды.

Физикалық белгілер – химиялық процестің фазалық құрамын анықтайды. Фазалар саны бойынша: гомогенді (бір фазалы), гетерогенді (көп фазалы) процестер.

Әр түрлі белгілер химиялық процестің белгілі бір ерекшеліктерінде, қасиеттерінде көрінеді. Химиялық процестерді зерттеудің негізгі мақсаты – реагенттердің өзгеру жылдамдығын анықтау мен жүру жағдайының кинетикаға әсерін зерттеу және процесс түрін, жоғарыда келтірілген сипаттамаларымен қоса анықтау. Сөйтіп, химиялық технологиядағы қабылданған процестерді қарапайым жіктеудің өзі күрделі. Өйткені, бұл өндірістегі қолданылатын әр түрлі химиялық-технологиялық процестерді талдаудағы жан-жақты көзқарасты көрсетеді.

3.3. Химиялық процестер стехиометриясы

Өндірісте химиялық-технологиялық процестердің негізіне жататын химиялық реакцияларды өрнектеу үшін, химияның негігі заңдары – стехиометрия заңдары мен химиялық тепе-теңдік және химиялық кинетика қолданылады.

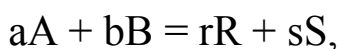
Стехиометрия – әрекеттесуші заттардың массалары немесе көлемдерінің ара қатынасы туралы ғылым. Стехиометрия негізіне – массаның сақталу, эквиваленттік, Авагадро, Гей-Люссак, құрам тұрақтылық, еселі қатынас заңдары жатады. Реакцияға қатысатын заттардың ара қатынасы стехиометриялық қатынаста болады. Химияда стехиометрия заңдары, заттардың формуласына байланысты

есептеулер мен алынатын реакция өнімдерінің теориялық мүмкін болатын массаларын анықтауда қолданылады.

Заттар әрекеттесуге, стехиометриялық теңдеулермен өрнектелетін белгілі бір қатынаста түседі. Реакция жүргенде, яғни химиялық айналым нәтижесінде стехиометриялық теңдеулермен, әрекеттесуші қоспалар құрамының сандық және сапалық өзгерісін анықтайды.

Стехиометриялық теңдеулер – химиялық әрекеттесуге заттар қандай қатынаста түсетінін көрсететін теңдеулер.

Реакцияның стехиометриялық теңдеуі, массалардың сақталу заңы негізінде жазылады. Реакцияның сол жағында реагенттер, оң жағында өнімдер:



алгебралық ережеге сәйкес: $-aA - bB + rR + sS = 0$

немесе жалпы түрде, $\sum_{i=1}^m j_i J_i = 0$.

Мұндай жазуда стехиометриялық коэффициенттің j_i белгісі – берілген заттың реагент (онда стехиометриялық коэффициент теріс, $j_i < 0$) немесе реакция өнімі (онда, $j_i > 0$) болатынын анықтауға мүмкіндік береді. Егер n тәуелсіз тізбекті немесе параллель сатылардан тұратын күрделі реакция болса, онда реакцияның стехиометриясы келесі, n типті теңдеулерден тұратын жүйемен өрнектеледі:

$$\sum_{i=1}^m j_{1i} J_i = 0;$$

$$\sum_{i=1}^m j_{2i} J_i = 0;$$

$$\sum_{i=1}^m j_{ni} J_i = 0.$$

Алгебралық ережеге сәйкес әрбір теңдеуді кез келген тұрақтыға (0-ден басқа) көбейтсе, бұл теңдеулердің мағынасы өзгермейді.

Егер реакцияға қатысатын бастапқы заттардың мөлшерін n_{A_0} , n_{B_0} , n_{R_0} , ал ағымдағы мөлшерін n_A , n_B , n_R құраса, онда кез келген уақыт кезеңінде стехиометриялық ара қатынас былай жазылады:

$$\frac{|\Delta n_A|}{a} = \frac{|\Delta n_B|}{b} = \frac{|\Delta n_R|}{r},$$

бұдан шығатын басқа ара қатынастар стехиометриялық баланс – деп аталады, ол келесі түрде беріледі:

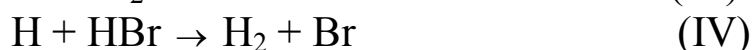
$$n_A + n_R = n_{A_0} + n_{R_0} ;$$

$$2 n_B - n_A + 2 n_{B_0} - n_{A_0} ;$$

$$n_R = n_{R_0} + n_{A_0} - n_A ;$$

$$n_R = n_{R_0} + 2(n_{B_0} - n_B), \text{ т.б.}$$

Стехиометриялық есептеулер мен стехиометриялық баланс құруда, реакцияның қайтымды немесе қайтымсыз болуы маңызды емес. Стехиометриялық есептеулерді, реакция соңына дейін жүреді деп болжау арқылы жүргізеді. Стехиометриялық баланс – күрделі көп сатылы реакциялар жүргенде тәуелсіз реакциялардың санын анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай реакциялардың жүру механизмін талдағанда тәуелсіз реакцияларды бөліп көрсету маңызды. Мысал ретінде, бром мен сутектен бромсутектің түзілу процесінің көп сатылы механизмін қарастырайық:



Берілген сызба-нұсқаға сәйкес реакция бес сатыдан тұрады. Бірақ, бұл сызба-нұсқада екі жұп, реакциялар типті стехиометриялық тендеуге сәйкес бір реакция болып саналады. Мұндай реакциялар жұбына (I), (V) және (II) жатады. (V) реакцияның стехиометриялық тендеуі (I) реакцияның стехиометриялық тендеуін «-1» көбейткішіне көбейту арқылы алуға болады.

Келесі белгілеулерді енгізейік:

$$J_1 \equiv \text{Br}_2, \quad J_2 \equiv \text{Br}, \quad J_3 \equiv \text{H}_2, \quad J_4 \equiv \text{H}, \quad J_5 \equiv \text{HBr}$$

Сонда, берілген стехиометриялық тендеулердің жүйесін мына түрде жазуға болады:

$$\begin{aligned} -J_1 + 2J_2 &= 0 \\ -J_2 - J_3 + J_4 + J_5 &= 0 \\ -J_1 + J_2 - J_4 + J_5 &= 0 \\ J_2 + J_3 - J_4 - J_5 &= 0 \end{aligned}$$

$$J_1 - 2 J_2 = 0$$

Стехиометриялық коэффициенттерді бөліп, оларды k - қатармен i - бағанада j_{ki} коэффициентімен жазған қолайлы:

-1	2	0	0	0
0	-1 -1	-1	1	1
-1	1	0	-1	1
0	1	1	-1	-1
1	- 2	0	0	0

Оң мәнге келтіру үшін бірінші бағанадан, коэффициенті нөлге тең емес бірінші қатарды алады (келтірілген мысалда бұл бірінші қатар) және оны осы қатарға бөледі (мысалда ол -1-ге тең). Егер $j_{11} \neq 0$ болса, жалпы түрде матрицаның бірінші қатары былай жазылады:

$$1 \quad j_{12}/j_{11} \quad \dots \quad j_{18}/j_{11}.$$

Келтірілген мысал үшін:

$$1 \quad -2 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

Осы қатарды қолданып, қалған қатарда бірінші бағананың барлық элементтері 0-ге айналуға ұмтылу керек. Ол үшін i қатардан бірінші j_{i1} қатарды алып тастау керек:

$$0 \quad j_{i2} - j_{12}j_{12}/j_{11} \quad \dots \quad j_{is} - j_{1s}j_{11}/j_{11}$$

Келтірілген мысалдан алынатыны:

$$\begin{array}{ccccc} 1 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0. \end{array}$$

Енді бірінші қатар мен бағанаға көңіл аудармай, осындай түрлендірулерді қалған матрицамен (төрт қатар мен төрт бағанадан) жүргізеді:

1	-2	0	0	0
0	-1	-1	1	1
0	-1	0	-1	1
0	1	1	-1	-1
0	0	0	0	0.

Тура осындай түрлендірулерден кейін алынатыны:

1	-2	0	0	0
0	1	1	-1	-1
0	0	1	-2	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.

Егерде үш қатармен үш бағанадан тұратын жаңа матрицаны бөлсе:

1	-2	0	0	0
0	1	1	-1	-1
0	0	1	-2	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.

онда осындай түрлендірулер жүргізуге қатар қалмайды. Реакцияның жалпы санынан бірыңғай 0-ден тұратын қатардың санын алып тастағанда, тәуелсіз реакциялардың саны анықталады. Келтірілген мысалда мұндай реакциялар саны үшке тең. Жүргізілген түрлендірулерден кейін соңғы матрицадан анықталған реакциялар:

$$\begin{array}{rcl}
 -J_1 + 2J_2 & & =0 \\
 J_2 + J_3 - J_4 - J_5 & & =0 \\
 J_3 - J_4 & & =0
 \end{array}$$

Қорытынды реакция – бұл үш реакцияға тәуелсіз, өйткені бірінші реакцияны екі еселенген екінші реакциямен қосып, $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \leftrightarrow 2\text{HBr}$ үшінші реакцияны алып тастағанда, қосынды реакция алынады: $J_1 + J_3 - 2J_5 = 0$.

Осыдан, стехиометриялық баланс талдауы – химиялық-технологиялық процестің жұмсалып кеткен коэффициентін, алынатын өнімдердің мүмкін болатын мөлшерін, т.б. реакция тендеулері бойынша сандық есептеулер жүргізуге ғана қажет емес. Сонымен бірге, реакцияның механизмін талдаумен қатар, термодинамикалық және кинетикалық есептеулер жүргізу үшін де маңызды.

3.4. Технологиялық процестердегі тепе-теңдік

Кез келген химиялық-технологиялық процесс негізіне, заттың химиялық өзгерісі – *химиялық реакция* жатады. Теория бойынша барлық реакциялар қайтымды, яғни шарттарға байланысты түзу бағытта да, кері бағытта да жүреді. Бірақ, олардың көпшілігінде тепе-теңдік реакция өнімдері жағына толық ығысқан, ал кері реакция – іс жүзінде жүрмейді. Сондықтан, технологиялық процестерді қайтымды және қайтымсыз деп бөледі. Қайтымсыз процестер – тек бір бағытта ғана жүреді.

Барлық қайтымды процестер тепе-теңдікке ұмтылады, оған жеткенде тура және кері процестердің жылдамдықтары теңеседі. Нәтижесінде процесс өту шарттары өзгермейінше, жүйеде әрекеттесетін реакцияға қатысушылардың қатынастары тұрақты күйде болады. Температура, қысым, реакцияға қатысушы заттар концентрациясы сияқты, технологиялық көрсеткіштер өзгергенде тепе-теңдік бұзылып, процесс қайтадан тепе-теңдік орнағанша бір бағытта жүреді. Тепе-теңдік күйінің мөлшері, массалардың әрекеттесу заңымен өрнектеледі (МЭЗ): тұрақты температурада және тепе-теңдікте реакция өнімдерінің өзгеруінің массалар көбейтіндісін, бастапқы заттардың массалар көбейтіндісіне қатынасы тұрақты шама, ол – *тепе-теңдік тұрақтысы* (K) деп аталады.

Тепе-теңдік тұрақтысын есептегенде құрастырушылардың парциалды қысымдарын (p_i), концентрацияларын (C_i) немесе мольдер санын (N_i) қолдануға болады. Осыған сәйкес K_p , K_C және K_N

табылады. Мысал ретінде, синтездеу реакциясының тепе-теңдік тұрақтылары үшін өрнектерді қарастырайық:



мұндағы a, b, d – стехиометриялық коэффициенттер; ΔH – тұрақты қысымдағы реакцияның жылу эффектiсi ($-q_p = -\Delta H$). Бұл тектес реакцияны модель ретінде қарастыруға болады, өйткені оған SO_2 мен CO тотығуы; көптеген газдардың ($\text{SO}_3, \text{SO}_2, \text{CO}_2$) сумен абсорбциясы; NH_3 пен HCl синтезі; спирт, жоғары молекулалы қосылыстар алу сияқты процестер жатады.

Егер A, B және D – газдар болса, онда:

$$K_p = \frac{p_D^{*d}}{p_A^{*a} \cdot p_B^{*b}} = T = \text{const} ; \quad (3.1)$$

мұндағы p_i^* – i – құрастырушының тепе-теңдік парциалдық қысымдары.

Егер әрекеттесуші заттар массасының орнына тепе-теңдік концентрацияларын алсақ, онда:

$$K_c = \frac{[D]^{*d}}{[A]^{*a} \cdot [B]^{*b}} ; \quad (3.1,a)$$

ал егер тепе-теңдік мольдер санымен болса, онда:

$$K_N = \frac{N_D^{*d}}{N_A^{*a} \cdot N_B^{*b}} . \quad (3.1,b)$$

Тепе-теңдік тұрақтылары K_p, K_c және K_N өзара қарапайым қатынастармен байланысты:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad (3.2)$$

$$K_p = K_N \cdot P^{\Delta n} \quad (3.2,a)$$

мұндағы T – абсолюттік температура; R – молярлық газ тұрақтысы; P – газ қоспасының жалпы қысымы; Δn – реакция қатысушы газ тәрізді заттардың моль санының өзгеруін көрсетеді.

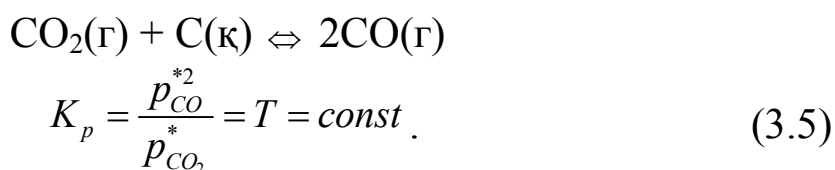
Сөйтіп, (3.0) реакциясы үшін

$$\Delta n = d - (a + b). \quad (3.3)$$

Егер реакцияға қатысушы заттардың біреуі артық (мысалы, гидролизде су концентрациясы, ауаны күйдіруде оттегінің парциалдық қысымы, т.с.с.) алынса, онда бұл артық құрастырушының концентрациясын (парциалдық қысым) – тұрақты шама деп есептеуге болады. Олай болса, тепе-теңдік тұрақтысы үшін, мысалы (3.0) модельді реакция үшін B компоненті артық болса, төмендегідей түрде болады:

$$K_p' = K_p \cdot p_B^{-b} = \frac{p_D^{*d}}{p_A^{*a}} = T = const. \quad (3.4)$$

Осы тәрізді пікірлер гетерогенді тепе-теңдік үшін де орындалады. Гетерогенді жүйелерде заттың өзімен-өзі әрекеттесуі мүмкін немесе энергияның бір фазадан, екіншіге екі бағытта өтуі мүмкін процестерді – *қайтымды* деп атайды. Барлық гетерогенді әрекеттесулер, фазалардың шекарасында жүреді. Сондықтан, кейбір гетерогенді өзгерісте қатты фазада болғанда, оның бетінің “концентрациясы” ғана іс жүзінде нәтижеге енеді. Мысалы, мына реакция үшін



Тепе-теңдік тұрақтысын тәжірибелік мәліметтер бойынша, немесе, жиірек, химиялық теңдеу (3.2)-ні пайдаланып есептейді:

$$\Delta G_T^0 = -RT \ln K_p; \quad (3.6)$$

немесе

$$\Delta F_T^0 = -RT \ln K_c; \quad (3.7)$$

мұндағы ΔG_T^0 және ΔF_T^0 – тұрақты қысым мен көлемге сәйкес еркін энергия немесе изохорлы-изотермиялық потенциалдар.

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T\Delta S_T^0, \quad (3.8)$$

болғандықтан, мұндағы ΔS_T^0 – химиялық өзгеріс барысында жүйенің энтропиясының өзгеруі, онда, (3.6) және (3.8) теңдеулерін қоса шешіп, мынадай өрнек аламыз,

$$\lg K_p = \frac{T\Delta S_T^0 - \Delta H_T^0}{19,1T}; \quad (3.9)$$

мұнда $19,1 = R \cdot 2,3 = 8,31 \cdot 2,3$.

Химиялық өзгерістердің көптеген сандары үшін стандартты жағдайлардағы тепе-теңдік тұрақтылары анықтамалықтарда кесте немесе номограммалар түрінде беріледі.

Технологиялық реттің негізгі көрсеткіштерінің тепе-теңдікке әсері, термодинамиканың екінші заңын өрнектейтін Ле-Шателье принципімен анықталады. Ле-Шателье принципі бойынша, сыртқы әсермен тепе-теңдіктен ауытқыған жүйеде, оны жаңа тепе-теңдік күйге алып келуге ұмтылатын өзгерістер өздігінен жүреді.

Ле-Шателье принципін (3.0) тепе-теңдігіне қолдануын қарастырайық. Бұл реакциядағы барлық реакцияға қатысушылар газ тәрізді және $\Delta n < 0$, яғни ол газ көлемінің азаюымен жүреді делік. Тепе-теңдікті ығыстыруға қатысты сыртқы факторлар қатарына: 1) реакцияға қатысушы заттар концентрациясы; 2) температура; 3) қысым жатады.

Концентрация – массалар әрекеттесу заңына сәйкес әсер етеді, яғни тепе-теңдік тұрақтылары үшін өрнектерге (3.1) немесе (3.2) сәйкес. Тепе-теңдікті оңға қарай ығыстыру үшін, реакция өнімі D концентрациясын азайту керек. Ал өзгерудің тепе-теңдік дәрежесін жоғарылату үшін бастапқы заттың концентрациясын көбейту керек.

3.5. Химиялық-технологиялық процестердің термодинамикасы мен кинетикасы

3.5.1. Химиялық өзгерістер термодинамикасы

Технологиялық процестерді жобалағанда химиялық реакциялардың термодинамикалық есептеулері өте маңызды. Олар берілген химиялық өзгерістің жүру мүмкіндігін, процесті жүргізу жағдайын алдын ала таңдауға, өнімнің тепе-теңдік құрамын анықтауға, бастапқы заттардың өзгеру дәрежесі мен өнім шығымдарын теориялық есептеуде, энергетикалық байланысты құруға және энергетикалық шығымды анықтауға қажетті энергетикалық эффектілерді (реакция жылуы, агрегаттық күйдің өзгеру жылуы, т.б.) есептеуге мүмкіндік береді. *Термодинамика* – энергияның түрленуі туралы ғылым. Энергия ұғымы, материя қозғалысынан бөлінбейді. Қозғалыс – материямен байланысты, яғни оның өмір сүру түрі, ал энергия – материя қозғалысының өлшемі. Материяның түрлі қозғалысының, осы қозғалыстың мөлшерін сақтай отырып өзара өзгеруі – энергияның сақталу мен өзгеру заңының негізі болып табылады. Термодинамиканың маңызды ұғымдары – «процестің жылуы және жұмыс». Жылудың – жұмысқа немесе жұмыстың – жылуға түрленуі, термодинамикалық процесте жұмысшы дене арқылы жүзеге асырылады. Егерде жүйенің барлық бөлігінде қасиеті бірдей болса, онда термодинамикалық жүйе – *біртекті* деп аталады. Қарастырылатын жағдайда термодинамикалық жүйенің физикалық қасиетінің жиынтығы –

жүйе күйі деп аталады. Термодинамикалық жүйенің күйін сипаттайтын шамаларды – *термодинамикалық параметрлер (көрсеткіштер)* деп атайды. Термодинамикалық параметрлерге: температура, қысым, меншікті көлем, тығыздық, молярлық көлем, меншікті ішкі энергия, т.б. жатады. Термодинамикалық параметрлер – *экстенсивті* және *интенсивті* деп бөлінеді. Қарастырылатын термодинамикалық жүйенің массаға немесе зат мөлшеріне пропорционал шамалары – *экстенсивті* деп аталады. Оларға – көлем, ішкі энергия, энтропия, энтальпия, т.б. жатады. Экстенсивті параметрлер, аддитивті қасиетке ие. Интенсивті шамалар термодинамикалық жүйенің массасына тәуелсіз, олар тек қана күйдің термодинамикалық параметрлері болып саналады. Оларға – температура, қысым, бірлік масса, көлем немесе зат мөлшеріне келтірілген экстенсивті шамалар жатады. Химиялық-технологиялық процестерді жылдамдату үшін интенсивті параметрлердің өзгеруін, интенсивтендіру (қарқындылық) деп атайды.

Тепе-теңдік күйдегі температура әсері реакцияның жылу эффектісінің белгісімен анықталады. Егер $\Delta H > 0$ (эндотермиялық өзгеріс) болса, онда температураның жоғарылауы, тепе-теңдік тұрақтысының көбеюіне алып келеді, яғни тепе-теңдік тура бағытқа ығысады. Егер $\Delta H < 0$ (экзотермиялық процестер) болса, онда температура өсуімен, K_p азаяды, бұл – тепе-теңдіктің бастапқы заттар бағытына ығысуын көрсетеді.

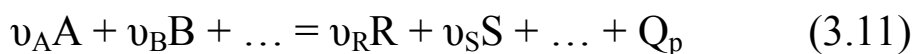
Реакцияның жылу эффектісі. Әрекеттесуші қоспалардың химиялық құрамының өзгеруі, оның жылу құраушысының ΔH_T өзгерісіне әкеледі. Оны компоненттердің түзілу энтальпиясы (ΔH_T) түзілу арқылы есептеуге болады :

$$\Delta H_T = \sum v_i (\Delta H_T)_{\text{түзілу}} \quad (3.10)$$

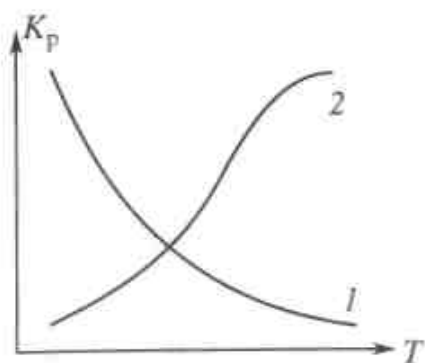
Егер өнімдердің түзілу энтальпиясы бастапқы заттардың түзілу энтальпиясынан аз болса ($\Delta H_T < 0$), онда жылу бөлінеді: $Q_p = - \Delta H_T$ ол реакция жылуы деп аталады. Егер химиялық өзгерістерде жылу мөлшері қоспада өссе $\Delta H_T > 0$, онда жылу сіңіріледі.

ΔH (немесе Q) таңбасына қарай реакциялар – *экзотермиялық* және *эндотермиялық* болып бөлінеді. Реакцияның жылу эффектісі

термохимиялық теңдеулермен өрнектеледі, онда стехиометриялық теңдеулерде жылу нәтижелерін көрсетуге болады:



(3.11) теңдеудегі Q_p мәні химиялық теңдеудің жылуына байланысты. Мысалы, $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ реакцияның жылу эффектісі дәл сол реакцияға арналып басқаша жазылған, $0,5N_2 + 1,5H_2 = NH_3$ химиялық реакция теңдеуімен салыстырғанда екі есе көп. Сондықтан, анықтамалық әдебиеттерде Q_p мәні теңдеулерде келтіріледі немесе 1 моль заттың энтальпия өзгерісін көрсетеді.



16-сурет. Экзотермиялық (1) және эндотермиялық (2) реакциялар үшін тепе-теңдік тұрақтысының K температура бойынша өзгерісі

16-суретте экзотермиялық (1) және эндотермиялық (2) реакциялар үшін тепе-теңдік тұрақтысының K температура бойынша өзгерісі келтірілген.

Жылу эффектісін білу, технологиялық процестердегі жылу құбылыстарын анықтау үшін қажет. Бөлінген немесе сіңірілген жылу мөлшері q_p өзгеріске ұшыраған зат мөлшеріне ΔN байланысты. Егер Q_p (3.11) теңдеуі бойынша өрнектелсе $q_p = Q_p \cdot \Delta N / \nu_A$

Q_p -дің таңбасына байланысты жылу, процестің жүруіне байланысты бөлінеді немесе сіңіріледі.

Химиялық өзгерістердің мүмкіндігі. Егер реакция химиялық потенциалдың немесе Гиббс энергиясының азаю бағытына қарай жүрсе, онда химиялық процесс іске асады яғни, реакцияның жүру мүмкіндігі төмендегі жағдайға байланысты анықталады:

$$\Delta G_{T,p} < 0 \text{ – реакция жүруі мүмкін.} \quad (3.12)$$

$$\Delta G_{T,p} > 0 \text{ – реакция жүруі мүмкін емес.}$$

$$\Delta G_{T,p} = 0 \text{ – реакциялық жүйе термодинамикалық тепе-теңдікте болады;}$$

мұндағы $\Delta G_{T,p}$ – Гиббс энергиясының өзгерісі.

Температура мен қысымға сәйкес бастапқы заттардың өнімге айналуы нәтижесінде, реакцияның Гиббс энергиясының өзгерісін теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$\Delta G^{\circ}_{298} = \sum \nu_i (\Delta G^{\circ}_{298})_{\text{түзілу}} \quad (3.13)$$

Заттардың стандартты температура 298К және $P = 1 \text{ атм}$ қысымда түзілуінің стандартты Гиббс энергиясының мәні, термодинамика бойынша анықтамалық әдебиеттерде келтіріледі. Ал стехиометриялық теңдеу – жазылған стандартты жағдайдағы сол зат мөлшері өзгерісіндегі Гиббс энергиясының өзгеруін көрсетеді. Мысалы $P_{H_2} = P_{N_2} = P_{NH_3} = 1 \text{ атм}$ қысымда, $T=298\text{К}$ шексіз үлкен мөлшерде H_2 , N_2 және NH_3 қоспасынан тұратынын дәлелдедік. Егер осы қоспадағы 1моль N_2 және 3моль H_2 (шексіз көп мөлшердегі қоспа құрамына бұл әсер етпейді), өзгеріске ұшыраса, онда Гиббс энергиясының өзгерісі (3.13) теңдеу бойынша есептелген шамаға тең болады. Ал стандарттан ауытқитын жағдайда Гиббс энергиясының температураға байланысын есептеу үшін

$$\Delta G^{\circ}_T = \Delta H^{\circ}_T - T\Delta S \quad (3.14)$$

мұндағы ΔH°_T , ΔS – стандартты қысымдағы энтальпия мен энтропия өзгерісі.

Гиббс энергиясының реакциялық қоспаның құрамына байланысты өзгерісін Вант-Гофф ережесі өрнектейді:

$$\Delta G_{P,T} = G^{\circ}_T + R T \ln \prod_i C_i^{\nu_i}$$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы, $8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$, Π – туынды белгісі, C_i – компоненттер концентрациясы, ν_i – алгебралық түрдегі реакция теңдеуінің стехиометриялық коэффициенттері.

$\Delta G_{T,P} < 0$; $\Delta G_{T,P} > 0$; $\Delta G_{T,P} = 0$ – жағдайларын пайдалану, қажетті өнім алу мүмкіндігін анықтайды, яғни өндірістің жаңа әдісін жасау осыдан басталады.

Басқа жолы – қажетсіз реакцияларды жүргізбеу және жаңа мүмкіндіктерді қарастыру үшін қажет. Мысалы, метанның өндірістік реактордағы конверсиясы тепе-теңдікке жақын жағдайда.

Қысым тепе-теңдікке, тек қана реакцияға газ тәрізді заттар қатысып, $\Delta n \neq 0$ болмаса ғана әсер етеді. Егер көлем мен температура жүйеде тұрақты болса, онда

$$V\Delta P = \Delta nRT \quad (3.15)$$

яғни,

$$\Delta P \approx \Delta n \quad (3.16)$$

Егер $\Delta n > 0$, онда қысымның жоғарылауы тепе-теңдікті бастапқы заттар жағына ығыстырады. Яғни, тепе-теңдіктің орнау тұрақтысы (x_p) төмендейді, егер $\Delta n < 0$, онда қысым жоғарылауы (x_p) көбеюіне апарады.

Ле-Шателье принципін, газ қоспадағы құрастырушылардың біріне – сұйық абсорбциясының экзотермиялық процесіне қолдансақ, температура төмендеп, жалпы қысым жоғарылағанда, сонымен бірге сұйық фазадағы сіңірілген заттың концентрациясы азайғанда, газ компоненттерінің абсорбциясының тепе-теңдік дәрежесінің өскенін байқауға болады. Сіңірілген заттың концентрациясын азайтуға, абсорбция аймағынан өнімді қатты кристалдар түрінде бөліп шығарумен жетуге болады.

Қатты заттардың ерігіштігі, еру процесінің жылу эффектісіне байланысты. Егер ол эндотермиялық болса, онда температура өскен сайын Ле-Шателье принципі бойынша, олардың ерігіштігі артады.

Процесс жылдамдығы мен оның өту шамасының ең қарапайым көрсеткіші – *өнім шығысы* болып табылады. Оны гетерогенді процестерде қолданғанда, бір фазадан – екінші құраушыны *шығару дәрежесі* деп атайды; кейде, гетерогенді процестің “*пайдалы әсер коэффициенті*” (ПӘК) деген көрсеткішті де пайдаланады.

Өнім шығысын шарттарға байланысты өзгеріс дәрежесімен, тепе-теңдіктің орнауы шығыспен, нақты шығыспен өрнектеледі.

Өзгеріс дәрежесі немесе *конверсия дәрежесі* деп – нақты алынған өнімнің берілген бастапқы заттан алуға болатын ең көп немесе теориялық мөлшерге (G_m) қатынасын айтады, яғни:

$$x = \frac{G_\phi}{G_m} \quad (3.17)$$

Химиялық реакциялар үшін өнімнің ең көп мөлшері стехиометриялық қатынаста болады. Яғни, жетіспейтін бастапқы заттың мөлшерін есепке алумен, реакция теңдеуі бойынша анықталады. Фазааралық масса алмасу процестері (сорбция, десорбция, булану, конденсация, т.б.) үшін ең көп мөлшер ретінде беретін фазадағы өнімнің барлық мөлшерін (мысалы, абсорбцияда – газды) қабылдайды. Химиялық реакцияларға байланысты өзгеріс дәрежесін көбіне нақты өнімге айналған негізгі, бастапқы зат

мөлшерінің, оның жалпы мөлшеріне қатынасымен анықтайды. Егер (3.17) формуласына G_{ϕ} орнына тепе-теңдік кезінде алынған өнім мөлшерін G_p қойсақ, онда өнім шығысын химиялық реакцияның тепе-теңдік тұрақтысы x_p деп атайды:

$$x_p = \frac{G_p}{G_m} \quad (3.18)$$

Қайтымсыз процестер үшін $x_p=1$, қайтымды процестер үшін тепе-теңдік шығыс пен өзгерістің тепе-теңдік дәрежесі, әрдайым бірден аз ($x_p < 1$). Өйткені тепе-теңдік, реакцияға қатысушы заттар толық реакция өнімдеріне айналмағанда орнайды.

Әдетте, тепе-теңдік шығысты белгілі тепе-теңдік тұрақтысы бойынша анықтайды. Әрбір нақты жағдайда ол белгілі бір қатынастарға байланысты өзгереді. Мысалы, $A + B \rightleftharpoons D$ (мысалы, $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$) түрдегі реакция үшін

$$K_p = \frac{p_D^*}{(p_A^* \cdot p_B^*)} \quad (3.19)$$

Егер қоспаның жалпы қысымы P болса, онда қоспадағы әрбір құрастырушының үлесі p_A/P , p_B/P және p_D/P . Тепе-теңдік күйде соңғы өнімнің тепе-теңдік үлесі (өзгерістің тепе-теңдік дәрежесі) $p_D^*/P = x_p$, ал бастапқы заттардың стехиометриялық құрамы қоспа үшін – $p_A^*/P = p_B^*/P = 1/2(1 - x_p)$. Парциалдық қысымдар мәндерін (3.14)-ке қойып, K_p -ны табамыз

$$K_p = \frac{4x_p}{(1 - x_p)^2 P}; \quad (3.20)$$

яғни, қысымның өсуімен өзгерістің тепе-теңдік дәрежесі өсіп, тепе-теңдік тұрақтысы өзгеріссіз шама болып қалады.

Осы сияқты $A + B \rightleftharpoons 2D$ (мысалы, $Cl_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HCl$) түріндегі реакция үшін де көрсетуге болады:

$$K_p = \frac{4x_p^2}{(1 - x_p)^2}. \quad (3.21)$$

Шығымды көбейту тәсілдері. Қайтымды процестерде температура, қысым, концентрация сияқты факторлар әсерімен реакцияның тепе-теңдігін ығыстыру арқылы өнім шығысын өзгертуге болады.

(3.20) және (3.21) теңдеулерінен көрінгендей, бірінші жағдайда реакция көлем азаюымен өтеді және Ле-Шателье принципіне сәйкес қысымның жоғарылауымен, өзгеріс дәрежесі көбейеді. Ал екінші жағдайда, реакциялық қоспаның көлемі өзгермейді және өнім шығысы қысымға байланысты емес.

Температураның тепе-теңдік орнауына әсері, тепе-теңдік тұрақтылық шамасы сияқты, реакцияның жылу эффектісінің белгісімен анықталады.

Концентрацияның шығысқа әсерін бағалау үшін, теориялық немесе нақты шығысы x_ϕ деп аталатын шығымды пайдаланған қолайлы. Ол қайтымды технологиялық процесті, оның жылдамдық шамасы болып, өте дәл сипаттайды.

Нақты шығым деп – нақты алынған өнімнің (G_ϕ) оның тепе-теңдік күйде алынатын мөлшеріне (G_p) қатынасын айтады. Шығысты бірлік үлес немесе пайызбен өрнектейді:

$$x_\phi = \frac{G_\phi}{G_p} \cdot 100 = \frac{G_\phi}{G_m \cdot x_p} \cdot 100. \quad (3.22)$$

Өнім шығысын немесе өзгеріс дәрежесін, әр түрлі өзгерістерге ұшыраған барлық бастапқы заттар және реакцияға қатысушы заттың біреуі бойынша да есептеуге болады.

Қайтымсыз реакция үшін өзгеріс дәрежесін немесе теориялық шығыстың есептелуін қарастыралық:



1. Егер бастапқы заттар А және В стехиометриялық қатынастарда алынса, онда өзгеріс дәрежесі:

$$x = x_\phi = \frac{G_{D_\phi}}{G_A + G_B} = \frac{G_{D_\phi}}{G_{A_0} + G_{B_0} + G_{D_\phi}}; \quad (3.23)$$

мұндағы G_A және G_B – бастапқы заттардың мөлшері; G_{A_0} және G_{B_0} – реакциядан соң реакциялық қоспада қалған бастапқы заттардың мөлшері, яғни аппараттан шығардағы мөлшері; G_{D_ϕ} – алынған өнімнің мөлшері.

Бірақ газ немесе сұйық гомогенді жүйелерде x_ϕ есептеу үшін реагенттердің массалық мөлшерлерін білу міндетті емес, қалған бастапқы заттар мен пайда болған қоспадағы өнімдердің концентрацияларын пайдаланса да болады. Берілген көлемде (9) кез

келген заттың мөлшері (G), осы зат концентрациясы (C) мен көлемінің (ϑ) көбейтіндісіне тең, яғни

$$G_{A_0} = C_{A_0} \cdot \vartheta, G_{B_0} = C_{B_0} \cdot \vartheta, G_{D_\phi} = C_{D_\phi} \cdot \vartheta$$

Сонымен, реакцияға қатысушы заттардың концентрациясын (C_{A_0}) және (C_{B_0}), алынған өнімнің (C_{D_ϕ}) аппараттан шығардағы концентрациясын өлшеп, өзгеріс дәрежесін массалық концентрациялар қатынасы ретінде қарауға болады:

$$x_\phi = \frac{C_{D_\phi}}{C_{A_0} + C_{B_0} + C_{D_\phi}} \quad (3.24)$$

2. Егер қайтымсыз реакцияда (в), мысалы А, заттың теория жүзіндегі шығысымен салыстырғанда, бір зат артық алынды делік, онда басқа бірдей жағдайда В затының шығысы көбейеді, ал А заты бойынша азаяды. Инженерлік практикада, реакцияға қатысушы екі заттың біреуі қымбат немесе қол жетімсіз, ал басқасы – арзан әрі жеңіл табылатын болса, осы қасиетті пайдаланады. Арзан заттың реакция зонасында концентрациясын көбейтумен, қымбат заттың толық іске пайдалануына жетеді, яғни қымбат зат бойынша дайын өнім шығысын көтереді. А және В бойынша (в) реакциясы үшін шығыс мынадай теңдеулермен есептеледі:

$$x_A = x_{\phi_A} = \frac{G_{D_\phi}}{G'_A + G'_B} \text{ және } x_B = x_{\phi_B} = \frac{G_{D_\phi}}{G'_A + G'_B} \quad (3.25)$$

мұндағы G'_B – А затының нақты шығыны негізінде, стехиометриялық қатынас бойынша есептелген; G'_A – В затының нақты мөлшері бойынша есептелген.

Егер газды фазадағы синтез реакциясы қарастырылса, онда массалық мөлшерлер орнына (3.25) формуласында, сәйкес газдардың парциалдық қысымдарын немесе көлемдік концентрацияларын қояды.

3. Қайтымды реакция үшін:



реакцияға қатысушы заттардың стехиометриялық қатынасы бойынша теориялықтан шығыс – өзгеріс дәрежесінен көп, себебі тепе-теңдік күйде өнім мөлшері

$$C_{D_p} < G_A + G_B$$

$$x_{\phi} = \frac{G_{D_{\phi}}}{G_{D_p}} = \frac{G_{D_{\phi}}}{(G_A + G_B)x_p}. \quad (3.26)$$

Осылай кез келген түрдегі реакция бойынша шығысты анықтау үшін тендеу табуға болады. Шығыс өте көп көрсеткіштерге байланысты, яғни көп айнымалылардың сызықсыз функциясы болады:

$$x = f(T, P, \tau, C_A, C_B, C_D, \dots). \quad (3.27)$$

Сондықтан шығысты теориялық жолмен анықтау қиын. Дайын өнім шығысын тәжірибе мәліметтері негізінде есептеп, бұл шаманы әр түрлі технологиялық сұлбалар бойынша не түрлі кәсіпорындарда жүргізілетін бірдей бірнеше өндірістерді салыстырмалы түрде бағалау үшін пайдаланады.

Дайын өнім шығысы, шығын коэффициенттері (яғни, дайын өнімнің масса бірлігіндегі шикізат шығыны) және өнімнің бағасымен қатар, әрбір технологиялық процестің жетілдіру дәрежесін сипаттайды және соның негізінде оның экономикасын айқындайды. Шығыс бірлікке жақын, шығын коэффициенттері стехиометриялыққа жақындаған сайын, өндіріс жетілдіріліп ұйымдастырылған, әрі оның экономикалық көрсеткіштері жоғары деп есептелінеді.

Кинетикасы әлі жеткілікті зерттелмеген өндірістік процестер үшін өнім шығысы, процесс жылдамдығы мен оның толық өтуінің жалғыз көрсеткіші болып есептеледі.

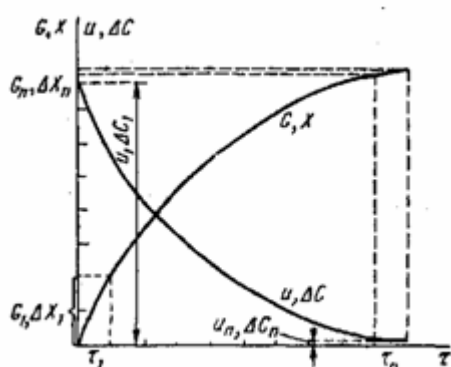
3.6. Технологиялық процестер жылдамдығы

Технологиялық процесс жылдамдығы – аппараттардың өнімділігі мен технологиялық схемадағы олардың санын анықтайды. Технологиялық процесс жылдамдығы – тура, кері және қосымша реакция жылдамдықтары қосындысымен, бастапқы заттардың реакция зонасына және химиялық өзгеріс өнімдерінің реакциялық зонадағы диффузия жылдамдығы, сонымен бірге әрекеттесуші заттарға жылу беру (алу) қарқындылығымен есептеледі. Жылу және диффузиялық құрастырушылар тиімділігі – негізінен, берілген технологиялық процесте жүргізілетін реактордың түрі және құрылымымен анықталады. Технологиялық процесс жылдамдығы – реакцияға қатысушы заттардың табиғатымен, температурамен, қолданылатын катализатор, т.б. байланысты химиялық реакция

жылдамдығынан жоғары бола алмайды, тек оған жақындауға ұмтылады. Жақындау деңгейі, негізінен аппарат құрылымымен анықталады.

Массалар әрекеттесу заңына сәйкес өзгеріс дәрежесі (шығыс), (x) және уақыт (τ) бойынша алынған өнімнің жалпы мөлшері (G), 17-суретте көрсетілгендей, логарифмдік қисықтың бойымен өсу бағытында өзгереді.

Төмендейтін қисық сызық жылдамдық (U) пен процестің қозғаушы күшінің (ΔC) уақыт бойынша өзгеруін көрсетеді. Пайда болатын өнімдердің мөлшерлері (G_1) және (G_2), ал сәйкес процестің



17-сурет. Массалардың сақталу заңы бойынша процесс кинетикасы

($P, t = \text{const}$);

G – алынған өнімнің жалпы мөлшері; X – өнімнің шығымы;

U – процесс жылдамдығы;

ΔG – процестің қозғаушы күші;

басы мен соңында тең уақыт кезеңдерінде шығыс өсулері (Δx_1) және (Δx_i) бірнеше рет өзгереді. Процестің жалпы жылдамдығы басында U_1 тепе-теңдікке жақындағанда, өте аз шамаға U_i -ге дейін өзгереді. Әлбетте, тәжірибеде процесті мұндай аз жылдамдықпен жүргізу тиімсіз. Сондықтан, барлық қайырымды процестерді тепе-теңдіктен алыс жүргізуге тырысады. Іс жүзінде процесс жылдамдығын процестің жылдамдық тұрақтысы (K) арқылы немесе өнімнің нақты шығысы негізінде есептейді.

Егер процестің кинетикалық теңдеуі (жылдамдықтың негізгі формуласы) белгілі болса, онда реакторлар жұмысының қарқындылығын мөлшерлі бағалау және өндірістік процестерді технологиялық есептеу үшін, процесс жылдамдығының тұрақтысын (K -ны) пайдаланған жөн, гетерогенді процестерде ол – *масса алмасу коэффициенті* деп аталады. Масса алмасу коэффициенті әдетте, реакцияға қатысушы заттар шекарасының 1 м^2 бетінен 1 сағатта нақты және оның тепе-теңдік айырмасы $0,1\text{ МПа}$ -ға тең. ($1\text{ атм.} \approx 0,1\text{ МПа}$) кезде бір фазадан екіншіге өткен заттың (кг) мөлшерімен өлшенеді. Демек, өлшемі $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{Па})$ немесе $\text{кг} \cdot \text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{кг} = \text{м}/\text{сағ}$.

Процестің жылдамдық тұрақтысы уақытқа (τ) және реакцияға қатысушы заттардың концентрацияларына (C) байланысты емес, тек температураның (T) функциясы.

Процесс жылдамдығының негізгі формулалары. Технологиялық процестің жылдамдығын – жалпы түрде нысандалған өнімнің өсу мөлшерінің уақыты бойынша, оның концентрациясының азаю мөлшерінің немесе бастапқы заттардың біреуінің концентрациясының өзгеруімен сипаттауға болады. Мөлшерлерді көлем немесе масса бірліктерімен, ал концентрацияларды – үлес не пайызбен, көлем немесе масса бірлігіндегі мольдермен, парциалды қысымдармен белгілеуге болады. Жиі жылдамдықты математикалық өрнектеу үшін, өзгеру дәрежесінің (өнім шығысы) уақыт бойынша өзгеруін қолданады. Егер өнім мөлшері немесе оның концентрациясы уақыт бойынша түзу сызықты өзгерсе, бұл толық араласу шарттары үшін дәл шама, онда τ_1 -ден τ_2 уақытына дейін нысандалған өнімнің массалық өлшемі және оның концентрациясына сәйкес, G_1 -ден G_2 -ге дейін көбейеді. Онда процесс жылдамдығын былай қарастыруға болады:

$$U_G = \frac{G_2 - G_1}{\tau_2 - \tau_1} = \frac{\Delta G}{\Delta \tau} \text{ немесе } U_C = \frac{C_2 - C_1}{\tau_2 - \tau_1} = \frac{\Delta C}{\Delta \tau}. \quad (3.28)$$

Егер уақытты санау $\tau_0=0$ -ден басталып, ал $G_1=0$ және $C_1=0$ болса, онда $U_G = G/\tau$, $U_C = C/\tau$. Егер G және C уақыт бойынша өзгеруі түзу сызықты болмаса, процестің кез келген уақыттағы шын жылдамдығы төмендегідей анықталады:

$$U_G = \frac{dG}{d\tau} \text{ және } U_C = \frac{dC}{d\tau} \quad (3.29)$$

Процесс жылдамдығын сонымен қатар, түрлену дәрежесінің өзгеруімен (x) өрнектеуге де болады, яғни:

$$U = \frac{dx}{d\tau}. \quad (3.30)$$

Жоғарыда көрсетілгендей, процестің шын жылдамдығы үшін өрнек көп жағынан технологиялық процесс жүргізілетін реактордың түрімен айқындалады.

Процесс жылдамдығының негізгі формулаларын, жалпы түрде қарастырамыз.

1. Гомогенді және гетерогенді процестер үшін фазалардың жанасу беті белгісіз жағдайда

$$U = K \cdot \vartheta \cdot \Delta C \text{ немесе } U = K \cdot \Delta C. \quad (3.31)$$

2. Гетерогенді процестер үшін, яғни заттардың фазалық өту жағдайында, шекара бетінің мәні белгілі болса, процесс жылдамдығы жылу өту үшін Ньютон теңдеуі сияқты

$$U = K \cdot F \cdot \Delta C. \quad (3.32)$$

мұндағы K – процесс жылдамдығының тұрақтысы; ΔC – процестің қозғаушы күші; F – гетерогенді жүйедегі әрекеттесетін фазалардың жанасу беті; ϑ – реакциялық көлем.

Процестің тұрақтысы немесе коэффициенті өте күрделі шама. Ол тек әрекеттесетін заттардың химиялық қасиеттеріне ғана емес, олардың физикалық сипаттары, аппарат құрылымы, процесс жүруінің гидродинамикалық шарттарымен (ағындардың жылдамдығы, араластыру дәрежесі), әрекеттесетін заттар мен реакция өнімдерінің диффузиясымен байланысты. Егер диффузия өте тез жүріп, гомогенді процестерде жақсы араластыру нәтижесінде қорытынды жылдамдыққа әсер етпесе; гетерогенді жүйелерде диффузия, әдетте барлық процестің жалпы жылдамдығын анықтайтын, ең баяу сатысы болып есептеледі. Сондықтан, бұл жағдайда процесс жылдамдығы төмендегідей анықталады:

$$K = D/\delta \quad (3.33)$$

мұндағы D – диффузия коэффициенті; δ – көптеген айнымалыларға байланысты диффузиялық қабаттың қалыңдығы.

Егер процесс ауыспалы аймақта жүрсе, онда процесс тұрақтысымен диффузиялықта (D) та, кинетикалық та (K_1) кезеңдерді есептеу керек:

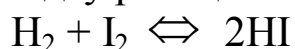
$$K = \frac{K_1 \cdot D/\delta}{K_1 + D/\delta} = \frac{K_1 \cdot D}{D + K_1/\delta} \quad (3.34)$$

яғни, процесте қосымша тежелулер пайда болады.

Сондықтан, технологтар гетерогенді жүйелердегі мүмкіндігіне қарай процестерді диффузиялық немесе ауыспалы аймақтардан, реагенттерді қарқынды араластыру әдістерін қолданып, кинетикалық аймаққа ауыстыруға тырысады.

(K) мәнін есептеу үшін тұрақты коэффициенттерді кейбір анықтамалықтардан табуға болады. Көп жағдайда K -ны анықтау үшін арнайы тәжірибелер жүргізу керек.

Процестің қозғаушы күші ΔC – гомогенді реакциялар үшін берілген осы уақытта әрекеттесуі, заттардың көбейтіндісі ретінде анықталады. Мысалы, синтездеу реакциясы үшін:



тура жүретін реакция жылдамдығын төмендегі формуламен өрнектеуге болады:

$$\overline{U}_1 = K_1 C_{\text{I}_2} \cdot C_{\text{H}_2} \quad (3.35)$$

мұндағы $C_{\text{I}_2}, C_{\text{H}_2}$ – I_2 мен H_2 газды қоспадағы концентрациялары;

$\overline{K}_1$ – тура реакцияның жылдамдық тұрақтысы.

Олай болса, синтез процесінің жылдамдығын мына түрде келтіруге болады:

$$U = \overline{U}_1 - \overline{U}_2 = K \Delta C \quad (3.36)$$

мұндағы $\Delta C = C_{\text{I}_2} \cdot C_{\text{H}_2}$ – процестің қозғаушы күші; K – диффузиялық тежеулер әсерінен $\overline{K}_1$ -ден мәні көп төмен болатын, процесс жылдамдығының тұрақтысы, $\overline{U}_2$ – кері реакцияның жылдамдығы.

Есептеу үшін, қозғаушы күш – әрекеттесуші заттардың бастапқы концентрациялары мен олардың түрлену дәрежесі арқылы өрнектеледі. Тепе-теңдік күйге жақындағанда қозғаушы күшті, әрекеттесуші заттардың толық концентрациялары бойынша емес, берілген құрамдастың нақты (C) және тепе-теңдік (C^*) концентрациялар айырмасымен есептейді, яғни $(C - C^*)^n$, ретінде, мұндағы n – реакцияның реттілігі.

Дәл осы мезеттегі процестің қозғаушы күші

$$\Delta C = C - C^* \quad (3.37)$$

ретіне есептеледі, мұндағы C – құрамдастың беруші фазадағы (мысалы, абсорбцияда газды фазада) нақты концентрациясы; C^* – беруші фазадағы тепе-теңдік концентрациясы (мысалы, абсорбцияда – ерітінді үстіндегі сіңірілетін құрамдастың парциалдық қысымы).

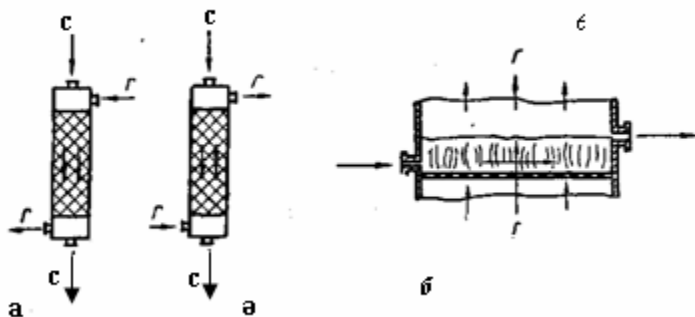
Процестің қозғаушы күшін анықтау үшін формуланың анық түрі аппарат құрылымына, нақты айтқанда, әрекеттесуші құрамдастардың араласуына байланысты. Егер араластырусыз (идеалды ығыстыру) немесе тым аз араластыру реакторлары да әрекеттесуші заттардың концентрациясы уақыт бойында логарифмдік заңдылықпен өзгерсе (17-сурет). Жақсы араластырылған аппараттарда (толық араласу), әрекеттеуші заттар және реакция өнімдерінің концентрациясы –

реакциялық кеңістіктің барлық нүктелерінде бірдей болуға жақын. Сондықтан (3.37) теңдеуін толық араластырғыш аппараттардағы қозғаушы күшті анықтауға қолдануға болады. (3.37) теңдеуімен идеалды ығыстырғыш аппараттардағы ΔC -ты есептеу мүмкін емес. Өйткені C мен C^* процесс бойы үздіксіз логарифмдік заңдылықпен өзгеріп отырады.

Құрам концентрациясының өзгеруі – бір бағытты, қарама-қарсы ағынды және айқас бағытты процестерде әр түрлі анықталады; процестің қозғаушы күшін анықтайтын формулалар да әр түрлі. Бір бағытты, айқас ағынды және қиылысу ағынды газды – сұйық гетерогенді жүйеде, аппараттағы әрекеттесуші фазалар қозғалыстарының бағыттары 18-суретте көрсетілген.

Бір және қарама-қарсы бағыттағы процестің қозғаушы күшінің өзгеру түрі (18,а,б-суретте бейнеленген). Бір бағытты қозғалыста процестің қозғаушы күші $\Delta C = C - C^*$ уақыт бойынша үздіксіз өзгереді, ол аппаратта реагенттердің бірігіп қозғалу жолының ұзындығымен анықталады. Бұл жағдай үшін ол мұнара насадкасының биіктігімен (уақыт биіктікке пропорционал) анықталады. Сонымен, процестің жылдамдығы да, аппараттың әр нүктелерінде әр түрлі. Қарама-қарсы бағытты қозғалыста процестің қозғаушы күші, оның барысында аз өзгереді. Егер бір бағытты қозғалыста ΔC бірдей мәндерінде процесс соңында $C_c^* < C_c$ болса, қарама-қарсы бағытта $C_c^* < C_k$, ал бұл – қарама-қарсы бағытта өнім шығымы едәуір көп болатынын көрсетеді.

18-сурет. Екі фазалық Г–С күйесіндегі ағындар қозғалысының бағыты:



а–насадкалы мұнарадағы түзу ағын; ә–насадкалы мұнарадағы қарама-қарсы ағын; б–газ ағынындағы қондырғы сөресінде қалқыған қабаттағы сұйық немесе қатты түйіршік материалдың қиылысу ағыны

Сондықтан, іс жүзінде процестерді қарама-қарсы бағытта жүргізуге ұмтылады. Мысалы, ұнталған қатты материал немесе

сұйықты олармен әрекеттесетін газ ағынында шашу – ылғи бір бағытты ағында өткізіледі, бірақ бұл кезде ең үлкен жанасу беті қамтамасыз етіледі. Мұндай процесс мысалдарын күкірт қышқылы өндірісін, мұнай өнімдері кренингін, т.б. зерделегенде кездеседі. Өртке қауіпті материалдарды кептіргенде де, бір бағытты кептіру аппараттарында өткізеді. Себебі, қарама-қарсы бағытта кептірілген материал ыстық газдармен жанасады, ал бұл өрт немесе жарылысқа алып келуі мүмкін.

18-суретте көрсетілгендей, бір және қарама-қарсы бағытты ағында әрекеттесуші заттар концентрациясы, процесс барысында логарифмдік қисықтармен өзгереді. Процестің орташа қозғаушы күші $\Delta C_{\text{орт.}}$ сәйкес, бастапқы ΔC_{δ} және соңғы ΔC_c қозғаушы күштердің орташа логарифмі ретінде есептеледі:

$$\Delta C_{\text{оп}} = \frac{\Delta C_{\delta} - \Delta C_c}{2,3 \lg \frac{\Delta C_{\delta}}{\Delta C_c}} \quad (3.38)$$

Абсорбция процесі үшін (3.33) формуласы мына түрге келтіріледі:

а) бір бағытты ағынды

$$\downarrow \downarrow \Delta C_{\text{опт.}} = \frac{(C_{\delta} - C_{\delta}^*) - (C_c - C_c^*)}{2,3 \lg \frac{C_{\delta} - C_{\delta}^*}{C_c - C_c^*}} \quad (3.39)$$

ә) қарама-қарсы бағытты ағында

$$\downarrow \uparrow \Delta C_{\text{опт.}} = \frac{(C_{\delta} - C_c^*) - (C_c - C_{\delta}^*)}{2,3 \lg \frac{C_{\delta} - C_c^*}{C_c - C_{\delta}^*}} \quad (3.40)$$

Айқас ағында – сіңіретін фазада концентрация логарифмдік заң бойынша, ал газда – аппараттың биіктігі және көлденең қимасы бойынша да өзгереді. Сондықтан, айқас ағында қозғаушы күштің өзгеру заңдылығы өте күрделі, ол тек шамамен алынған формулалармен анықталуы мүмкін. Мысалы, абсорбция үшін

$$\uparrow \rightarrow \Delta C_{\text{опт.}} = \frac{(C_{\delta} - C_{\delta}^*) - (C_{\delta} - C_c^*)}{2,3 \lg \frac{C_{\delta} - C_{\delta}^*}{C_{\delta} - C_c^*}} - \frac{C_{\delta} - C_c}{2} \quad (3.41)$$

Г-Қ, Г-С және С-С жүйелерінде массаның өсуіне байланысты процестің қозғаушы күшін есептеу үшін формулалар (3.38)-(3.41)-

ларға ұқсас. Айқас ағынды процестері, қарама-қарсы ағынды процеспен салыстырғанда, ΔC , F және K бірдей көбейтінді әсерінен, өте қарқынды жүреді.

Жақсы араластырылатын аппараттар қайтымсыз процестер үшін қозғаушы күш, аппараттан шығардағы қозғаушы күшке тең, яғни $\Delta C_{op} = \Delta C_c$. Өз кезегінде ΔC_c әрекеттесуі – құрамдастардың соңғы концентрацияларының сәйкес дәрежелеріндегі көбейтіндісі ретінде анықталады. Модельді реакция (а) үшін (тіке бағытта ғана өтетін):

$$\Delta C_c = (C_{A_c})^a (C_{B_c})^b \quad (3.42)$$

мұндағы C_{A_c} , C_{B_c} – А және В құрамдастарының реактордан шығарудағы концентрациялары.

Қайтымды реакциялар үшін ΔC_c берілген шарттарда реактордан шығардағы заттар әрекеттесуі құрамдастар концентрациялары мен тепе-теңдік концентрациялар C_A^* мен C_B^* көбейтіндісі ретінде анықталады.

Қайтымды реакция (а) үшін

$$\Delta C_c = (C_{A_c} - C_A^*)^a (C_{B_c} - C_B^*)^b \quad (3.43)$$

Тепе-теңдік концентрациялары (3.1а) теңдеуімен айқындалады:

$$C_A^* = \sqrt[a]{\frac{1}{K} \frac{(C_D^*)^d}{(C_B^*)^b}} \quad \text{және} \quad C_B^* = \sqrt[b]{\frac{1}{K} \frac{(C_D^*)^d}{(C_A^*)^a}} \quad (3.44)$$

Гетерогенді жүйеде әрекеттесуші заттардың жанасу беті, процестің гидродинамикалық шарттарымен анықталады. Қарқынды араластырғанда Г-Қ және С-Қ жүйелерінде жанасу беті газ немесе сұйықпен суланған (жабылған) барлық қатты бөлшектер бетіне тең. Г-С және С-С (араласпайтын) жүйелерінде өте қарқынды араластырғанда, анық жанасу бетін анықтау мүмкін емес.

Егер әрекеттесуші фазалардың жанасу бетін анықтау қиын болса, онда есептеуде (3.27) формуласына шартты шама қойылады. Ол сан бойынша мысалы аппарат қимасының ауданына, ондағы барлық сөрелердің ауданына, насадкалар бетіне, т.б. тең. Мұнда процестің жылдамдық тұрақтысы да шартты шама болады.

Процесс жылдамдығын арттыру әдістері. Технологтың негізгі мақсаттарының бірі – технологиялық процестің жылдамдығын немесе аппарат жұмысының қарқындылығын арттыру үшін барлық жолдарды пайдалану. Процестің жылдамдығын көтеру үшін (3.31)

және (3.32) формулаларынан көрінетіндей, ΔC , F және K анықтаушы көрсеткіштерін көбейту керек. Әдетте, оларды көбейтудің бірнеше жолдары бар. Сондықтан нақты процесс үшін өндірістік шығындар аз, ең тиімді жолды таңдауға ұмтылу керек.

Процестің жылдамдық тұрақтысын (масса өсу коэффициентін) есептеуде негізінен, үш жолмен жетуге болады: 1) әрекеттесуші жүйенің температурасын жоғарылату; 2) кинетикалық аймақта өтетін процестер үшін катализаторларды қолдану; 3) фазаралық тасымалдаумен шектелетін процестерде әрекеттесуші массалардың араласуын күшейту.

1. Температураны жоғарылату – реакция жылдамдығының тұрақтысын арттырады, ал диффузия коэффициентін едәуір аз дәрежеде көбейтеді. Процесс жылдамдығының тұрақтысы қорытынды шама болғандықтан, тура, кері және жанама реакция жылдамдықтары диффузия коэффициенттерінің мәндерімен анықталатындықтан, температураны кейбір шекке дейін жоғарылатқанда, K өседі. Температураны жоғарылату шегі кері немесе жанама реакция жылдамдықтарының мәні өсе бастағанға дейінгі, K шамасымен анықталады.

Кинетикалық аймақта өтетін процестердің көпшілігі үшін, реакция жылдамдық тұрақтысының температурамен байланысы Аррениус теңдеуімен анықталады:

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}} = K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right). \quad (3.45)$$

оны есептеуде әдетте, логарифмдік түрге келтіреді:

$$\lg K = \lg K_0 - \frac{E}{2,3RT} \quad (3.46)$$

немесе

$$\lg K = A - \frac{B}{T} \quad (3.47)$$

немесе екі әр түрлі температуралар үшін түрлендіреді:

$$\lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{2,3R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] \quad (3.48)$$

мұндағы K , K_1 , K_2 және T , T_1 , T_2 – абсолютті температураға сәйкес реакция жылдамдықтарының тұрақтылары; e – натурал логарифм негізі; E – белсенділік энергиясы, яғни, әрекеттесу өтуі үшін

молекулаларға қажетті ең аз энергия, Дж/моль; R – молярлы газ тұрақтысы, Дж/моль·град.

Сонымен, E және K_1 -дің белгілі мәндерінде E -нің тұрақты шегінде, кез келген басқа температурадағы T_2 және K_2 -ні анықтауға болады. Ал соңынан реакция жылдамдығының температуралық коэффициентін де есептеуге болады. Температуралық коэффициент белгілі болса, (3.48) теңдеуі бойынша белсенділік энергиясын есептеуге болады. Бірақ температуралық коэффициент тұрақты емес және температура жоғарыласа, ол едәуір төмендейді.

(3.45) және (3.47) теңдеулерінен көрінгендей, тура реакция жылдамдығы температура жоғарылауымен әрқашан көбеюге тиісті. Ал іс жүзінде, процесті қарқындату үшін температураны әрқашан шексіз көбейте беруге болмайды. Мысалы, барлық қайтымды экзотермиялық процестер үшін температура жоғарылауымен тепе-теңдік шектелетін өнім шығымы төмендеп, кейбір температурада процесс кинетикасы, оның термодинамикасымен қарама-қайшылыққа түседі (тура процесс жылдамдығы жоғарылағанмен, өнім тепе-теңдікпен шектеледі).

Төмен температурада нақты шығым x тура процесс жылдамдығымен $U_1(K_1)$ анықталады, сондықтан температура жоғарылағанда өседі. Жоғары температурада кері процесс жылдамдығы (U_1) тепе-теңдікпен шектеліп қалғанда, тезірек көбейеді, ал температура жоғарыласа – төмендейді. Бұл берілген шарттарға оңтайлы температура T_{opt} болады, ол процестің ең жоғары қорытынды жылдамдығы $U = U_1 + U_2$ мен ең көп өнім шығымына x_{max} сәйкес. Күкірт диоксидінің тотығу, аммиак синтезі, т.б. процестердің қисық сызықтарының сипаты осындай болады.

Әсіресе органикалық заттар технологиясында, шешуші жылдамдық тепе-теңдікте жүретін процестер үшін, температура төменнен максимум арқылы өтеді. Себебі, температура жоғарылағанда негізгі реакцияға зиянды қосымша реакциялар көбірек жүре бастайды. Бұл жағдайда, түрленудің ең көп дәрежесі x_{max} тепе-теңдік шарттарымен шектеледі де, мүмкіндік – дәрежеден төмен болады. Метанол, жоғары спирттер, т.б. процестердің қисық сызықтарының сипаты осындай болады.

2. Оң катализаторлар көп белсенділікті қажет ететін бір сатылы процесті, белсенділік энергиясын аз қажет ететін сатыға ауыстырумен

химиялық реакцияларды жылдамдатады. Катализаторлар диффузиялық сатыларды жылдамдатпайтындықтан, олар тек кинетикалық аймақта өтетін процестер үшін қолданылады.

3. Араластыру – молекулалық диффузияны конвективтіге ауыстырумен, процесс жылдамдығының тұрақтысын арттырады. Осымен бірге, құрамдастар әрекеттесуіне кедергі болатын диффузиялық тежеулер азаяды. Сонымен, араластыруды диффузиялық аймақта өтетін процестер үшін қолданған орынды. Араластыру қарқындылығын диффузия коэффициентіне (K) байланыссыз болғанша, яғни процесс диффузиялық аймақтан кинетикалыққа өткенше жүргізеді.

3.6.1. Гомогенді химиялық процестердің жылдамдығы

Гомогенді химиялық процесс бір фазада, көбіне реакция жүру жағдайында таңдап алынған көлемде бірдей болатын газ тәрізді немесе сұйық ортада жүреді. Ауысу құбылысы онша маңызды болмағандықтан, гомогенді процестің заңдылықтары химиялық реакция заңдылықтарымен сәйкес болады.

Гомогенді процестерде араластыру – реакциялық көлемде концентрацияларды теңестіреді, әрекеттесуші молекулалардың соқтығысын күшейтіп, оның санын көбейтеді. Гетерогенді жүйелерде процестің қорытынды жылдамдығын айқындайтын баяу молекулалық диффузияны, тез жүретін конвективтікке ауыстырады. Мұнда әрекеттесуші фазаларды бөлетін ламинарлы салыстырмалы қалың қабаттың турбулентті бөліктерінде құйындар пайда болады. Соның әсерінен, әрекеттесуші құрамдастардың тасымалдануы жылдамдайды. Бұдан басқа араластыру, әрекеттесуші фазалардың жанасу бетін, соның салдарынан реакция өтуін жоғарылатады.

Процестің қозғаушы күшін көбейтуге жету жолдары: 1) бастапқы шикізаттағы әрекеттесуші құрамдастар концентрациясын көбейту; 2) қысымды көбейту; 3) реакциялық көлемнен реакция өнімдерін әкету; 4) температура мен қысымды өзгерту арқылы тепе-теңдікті ығыстыру.

Қозғаушы күшті арттыру жағдайында әрекеттесуші заттардың нақты концентрациясы (C) мен тепе-теңдік (C^*), концентрациялар айырмасымен ($C - C^*$) өрнектеледі. Сондықтан процестің қозғаушы

күшін көбейту C -ны жоғарылатумен, C^* -ны немесе екі шаманы бірдей сәйкес өзгертумен, төмендетумен іске асырылады.

1. Бастапқы шикізатта әрекеттесуші құрамдастар концентрациясын көбейту ΔC -ны жоғарылатады. Бастапқы шикізатта әрекеттесуі, құрамдастар концентрациясын көбейту тәсілі – материалдық агрегаттық күйімен байланысты. Қатты шикізатта пайдалы құрастырушыны көбейту – *байыту* деп, ал сұйық немесе газ тәріздіде – *қоюландыру* (концентрлеу) деп аталады.

2. Газды фаза қатысуымен жүйеде қысымды көбейту – оның мәні бойынша газ құрамдасының концентрациясын жоғарылатумен парапар. Егер концентрацияны әрі қарай көбейту мүмкін болмай не тиімсіз болса, онда (мысалы аммиак синтезінде, азот қышқылы, метанол өндірісінде) жоғарылатылған және жоғары қысымды қолданады.

Енді қысымның, процестің қозғаушы күшіне әсерін қарастыралық. Егер реакция қайтымсыз немесе тепе-теңдіктен алыста өтсе, мына модель бойынша



онда реагенттердің парциалдық қысымдары арқылы өрнектелген процестің қозғаушы күші

$$\Delta p = p_A^0 \cdot p_B^0 \quad (3.49)$$

Қоспаның жалпы қысымы P , онда A және B үлесі болса, құрамдастарының N_A және N_B сәйкес парциалдық қысымдары

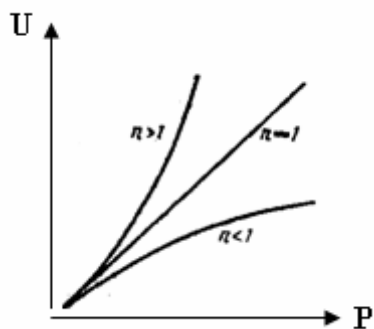
$$p_A = N_A \cdot P \text{ және } p_B = N_B \cdot P \quad (3.50)$$

Процесс жылдамдығының теңдеуі

$$U = \frac{dG}{d\tau} = K' \cdot P^{a+b} \quad (3.51)$$

Демек, газды ортадағы процестің жылдамдығы қоспаның жалпы қысымына, реакцияның реттігіне тең дәрежесіне пропорционал. (3.51) теңдеу және 19-суретте көрсетілгендей жоғарғы реттік реакциялар жылдамдығы ең көбірек болады.

Адсорбция, абсорбция, конденсация, т.с.с. гетерогенді процестер үшін



19-сурет. Газдардың әр түрлі ретті реакция жылдамдығына қысымның әсері

процестің қозғаушы күші, демек оның жылдамдығы — газ қысымына тура пропорционал:

$$U = K' \cdot F \cdot P \quad (3.52)$$

3. Әрекеттесу зонасынан (аймағынан) реакция өнімдерін шығару, реакцияның қорытынды жылдамдығын $U = U_1 - U_2$, U_1 бойынша кему есебінен көбейтеді немесе тепе-теңдік концентрациясының C^* төмендеу нәтижесінде процестің қозғаушы күші көбейеді. Бұл тәсіл негізінен гомогенді процестерде қолданылады. Газ қоспасынан соңғы өнім — конденсация, таңдаулы абсорбция немесе адсорбция арқылы шығарылады. Бұл үшін көптеген процестерде реакция өнімдері мен бастапқы құрамдастардан тұратын газ қоспасы реакциялық аппаратурадан шығарылады да, дайын өнім бөлінгеннен кейін процеске қайта жіберіледі. Мұндай циклді (айналымды) процестерге, мысалы аммиак және спирттердің синтезі жатады.

Гомогенді сұйық қоспаларда реакция өнімдерін бөлу және шығару — кристалдану, буландыру көмегімен немесе қатты сіңіргіште адсорбция арқылы жүргізіледі.

4. Температура мен қысымды өзгерту арқылы тепе-теңдікті ығыстыру, процестің қозғаушы күшін көбейтудің ең кең тараған техникалық әдістерінің бірі.

Газ құрамды заттардың сорбциясының барлық жағдайларында технологтар қысымды жоғарылатуға және температураны төмендетуге тырысады. Себебі, бұл кезде қоспада құрамдастың нақты концентрациясы жоғарылап, оның тепе-теңдік концентрациясы төмендейді. Сұйық немесе қатты сорбенттен газ тәрізді затты десорбциялауда (буландыруда) температураны жоғарылатып, қысымды тіпті терең вакуумға дейін төмендетеді.

3.6.2. Гетерогенді жүйелердегі процесс жылдамдығының ерекшеліктері

Гетерогенді жүйелерде фазалар жанасу бетін көбейту де, технологиялық процестер жылдамдығын жоғарылатуының кең тараған әдістерінің бірі. Гетерогенді жүйенің түріне (Г-С, Г-Қ, С-Қ, С-С, Қ-Қ) байланысты фазалардың жанасу бетін түрлі тәсілдермен көбейтуге болады, олар негізінен аппарат түрі мен құрылымын айқындайды.

Барлық жүйелерде фазалардың жанасу бетін көбейту үшін Г-Қ, С-Қ жүйелерде қатты фаза бетін Г-С жүйеде, сұйық фаза бетін дамытуға ұмтылады. Қатты фаза бетін дамытуға ең алдымен шикізатты ұнтақтау немесе қатты материалды үлкейту арқылы жетуге болады. Соңғы жағдайда, қатты бөлшектердің ішкі беттері немесе кеуекті беті дамиды, ішкі бет сыртқы беттен жүздеген есе үлкен болуы мүмкін. Одан әрі, қатты материалды газбен қосып немесе араластыру керек. Ол үшін механикалық және пневматикалық араластырғыштар, ұнтақ дәнді материалдарды шашырату үшін соплалар не форсункалар қолданылады. Сонымен қатар, сүзгіш және қайнаған қабат әдісі пайдаланылады.

Г-С жүйелерінде сұйық фазаның бетін дамыту үшін сұйықпен суландырылатын насадкалар, сұйықты газ ағынына шашу, газды сұйық арқылы барботаж (өткізу) және газ ағынында қозғалмалы көбік түрінде қайнаған қабат жасау қолданылады. Ұқсас әдістер С-С жүйесінде де үлкен жанасу бетін жасау үшін қолданылады.

Гетерогенді қатты фазаның қатысумен процестерде фазалардың жанасуына қолайлы жағдайлар жасаудың негізгі әдістерін 4 сыныпқа бөлуге болады.

1. Қатты материалды, сөрелерде механикалық араластырғыштармен араластыру. Мұнда материал аппаратта сөрелерге орналастырылып, үстінен газ немесе сұйықпен суландырылады. Мұндай аппараттар газ-қатты, дене-сұйық жүйелер, бұған мысал ретінде – ацетилен генераторын келтіруге болады. Бұл реакторлардағы әрекеттесуші фазалардың жанасу бетін есептеу үшін, аппараттарда барлық сөрелер бетін шартты қабылдайды.

2. Қатты ұнтақталған материалды газ немесе сұйық ағынында (көлемде) араластыру. Араластыруға мұндай жағдай жасау үшін аппараттар қуыс камералар немесе ыдыстар болуы керек, оларға жеңіл фазаның қысымымен арнайы соплалары не форсункалар арқылы ауыр фаза үрленіп кіргізіледі, ал заттың химиялық түрленуі – газ немесе сұйықтың турбулентті ағынында өтеді. Ағын – фазалардың қарқынды араласуын қамтамасыз етеді. С-Қ жүйеде араластыру механикалық немесе пневматикалық араластырғыштармен де жүргізіле алады. Мұндай жағдайларда әрекеттесуші құрамдастар, жанасу беті түрленуге қатысатын барлық қатты бөлшектердің жалпы (қосынды) бетіне тең ең үлкен (максималь) шамаға жетеді.

3. Газ немесе сұйық ағынын орғыштарда (колосник) немесе торлардың бетінде қозғалыссыз жатқан қатты материалдың кесектері немесе түйіршіктері арқылы өткізу. Сол кезде газ немесе сұйықтың сүзілуі жүретіндіктен, мұндай қабатты – *сүзгіш* деп атайды. Сүзгіш қабаты бар аппараттар – құрылымы бойынша қарапайым, сенімді және өндірісте кең тараған. Сүзгіш қабат принципі бойынша жұмыс істейтін аппараттардың негізгі түрлеріне: орғыш қазандықтар, шахталы және камералық пештер, ондағы жанасу (контакт) аппараттары жатады. Сүзгіш қабатты реакторларда қарқынды араласу жүрмейді. Өйткені, кинетикалық қисық сызықтар бірдей сипатты болады, ал процесс жылдамдығы (3.29), (3.32) теңдеулерімен анықталады.

Сүзгіш қабаттағы фазалар жанасу беті барлық бөлшектердің қосынды бетінен, бірі-бірімен көрші бөлшектердің жанасу бетімен анықталатын шаманы шегергенге тең. Бұдан басқа, сүзгіш қабатта фазалардың араласуы болмағандықтан, қатты материал беті жаңармайды. Сондықтан, көптеген гетерогенді процестерде сүзгіш қабаттың беткі ауданын ұлғайту тиімсіз. Бұл әсіресе, диффузиялық аймақта жүретін процестерде анық байқалады. Диффузиялық процестерді қарқындату үшін араластырудың басқа да түрлерін қолдануға болады.

4. Қайнаған (жалған сұйылған) қабатта араластыру. Газ немесе сұйық ағынын қатты түйіршікті материал арқылы астынан үстіне қарай өткізгенде, бөлшектер қайнау нәтижесінде жылдамдықпен қозғалып, бөлшектер жеңіл фаза ағынында қалқып не бұрқылдап “қайнай” бастайды. Сондықтан Г-Қ жүйелердегі осындай қабатты “қайнау” қабаты деп те атайды. Жеңіл фазаның жылдамдығын таңдағанда, ауыр фаза бөлшектері реакциялық аппараттан шығып кетпеуін ескеру керек.

Көлемде немесе ағында араластырғандағы сияқты, бұл кезде материалдың ұсақталған мөлшерінің дәрежесі – ең үлкен фазалардың жанасу беті, тұрақты шама болады. Сонымен қатар, мұнда көлемде шашыратпалы аппараттарға қарағанда, қатты фазаның концентрациясы жоғары болғандықтан, “қайнау қабаты” аппараттарда газ-қатты жүйеде жұмыстың ең жоғарғы қарқындылығына жетеді. Қатты бөлшектердің беті, газ немесе сұйықтың турбулентті ағынымен толық суланады. Сөйтіп,

диффузиялық процестердің жылдамдығы күрт жоғарылайды. Сондықтан, көптеген гетерогенді технологиялық процестерде қайнаған қабат өте тиімді.

Г-С жүйеде әрекеттесуші фазалар жанасу бетін көбейтудің негізгі әдістерін 4 сыныпқа бөлуге болады.

1. Сұйықты насадкалар деп аталатын, арнайы жабдықтар беті бойынша жұқа қабыршақ түрде таратумен, сұйық фазаның бетін ұлғайту. Газ бен сұйықтардың осы түрде жанасуы жүретін аппараттарды – *насадкалы мұнаралар* немесе *колонналар* деп атайды. Насадкалы мұнаралар – күкірт, азот, тұз, т. б. Қышқылдар мен кейбір тұздар өндірісінде, отындарды химиялық өңдеуде, органикалық синтезде, т.б. кең тараған. Есептеу үшін фазалар жанасу бетін, сұйық қабатпен жабылған насадканың бетіне тең деп қабылдайды. Бұл аппараттардағы масса өту – *қабықшалы* деп аталады, өйткені масса алмасу, сұйық қабат бетінде жүреді.

2. Сұйықты іші қуыс аппаратта механикалық немесе пневматикалық әдіспен диспергілеу немесе шаңдату, шашыратумен сұйық фазаның бетін көбейтеді. Бұған сәйкес аппараттарды сұйықты – *шашыратпалы* немесе *шаңдатпалы мұнаралар* деп атайды. Фазалардың жалпы жанасу беті, сұйықтың барлық тамшылары беттерінің қосындысына тең. Мұнда масса алмасу тамшы бетінде жүретіндіктен, мұндай масса алмасуды – *тамышылы* деп атайды.

3. Сұйық көлемінде газды диспергілеу арқылы әрекеттесуші фазалардың жанасу бетін дамыту. Мұндай жанасу бетін көбейту тәсілін – *барботаж* деп атайды. Өйткені газ торлы немесе қалпақшалы табақшалары бар аппараттарда сұйық қабаты арқылы көпіршіктер түрінде барботаждалады (бұрқылдап өтеді). Барлық көпіршіктердің беті жанасу бетіне тең және барботаж периметрі мен торларда немесе табақшалардағы барлық тесіктердің бетімен анықталады. Бұл аппараттарда масса алмасу, газды көпіршіктер бетінде жүреді. Сондықтан, масса өтудің бұл түрін – *көпіршікті* деп атайды.

4. Сұйық қабаты арқылы астынан жоғары қарай газды жіберу арқылы көбіктің қозғалмалы (өрлеген) қабатын жасау. Мұндай көрініс қатты материалды жалған сұйылтқанда байқалады. Бұл кезде газ ағынында сұйықтың қабықша, жіңішке ағыстар және тамшылар түрінде өрлеп, олардың газ көпіршіктері мен жіңішке ағыстарымен

қарқынды араласуы жүреді. Газ-сұйық жүйесі – қозғалмалы (турбулентті) қабат түрінде болады. Фазалардың жанасу беті, көбіктің меншікті бетімен сипатталады. Ол көптеген факторларға байланысты күрделі функция және тәжірибелік жолмен анықталады.

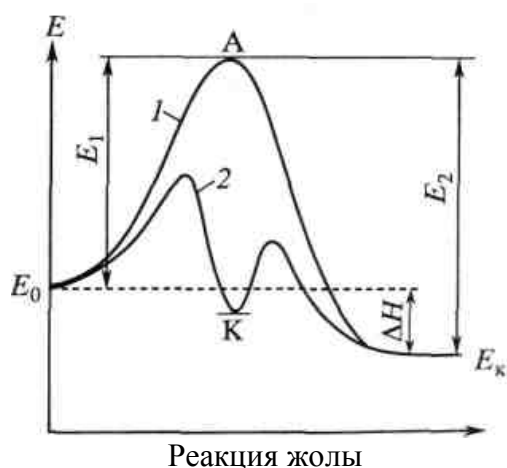
Өрлеген қабатта екі бір-бірінде араласпайтын сұйықтар жүйесін де жасауға болады. Ол үшін жеңіл сұйықты, ауыр сұйық қабаты арқылы астынан жоғары қарай жіберу керек.

С-С жүйлерде жанасу бетін дамытуға механикалық және пневматикалық араластырғыштарды жиі қолдану арқылы жетуге болады. Қатты ұнтақталған материалдардың араласуын, айналмалы барабандар мен механикалық араластырғыштарда жүргізуге болады. Г-Қ, С-Қ, Г-С жүйелерінде де әрекеттесуші фазалардың бетін жаңарту үшін айналмалы барабандар кең қолданылады.

3.7. Каталитикалық химиялық процестер

Химиялық процестердің кейбірі жоғары жылдамдықпен жүру үшін, қарқындылықты талап етеді. Инициатор (белсенділікті) жүзеге асыратын химиялық заттар катализатор қатысында жүреді, ал процестер – *каталитикалық* деп аталады.

Катализ – химиялық реакцияны қоздыру құбылысы, ал заттар – *катализаторлар* деп аталады. Катализаторлар – бірнеше рет реакцияға



20-сурет. Әрекеттесуші жүйедегі каталитикалық (2) және каталитикалық емес (1) реакциялардағы энергия өзгерісі

қатысушылармен химиялық әрекеттерге түсуі мүмкін және аралық әрекеттесудің әрбір айналымынан кейін, өз құрамын қайта қалпына келтіреді.

Каталитикалық әрекеттесу мәні, химиялық өзгеріс белсенді комплекс түзу арқылы өтеді. Оның артық энергиясы процеске қатысатын молекулалардың қайта құрамымен жаңа химиялық байланыс түзуге жетеді, яғни мақсат жаңа зат – реакция өнімін алу. Каталитикалық реакциялар химияның және термодинамиканың жалпы заңдарына бағынады.

Жүйедегі әрекеттесу барысында (реакция жолында) энергия өзгерісін 20-суреттегі (1) - қисықтан көруге болады.

Белсенді комплексті түзуге молекулалардың белсенділік энергиясы E_1 -ден артық болған жағдайда ғана мүмкіндік бар. Басқаша реакция жүрмейді. Катализаторды пайдалану реакция жолын өзгертеді.

Жасанды полимерлер мен табиғатта жоқ заттарды алу, процесті басқару, тек каталитикалық реакцияларға тән. Мысалы, фталь ангидридін (нафталинді тотықтыру реакциясы) каталитикалық процестердің көмегімен толық тотықтырмай алуға болады. Катализаторлар рөлін қарапайым заттар (металдар, белсенді көмір), химиялық қосылыстар (оксид, сульфид, хлорид), күрделі комплексті қосылыстар немесе көп атомды молекулалар мен олардың қоспасы атқаруы мүмкін.

Бұл процестер әсіресе, органикалық заттардың технологиясында: гидратация, дегидратация, гидрлеу, дегидрлеу секілді процестерде көп қолданылады. Катализ H_2SO_4 , NH_3 , HNO_3 , H_2 , бутадиен, стирол, изобутилен, пластикалық массалар, улы химикаттар өндірісінде қолданылады.

Барлық өндіріс өнімінің 30%-ы каталитикалық процестер нәтижесінде алынады. Ал химиялық процестің 70 %-дан артық технологиялық сатысында, катализаторлар қолданылады. Катализаторлар ретінде газдар мен сұйықтар, қатты заттар қолданылады. Реагенттер мен катализатордың фазалық күйлеріне байланысты каталитикалық процестер – *гомогендік* және *гетерогендік* болып бөлінеді. Сонымен қатар, микрогетерогенді және ферментативтік каталитикалық үрдістер де бар.

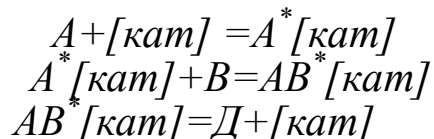
Катализ – *оң* (үрдісті жеделдететін) және *теріс* (үрдісті баяулататын) болып бөлінеді. Үрдісті баяулататын катализаторлар – *ингибиторлар* деп аталады.

Катализаторлар, әрекеттесетін молекулалардың энергетикалық деңгейін өзгертпейді. Ол тек берілген температурада тепе-теңдік орнауын жеделдетіп, тура және кері реакциялардың жылдамдылық константаларын өсіреді. Сондықтан оның тепе-теңдік жағдайы өзгермейді. Катализатор – жүйедегі тепе-теңдікті өзгертпей, керісінше өзгеріс жылдамдығын өзгертеді.

Катализдің мәні – реакциялық жолдың өзгеруі нәтижесінде химиялық реакциялардың белсендендіру энергиясының төмендеуінде

немесе реакцияның тізбекті механизм бойынша жүзеге асырылуында (катализатордың иницирлеу әсерінен).

Реакция жылдамдығы $E_{\text{белс.}}$ -ның аздаған төмендеуінің өзінде біршама өседі. $A+B=D+\dots$ бимолекулалық реакциясы катализатор қатысынсыз мынадай жолмен жүреді. $A+B=AB^*=D+\dots$ (активті комплекс түзілу арқылы). Катализатор қатысында реакция бірнеше сатымен жүреді:



E – катализдік емес реакцияның белсендену энергиясы; $E_{\text{кат}}$ – катализдік реакцияның белсендену энергиясы; ℓ_1, ℓ_2 – аралық сатылардың белсендену энергиясы; $E_K > E$ – оң катализ.

Катализатордың жеделдеткіш әсері белсенділікпен (A) өлшенеді. Ол, катализаторлы ($K_{\text{кат}}$) және катализаторсыз (K) реакциясы жылдамдықтарының тұрақтылығының қатынасымен анықталады.

$$A = \frac{K_{\text{кат}}}{K} = \frac{\ell^{\frac{-E_{\text{кат}}}{RT}}}{\ell^{\frac{-E}{RT}}} = \ell^{\frac{\Delta E}{RT}}$$

ΔE – катализдік реакцияның каталитикалық емес реакциямен салыстырғанда белсенділік энергиясының төмендеуі.

$\Delta E = E - E_{\text{кат}}$ – мәні аз болса да, жылдамдықтың өте көп өсуіне әкеп соғады. Мысалы, $\Delta E = 10^4$ кал/моль, $T = 600\text{K}$ болғанда, катализдік реакцияның жылдамдығы катализдік емес реакциядан

жоғары: $A = \ell^{\frac{10000}{2 \cdot 600}} = 4 \cdot 10^3$ есе көп. Әр түрлі катализаторлар, химиялық реакциялар жылдамдығын әр түрлі дәрежеде өзгертеді. Ол, Аррениус теңдеуіндегі әр түрлі K_0 -ға байланысты. Демек, катализатор процестің белсенді мүшесі болып саналады. Ол, кейіннен ыдырайтын белсенді комплекс түзіп, регенерацияланады. Алайда, тәжірибе жүзінде катализатор өзінің белсенділігін, сұрыптық сипаттамаларын, жану температурасын, өнімділігін төмендетеді.

Каталиттикалық процестер: тотығу-тотықсыздану әрекетті, қышқылдық-негіздік әрекетті болып бөлінеді (3-кесте).

3.7.1. Гомогендік каталитикалық процестер сипаттамасы

Гомогендік процестер – біртекті ортада жүретін процестер. Ауа – гомогенді жүйе. Алайда, NH_3 Rt-Rh катализаторында тотығу үрдісі

үшін ауа – гетерогендік жүйе, себебі ол шаң-тозаң, ылғал тамшыларынан, т.б. құралады. Бастапқы шикізат құрамында катализатор мен ингибитордың жұмыс барысында әсер ететін қоспалар болады. Гомогендік және гетерогендік жүйелер арасындағы шекара – микрогетерогенді жүйелер деп аталатын құбырлар мен жұқа аэрозольдар арқылы өтеді.

Коллоидтық бөлшек өлшемдерінің молекулаларға дейін кішірейтілуі – микрогетерогенді коллоидты ерітінділерді нақты ерітінділерге дейін жуықтатады. Яғни, оларды, гомогендік жүйе деп есептеуге болады. Суспензиялар мен эмульсиялар гетерогендік жүйелерге жатады. Ал гомогендік жүйелердегі реакциялар, гетерогендік жүйелердегіге қарағанда жылдамырақ жүреді. Жүйені гомогендеу үшін ерітіп немесе қатты материалдарды балқыту арқылы (сұйық ерітінді алу үшін) пайдаланады. Кейде газды фазаны қолданады және онда сұйықты буландырады.

3-кесте

Каталитикалық процестердің жіктелуі

Өндірістік процесс мысалдары	Алынатын өнімдер	Қолданылатын маңызды катализаторлар
1. Тотығу-тотықсыздану реакциялары: А. Тотығу		
Толық тотығу:		
SO ₂ -нің SO ₃ -ке тотығуы CO-ның CO ₂ -ке тотығуы	Күкірт қышқылы (CO-ны залалсыздандыру)	Платина, V ₂ O ₅ , FeO Mn, Cu, Co оксидтері, Hg (гопкалит)
Жартылай тотығу: NH ₃ → NO тотығуы Метанның су буымен тотығуы CO-ның су буымен тотығуы Метанның ауамен тотығуы Метанолдың ауамен тотығуы Ацетальдегидтің ауамен тотығуы Этиленнің ауамен тотығуы Деструктивтік тотығу * Нафталиннің тотығуы	Азот қышқылы nCO+mH ₂ синтез-газ (қоспалар) H ₂ және азотты-сутекті қоспа Формальдегид Формальдегид Сірке қышқылы Ацетальдегид Фталъ ангидридi	Pt, Co және Fe тотықтары Никель Темір, хром оксидтері Азот тотығы (NO ₂), қалайы тотықтары, алюмосиликаттар Cu, Ag Марганец пен кобальт тұздары Ag, Cu, Cu ₂ O (мыстың асқын оксиді) V ₂ O ₅

3-кестенің жалғасы

Өндірістік процесс мысалдары	Алынатын өнімдер	Қолданылатын маңызды катализаторлар
Б. Гидрлеу, дегидрлеу		
NH ₃ синтезі	NH ₃	Fe
Қанықпаған қосылыстардың (мысалы, этиленнің) гидрленуі	Этан-C ₂ H ₆	Ni, Pt
Ароматтық қосылыстардың (мысалы, бензол) гидрленуі	Циклогексан	Ni, Mo
Сұйық майлардың (масла) және қатты майлардың (жир) гидрленуі	Қатты майлар	Ni
Қатты және сұйық отынның деструктивті гидрленуі	Сұйық моторлы отын	Fe, Mo, W және олардың тотықтары мен сульфидтері
Октанның деструктивті гидрленуі	Бутан	Mo и W тотықтары мен сульфидтері
Нитробензолдың буларда тотықсыздануы	Анилин	Ni, Cu
Этилбензолдың дегидрленуі	Стирол	ZnO, хром тотықтары
Бутанның дегидрленуі	Бутадиен	Хром оксидтері
Гексанның ароматтануы (дегидрациклдену)	Бензол	Pt, Ni, Co, хром оксидтері
Синтез-газ негізіндегі синтездер	Синтин, синтал, метанол	Fe, Co, Ni, хром және цинк оксидтері
II. Қышқылдық-негіздік реакция: В. Гидратация, дегидратация, гидролиз, поликонденсация		
Этилен гидратациясы	Этил спирті	H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ және оның тұздары
Ацетилен гидратациясы	Ацетальдегидтер	HgSO ₄
Сірке қышқылының дегидратациясы	Сірке ангидриді	Фосфор мен сілтілік металдар карбонаттары, триэтилфосфат
Этил спиртінің дегидратациясы	Диэтил эфирі	H ₂ SO ₄ , Al ₂ O ₃ , ThO ₂
Хлорбензол гидролизі	Фенол	MgCl ₂ , H ₃ PO ₄ , Al ₂ O ₃
Фенолдың формальдегидтермен поликонденсациясы	Фенол-формальдегидті шайыр	Минералды қышқылдар мен негіздер

3-кестенің жалғасы

Өндірістік процесс мысалдары	Алынатын өнімдер	Қолданылатын маңызды катализаторлар
Крекинг және изомерлену, алкилдеу, полимерлену		
Мұнай өнімдерінің каталитикалық крекингі <i>n</i> -бутанның изомерленуі	Авиациялық бензин	Алюмосиликаттар
Изобутанның бутилендермен алкилденуі	Изобутан	Алюмосиликаттар, $AlCl_3$ және HCl H_2SO_4
Бензолдың пропиленмен алкилденуі	Изооктан	H_3PO_4
Этиленнің полимерленуі	Кумол	Үшэтилалюминий и $TiCl_4$ BF_3 , $AlCl_3$
Изобутиленнің полимерленуі	Полиэтилен	Натрий * BaF_2 , $CuCl_2$
Бутадиеннің полимерленуі	Полиизобутилен	
Хлорлы этилді дигидрохлорлау	Синтетикалық каучук	
	Этилен	

* Бастапқы затты ыдырату арқылы молекулалық салмағы төмен тотыққан өнімдер түзу арқылы тотығу

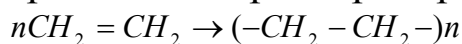
Мысалы, $SO_2 \rightarrow SO_3$



Көптеген каталитикалық процестер төмендегідей бірнеше процестердің бірігуі нәтижесінде жүреді:

Ассоциация – молекулалардың неғұрлым ірі молекулаларға біріктірілуі. $2NO_2 \rightarrow N_2O_4$ (концентрленген HNO_3 синтезі кезінде қолданылады).

Полимерлеу – мономердің полимерге біріктірілу процесі.



Деполимерлеу – мономердің полимерден бөлінуі.

Крекинг – деструктивті қайта өңдеу әдісі.

Пиролиз – термиялық ыдырау.

3.8. Каталитикалық химиялық процестердің реакторлары

Газдық фазада гомогендік катализдік процестер жүргізілетін аппараттар: камералар, құбырлар, түтікшелі жылу алмастырғыштар,

т.б. болуы мүмкін. SO_2 -нің тотықтарымен гомогендік тотығуын күкірт қышқылының нитроздық әдісінде сұйық фазада, сонымен қатар жартылай газды фазада (мұнара қондырғысының бос көлемінде) жүзеге асырады. Сірке қышқылын катализатор қатысында триэтилфосфат буында дегидратациялаудың эндотермиялық үрдісін, отын газдарымен жылытатын түтікшелі реакторларда жүргізеді. Сұйық фазалы гомогендік катализді, әдетте әр түрлі араластырғыш құралды реакторларда жүзеге асырады. Мысалы, фенол мен альдегидтің тұз қышқылы катализаторы қатысында, сулы ерітіндідегі поликонденсациясы механикалық араластырғышты реакторларда жүргізіледі.

Гетерогендік катализ реакторлары, әсіресе газдың қатты катализаторларда әрекеттесетін жанасу аппараттары әр түрлі. Жанасу аппараттары үздіксіз жұмыс істеп, әрі жоғары қарқынды болуы керек. Олар процесс тәртібін (оптимальдыға жуық), әсіресе оптимальды температуралық кестені қамтамасыз етуі керек. Аппаратқа қойылатын талаптар: минимальды гидравликалық кедергі, аппарат құрылысының қарапайымдылығы, әрі жеңіл басқарылуы. Гетерогендік катализдік реакцияларды жүргізуге арналған реакторларды, реагенттер мен катализатордың фазалық күйі және катализатор мен реагенттер арасындағы жанасу әдісі, сонымен қатар жылу алмастыру қондырғыларының конструкциялық жабдықталуы бойынша классификациялауға болады.

Фазалық белгілері бойынша реакторларды мынадай класқа бөлуге болады. *Әрекеттесетін орта-газ; катализатор – қатты:* 1) беттік жанасу аппараттары: катализатордан жасалған түтіктер мен торлар; 2) сүзгіш (жылжымайтын) қабатты катализаторлы жанасу аппараттары; 3) мөлшерленген қабатты катализаторлы жанасу аппараттары; 4) жылжығыш катализаторлы жанасу аппараттары. *Әрекеттесетін орта – сұйық; катализатор – қатты:* 1) жылжымайтын катализаторлы аппараттар; 2) мөлшерленген қабатты катализаторлы аппараттар; 3) катализаторлы жүзінділер, ағынды (сұйық) аппараттар; 4) араластырғышты аппараттар. *Әрекеттесетін заттар – газдар мен сұйықтар; катализатор – сұйық немесе сұйықтағы қатты заттар жүзіндісі:* 1) қондырғылы құбырларда газ бен сұйықтың қабықшалық жанасуы; 2) араластырғыш реакторлар. *Әрекеттесетін заттар – араласпайтын сұйықтар; катализатор – сұйық:* араластырғыш

реакторлар. *Беттік жанасу аппаратында катализаторды түтікше* немесе тор түрінде орналастырады. Олар, сүзгіш немесе мөлшерленген қабатты катализаторларға қарағанда сирек қолданылады. Беттік жанасу кезінде катализатордың белсенді беті өте үлкен емес. Сондықтан, мұндай типті аппараттарды, белсенділігі жоғары катализаторда (теориялыққа жуық шығысты қамтамасыз ететін) жүретін экзотермиялық реакциялар үшін қолданған тиімді. Мұндай шарттарда, жанасу аппаратына катализатордың көп мөлшерін орналастыру қажет емес. Аппарат корпусында бірінің үстіне бірі, көлденең бірнеше торлар (берілген реакция үшін белсенді металдан немесе балқымадан даярланған) орналастырылады. Аппаратта газдың тұтану температурасына дейін қыздырылуы – қызған торларда бөлінген жылу есебінен жүреді. Газдың тор бетімен жанасу уақыты, (сек) мыңдаған – он мыңдаған үлесін құрайды. Мұндай аппараттар құрылысы жағынан қарапайым, әрі өнімділігі жоғары. Олар аммиакты платина-паладий-родийлі торларды тотықтыруға және ацетонды изопропин спиртінен күміс торларда синтездеу үшін, метанолды мыс пен күмісті торларда тотықтықтыруға, т.б. қолданылады. Осы үрдістерді, неғұрлым белсенділігі төмен, бірақ арзан катализаторларды қолданып, сүзгіш немесе өлшенген қабатты катализаторлы аппараттарда жүргізеді. Кейбір жағдайларда, катализ бен газдық қоспаны қыздыруды біріктіру үшін, катализаторды жылу алмастырғыш түтіктердің қабырғаларына орналастырады.

Сүзгіш қабатты катализаторлы аппарат – қазіргі кезде неғұрлым кең таралған. Олар каталитикалық реакторлардың кез келген типі үшін қолдануға жарамды. Бұл аппараттарда катализатордың бірнеше қабаты торлы сөреде қозғалыссыз жатады немесе түтіктерге орналастырылады. Жылжымайтын катализатор арқылы әрекеттесетін газдар қоспасы, идеалды ығыстыруға жуық режимде өткізіледі. Катализатор қабаты неғұрлым жоғары болса, солғұрлым газдардың осьтік (кері) араласуы төменірек болады да, реактор есептеулеріне идеалды ығыстыру үлгісі үшін қолдануға жарамды.

Катализатор – түйіршік, таблетка немесе түрлі өлшемді түйіршіктер түрінде болады. Алайда, ереже бойынша көлденең қимасы 4–5 мм-ден кем болмау керек. Өйткені, өте ұсақ бөлшектер

қолданылса, катализатор қабатының гидравликалық кедергісі өседі де, олар оңай бірігіп қалады. Енгізілген катализатор мөлшері, қабаттар саны және биіктігі, олардың аппаратта орналастырылуы, катализатор белсенділігіне, каталитикалық реакция сипатына, жылу алмастыру шарттарына байланысты. Катализатор неғұрлым белсенді, тепе-теңдік орнау тез, әрі реакция жылдамдығы жоғары болса, солғұрлым аппаратқа аз жанасу массасын енгізу керек. Мұндай жағдайда катализатор қабатының биіктігі төмен болады.

Жанасу аппараттары құрылысының ерекшеліктері негізінен, жылу алмастырғыш қондырғылардың конструкциялық жабдықталуына байланысты. Оптимальды температуралық режимді ұстап тұру – жанасу аппараттарын құру кезіндегі күрделі мәселе. Эндотермиялық реакциялар үшін катализ аймағына жылу беру керек. Көптеген катализдік процестер үшін температуралық кестені өте дәл реттеу қажет (қосалқы реакциялар тудырмау үшін). Жүруі қиын реакцияларға – қайтымды экзотермиялық реакциялар жатады. Бұл реакциялар кезінде, катализ аймағынан аппарат биіктігі бойынша жылуды қарқынды әкетіп отыру шарт, әрі оны тиімді пайдалану талап етіледі.

Жылу алмастырғыш қондырғысыз, сүзгіш қабатты аппараттар – құрылысы бойынша неғұрлым қарапайым. Олар адиабаттық жылулық режимде жұмыс істейді және олардың температуралық режимі бастапқы газдардың құрамы мен температурасының өзгермеуімен реттеледі. Мұндай аппараттарды: а) белсенді катализатордың жұқа қабатында жүргізілетін қайтымсыз экзотермиялық реакциялар үшін, мысалы метанолды формальдегидке дейін тотықтыру үшін; ә) төменгі концентрациялы реагентті реакторлар үшін, газдарды тотықтыру немесе қоспаларды гидрлеу арқылы каталитикалық тазалау кезінде; б) жылу эффектісі төмен экзотермиялық немесе эндотермиялық реакцияларға қолдануға болады.

Енгізілген катализатор мөлшері көп, ал оның белсенділігі аз болып, катализатордың қабат биіктігі кейде бірнеше метрді құрайды. Мұндай аппараттарда адиабаттық режим жүзеге асырылады: демек, экзотермиялық үрдістер кезінде катализатор қабатында әрекеттесетін газдардың температурасы, өзгеру дәрежесіне (х) пропорционал түрде өседі. Адиабаттық процесс нәтижесінде температураның өсуін мына теңдеумен есептеуге болады:

$$t_K = t_B + \frac{Q_P' x}{Gc} = t_B + \frac{q_P C_{баст}}{c} \beta$$

мұндағы t_K – газдың катализатор қабатынан өткеннен кейінгі соңғы температурасы; t_B – газдың бастапқы температурасы; $Q_P' = q_P G_{np}$ – реакцияның толық өзгеріс кезіндегі ($x=1$) жылу эффектісі; q_P – реакцияның 1 моль өнімге жұмсалған жылу эффектісі; G – реакциялық қоспаның мөлшері; $\bar{c}^*$ – реакциялық қоспаның жылу сыйымдылығы; x – өзгеру дәрежесі; $C_{баст}$ – реакцияға түсетін қоспаның негізгі бастапқы затының концентрациясы; β – бастапқы заттың бір молінен алынатын өнімнің моль санына тең коэффициент.

Жылу алмастырғышсыз аппараттар ертеректе, көмір тотығының конверсиясы үшін, этиленді тікелей гидратациялау, табиғи газды, метанды конверсиялау, т.б. процестер үшін қолданылған. Бұл аппараттардың жетістіктері – олардың құрылысының қарапайымдылығы. Алайда, олар оптимальды температуралық кестені мүлдем қамтамасыз етпейді. Сондықтан, оларды неғұрлым тиімді – жылу алмастырғыш аппараттармен алмастырған жөн. Жанасу аппаратында жылу алмастырудың бірнеше тәсілдері бар. Реакциялық көлемнен жылуды әкету мен жылу берудің конструкциялық тәсілдері, эндотермиялық және экзотермиялық реакциялар үшін бір типті. Сүзгіш қабатты катализаторлы жанасу аппараттарының жылуды әкету (немесе беру) тәсілдері бойынша жіктелуі:

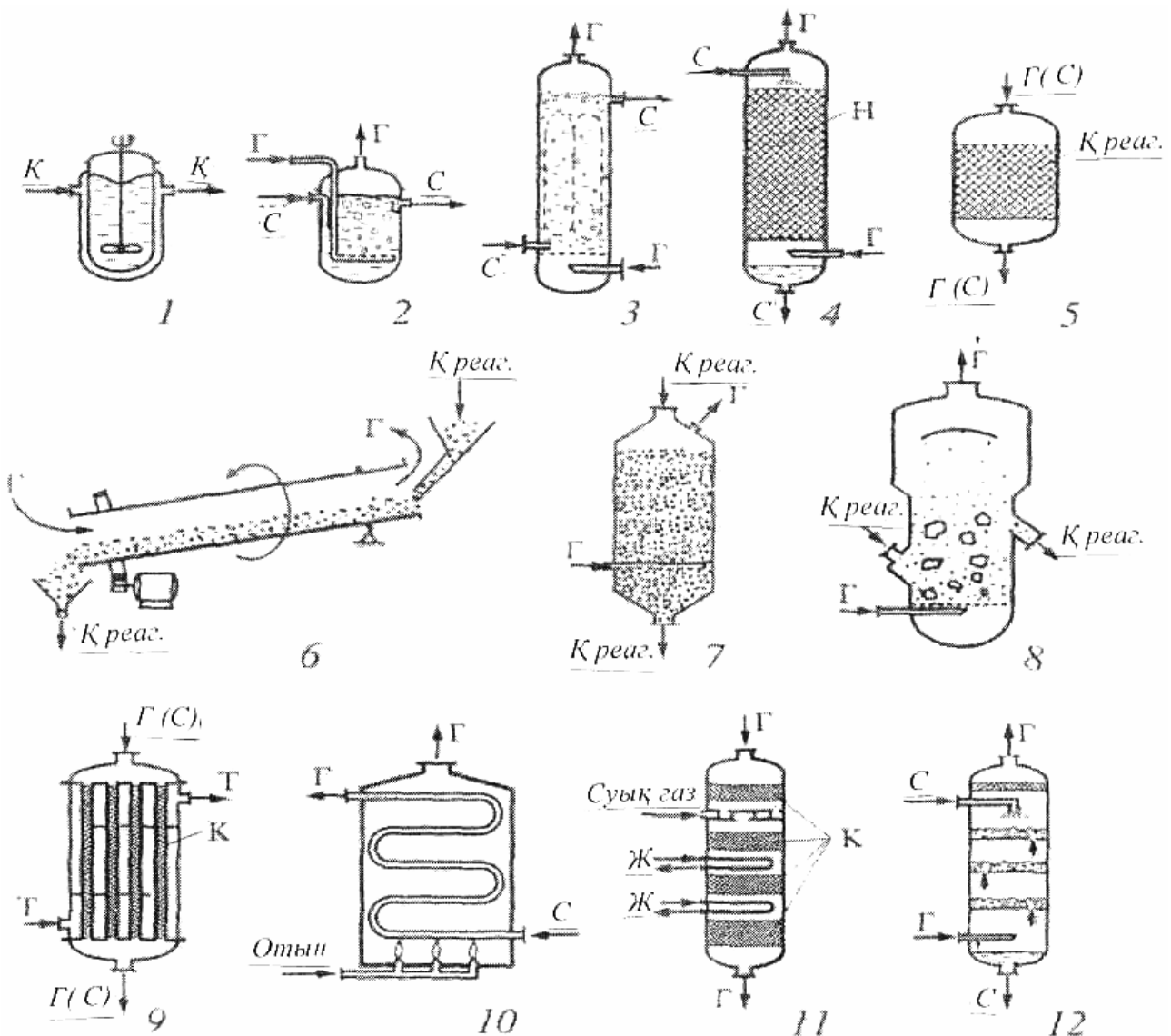
1. Жылуды мерзімді беретін және әкететін жанасу аппараттары: а) сыртқы жылу алмастырғышты жанасу аппараттары; ә) ішкі жылу алмастырғышты жанасу аппараттары.

2. Сөрелік (жылуды сатылы әкету): а) сөреаралық жылу алмастырғышты; ә) сөреаралық, суық реагенттердің қосымша енгізілуімен суыту.

3. Түтікшелі (жылуды үздіксіз беру, әкету): а) катализатордың түтікшеге орналастырылуымен; ә) катализатордың түтікшеаралық кеңістікке орналастырылуымен.

4. Жылу алмастырудың бірнеше тәсілдері біріктірілген жанасу аппараттары. Өндірісте қолданылуы және сыртқы түріне қарай химиялық реакторлардың жалпы атаулары да әр түрлі. Кейбіреуінің жалпы сұлбасы 21-суретте көрсетілген.

1-реактор – көлемдік. Реагенттер (жиі сұйық, суспензия) жұмыс айналымының басында құйылады. Араластырғыш реагенттердің араласуын қамтамасыз етеді. Температуралық кестені, көйлекте айналатын жылу тасымалдағыш немесе оратылған жылу алмастырғыш қамтамасыз етеді. Реакция біткеннен соң, өнімдерді шығарып, реакторды тазалаған соң, процесс қайталанады, процесс үздік.



21-сурет. Химиялық реакторлар сұлбасы: Г–газ; С–сұйық; Н–насадка;
К_{реаг.} –қатты реагент; К–катализатор

2-реактор – көлемдік (ағынды). Реагенттер (жиі газ, сұйық, суспензия) үздіксіз реактор арқылы өтеді, газ – сұйық арқылы барботаждалады.

3-реактор – колонналық. Өндірістік колонналық реакторалар үшін биіктігінің диаметріне қатынасы 4–6 (көлемдік реактораларда бұл 1-ге жуық). Газ бен сұйықтың әрекеттесуі 2-реактордағы секілді.

4-реактор – насадкалы. Газ бен сұйық әрекеттеседі. Реактор көлемі Рашига сақиналар немесе басқа кішірек элементтер – насадкалармен толтырылған. Газ, насадка элементтері арасымен жылжиды.

5–8-реакторлар көбіне газды қатты реагентпен әрекеттестіру үшін қолданылады. 5-реакторда қатты реагент қозғалмайды, газ тәрізді (немесе сұйық) реагент үздіксіз реактордан өтеді. Процесс қатты зат бойынша үздік-үздік жүреді.

6–8-реакторларда процесс қатты реагент бойынша үздіксіз. Қатты реагент айналмалы көлденең орналасқан дөңгелек реактор (6) бойымен қозғалады немесе 7-реактор арқылы (құм сағаттар секілді) төгіледі.

8-реакторда газ астынан беріледі де, жібергенде ол үлкен жылдамдықпен жіберілгендіктен, қатты бөлшектер қалқыған күйде болады. Бұл – артық қысылған немесе қайнаған қабат, кейбір сұйықтардың қасиетіне байланысты қатты материалдардың аппараттан өтуін үздіксіз қамтамасыз етуге болады.

5, 9-реакторларды қатты катализаторлармен жүретін процестерге пайдалануға болады.

9-реактор – құбырлы. Түріне қарай қапталған құбырлы жылу алмастырғыш секілді. Реакция жүретін құбыр арқылы газ тәрізді немесе сұйық реагенттер өтеді, құбырға катализатор орнатылған. Температуралық кесте – жылу тасығыштар, жылуды құбыраралық кеңістіктегі айналым арқылы қамтамасыз етеді.

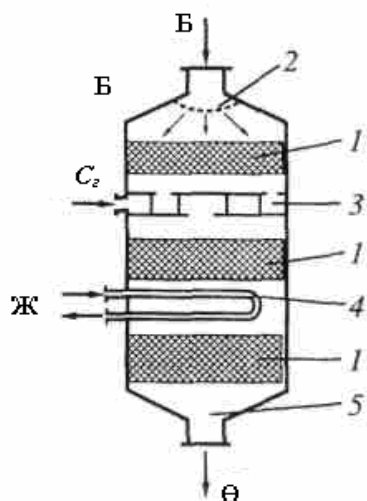
10-құбырлық реактор. Бұл жоғары температуралық гомогенді реакциялар жүргізуде жиі қолданылады, оның ішінде тұтқыр сұйықтарды (мысалы, ауыр көмірсутектердің пиролизі), реакторларды – *пейштер* деп атайды.

11-реактор – көп қабатты (мысалы, бірнеше қабат катализатор) әрекеттесуші қоспаны аралық салқындату (немесе қыздыру) процестерін жүргізуге арналған реактор. Суретте салқын газды енгізу арқылы бірінші қабаттан соң суыту, жылу алмастырғыш көмегімен 2 және 3 қабаттан соң қыздыру көрсетілген.

12-реактор – көп қабатты газды, сұйық процестерге арналған. Өндірісте реакторлардың түрі (жалпы түрі бойынша да) бұдан да көп.

21-суреттегі 11-реакторға ұқсас реактор 22-суретте көрсетілген. Мұның барлық реакторларға тән құрылымдық элементтерін бөліп қарастырсақ, реактордың химиялық реакция өтетін жеріне бірнеше қабат катализатор салынған.

Бұл – барлық реакторларға тән реакциялық аймақ. Бастапқы реакциялық қоспа, жоғары штуцер арқылы беріледі. Газдың реакция аумағынан бірқалыпты өтуін қамтамасыз ету үшін, ағынды бөлуші орнатылған. Бұл – енгізу қондырғысы. 21-суреттегі газды бөлуші қондырғы – барботер. Ығыстырғыштарға реагенттермен жанасудың бірқалыпты болуын қамтамасыз ету үшін ерекше талап қойылады.



22-сурет. Реактордың құрылымдық элементтері.

1–реакция аумағы;

2–реакциялық қоспаны енгізу қондырғысы; 3–ығыстырғыш;

4–жылу алмастыру; 5–шығу қондырғысы. C_2 –Суық газ;

Ж–жылу тасығыш;

Б және Ө – бастапқы және соңғы сәйкес өнімдер

Бірінші (жоғарыда) және екінші қабаттар арасында 22-суретте ығыстырғыштар (3,2) – ағын – бірінші қабаттан кейін және қосылған сұйық газ, ал екінші қабаттан соң, жылу алмастырғыш (4) орнатылған, Өнімдер шығу қондырғыларынан (5) шығады. Ағынды бөлу қондырғылары болуы да мүмкін.

Енгізу, шығару, араластыру, бөлу, ағынды бөлу қондырғылары және жылу алмастырғыштарда – физикалық процестер аймағында жүреді. Реакция аймағында жүретін процесс, бірнеше жеке процестерден тұрады.

3.9. Химиялық технологиядағы фотохимиялық, радиохимиялық, плазмалы-химиялық процестер

Фотохимиялық реакциялардың механизмі, әрекеттесуші заттардың молекулаларын активтендіргенде фотондарды жұтуға негізделген. Жарық жұтқанда, молекула-лардың электрондық

құрылысы өзгереді: молекула химиялық реакцияларға қабілетті болады. Өндірісте көмірсутектерді хлорлау, бромдау процестері полистирол секілді (жоғары полимерлі қоспалар алу), парафиндерді сульфохлорлау осы әдіспен іске асады. *Фотосинтез* – табиғатта көміртегі қос оксидін ауадан алу, өсімдіктерде күннің жарығы арқылы көмірсулар синтезі, өсімдіктерде хлорофил пигментін сіңіру процестері.

Радикациялық – химиялық реакциялар иондалған сәулелер әсерінен жоғары энергия шығару арқылы, жиілігі жоғары электромагниттік тербелістер нәтижесінде (рентген сәулесі, γ -бөлшектер) және бөлшектердің үлкен энергиясы (жеделдетілген электрондар, β және α -бөлшектер, нейтрондар, т.б.) әсерінен жүреді. Сәулелендіру көзі ретінде изотопты қодырғылар (ұзақ өмір сүретін радиоактивті изотоптар, мыс Co^{60} , ядролық реакторлар бөлшектерді жеделдеткіштер, т.б.) қолданылады.

Плазма – заттың ерекше күйі, иондалған газ, құрамында зарядталған бөлшектер, бос – электрондар мен газ иондары бар. Иондану нәтижесінде плазма электрөткізгіш күйге енеді. Плазма күйі жоғары температурада, электр доғасы әсерінен, құбырларда – механикалық, электромагниттік соғу және жиілігі жоғары газ разрядтары мен ядролық реакциялар, т.б. әсерінен пайда болады.

Химиялық техникада төменгі температуралық плазма қолданылады. Ол плазмалық генераторларда (плазматрондарда) электр доғалық немесе индукциялық газ разрядтарының көмегімен алынады. Ал төменгі температуралық плазма 15000–30000⁰К жүретін процестер.

3.9.1. Электрхимиялық үрдістер

Химиялық үрдістер тұрақты электр тогының әсерінен жүретін өндірістер – *электрхимиялық өндірістер* деп аталады. Өнеркәсіпте кең қолданыс тапқан – сулы ерітінділер мен балқымалардың электролизі. Электрохимиялық әдістердің химиялық әдістерден біршама артықшылықтары да бар. Олар: технологиялық үрдістерді қарапайымдатады, шикізат пен энергия неғұрлым толық пайдаланылады, бір уақытта бірнеше құнды, әрі жоғары дәрежелі таза өнімдер алынады. Осы аталған жетістіктеріне байланысты

электрхимиялық үрдістер маңызды өндірістерде: хлор, сілтілер, сутегі, оттегі, бейорганикалық тотықтырғыштар (перманганаттар, персульфаттар, сутегі асқын тотығы, т.б.) өндіруде, металдар (алюминий, магний, цинк, натрий, мыс, т.б.) алуда және рафинадтауда, декорациялық және коррозиядан қорғағыш металл жапқыштар даярлауда пайдаланылады.

Электрхимиялық өндірістердің кемшілігі: жоғары энергия шығындары. Өнімнің өзіндік құнында, электр энергиясының шығынының үлесі көп. Сондықтан, электрхимиялық өндірістерде электр энергиясын үнемді пайдаланудың маңызы зор. Электролиз кезінде электр энергиясын тиімді пайдаланудың негізгі критерийі – ток бойынша шығыс пен энергияны пайдалану коэффициенті.

Ток бойынша шығыс η – электролиз кезінде, электр тогының белгілі бір мөлшерінің жұмсалуды нәтижесінде алынған зат мөлшерінің (G_ϕ), Фарадей заңдарына сәйкес бөлінуі керек зат мөлшеріне (G_T) қатынасы. Ток бойынша шығыс әдетте, пайызбен өрнектеледі:

$$\eta = (G_\phi / G_T) 100\%. \quad (3.53)$$

Алынған заттың теориялық мөлшері G_T (кг) мына формуламен анықталады:

$$G_T = I \tau E / 1000, \quad (3.54)$$

мұндағы I – ток күші, А; τ – электролиз ұзақтығы, сағ; E – электрхимиялық эквивалент – 1 А – ток/ сағ өткен кезде электродта бөлінетін зат мөлшері.

Өнеркәсіптік электролиз кезінде ток бойынша шығыс әрдайым 100%-дан төмен болады. Ол, химиялық және электрхимиялық қосалқы үрдістердің жүруіне байланысты. Ток бойынша шығысты өсіру үшін, осы үрдістердің әсерін төмендетуге мүмкіндік беретін шараларды қарастыру қажет.

Энергияны пайдалану коэффициенті μ , өнім бірлігінің бөлуіне қажет энергияның теориялық мөлшерінің, оның тәжірибелік мәніне қатынасымен өрнектеледі. Пайызбен, ол мынаған тең:

$$\mu = (W_T / W_{np}) \cdot 100. \quad (3.55)$$

Алынатын өнімнің бірлігіне жұмсалатын энергияның теориялық шығыны төмендегідей теңдеумен анықталады:

$$W_T = U_T / \tau / G_T, \quad (3.56)$$

мұндағы, ν_T – ыдыраудың теориялық кернеуі, В.

Энергияның тәжірибелік шығыны, электролиздерге берілген кернеуге $\nu_{таж.}$ байланысты.

$$W_{np} = (\nu_{np} I \tau / G_{\phi}) \cdot 100. \quad (3.57)$$

Демек, W_T мәнін (3.56) және (3.57) теңдеулерінен (3.55)-ке қоя отырып, аламыз:

$$\mu = (\nu_T / \nu_{np}) \eta \%. \quad (3.58)$$

Яғни, неғұрлым ток бойынша шығыс жоғары, әрі ваннадағы кернеу төмен болса, солғұрлым энергияны пайдалану коэффициенті жоғары болады. Электролиз теория бойынша ваннаға берілген кернеу, ыдыраудың теориялық кернеуінен (берілген шарттарда катодтық және анодтық тепе-теңдік потенциалдарының алгебрлық айырмасына тең), кемінде ең аз шексіз шамаға артқанда басталуы керек, яғни

$$\nu_T = \varphi_{ap} - \varphi_{kp}. \quad (3.59)$$

Тепе-теңдік, электродтық потенциалдар Нернст теңдеуі бойынша есептеледі:

$$\varphi = \varphi^0 \frac{RT}{zF} \ln C,$$

мұндағы φ^0 – стандарттық электродтық потенциал, В; R – газ тұрақтысы, атм/г моль град; T – температура, К; z – иондар зарядының саны; F – Фарадей саны, 96 000 Кл; C – концентрация, г-экв/л.

Ваннаға іс жүзінде теориялық кернеуден ν_T және концентрациялық кернеуді, сонымен қатар электролиттің, электродтардың, диафрагмалардың омдық кедергілерін жоюға жұмсалатын кернеуден тұратын қосындылық мөлшері беріледі:

$$\nu_{np} = (\varphi_{ap} - \varphi_{kp}) + \varphi_{кон} + (\varphi_a - \varphi_k) + \sum IR;$$

мұндағы R – кедергі, Ом.

(3.59) теңдеуі, кернеу балансын білдіреді. Өнеркәсіптік электролиздерде қолданылған шараларға қарамастан, нақты кернеу $\nu_{таж.}$ теориялықтан анағұрлым үлкен. Төменде натрий хлориді ерітіндісінің электролизіне арналған темірлі катодты және графитті-анодты ваннадағы кернеу балансы келтірілген

Анод потенциалы φ_{ap} , В.....	1,320
Катод потенциалы φ_{kp} , В.....	0,820
Хлор бөлінуінің асқын кернеуі φ_a , В	0,192
Сутегі бөлінуінің асқын кернеуі φ_K , В.....	0,210
Омдық шығындар $\sum IR$, В	1,051

Ток бойынша шығыс 96% болғанда, энергияны пайдалану коэффициенті мынаған тең:

$$\mu = \frac{1,320 + 0,820}{3,593} 96 = 57,2\%.$$

Балқымалар электролизі кезінде энергияны пайдалану дәрежесі бұдан да төмен. Мысалы, криолититте (Na_3AlF_6), Al_2O_3 -тен алюминийді алған кезде ваннадағы кернеу $U_{np} = 4,4B$. Ток бойынша шығыс 85%-ға жуық болған кезде, энергияны пайдалану коэффициенті $\mu = (1,1/4,4)85 = 20,3\%$. Бұл жағдайдағы энергия жоғалулары негізінен, үлкен омдық кедергілермен шартталған.

3.9.2. Жоғары температуралық процестер

Температураны көтеру – кинетикалық та, диффузиялық та аймақта өтетін химиялық-технологиялық процестердің тепе-теңдігіне де, жылдамдығына да әсер етеді. Сондықтан, температуралық кестені реттеу, процесс жылдамдығын және өнім шығымын арттырудың құралы. Кинетикалық аймақта өтетін процестерге температура әсері, реакцияның жылу эффектісіне (Q_p) байланысты.

Эндотермиялық қайтымды реакциялар температура әсерінен тез қарқынды жүреді. Себебі, температураның өсуімен Ле-Шателье принципі бойынша, тепе-теңдіктің орнауы тездетіліп, реакция да жылдам жүреді, яғни тепе-теңдік орнауына кететін уақыт азаяды.

Эндотермиялық реакцияларда тепе-теңдік тұрақтысының температураның (T) артуына орай өсуін төмендегі формуламен есептеуге болады:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{Q_p}{RT^2};$$

мұндағы Q_p – теріс мәнді болғандықтан,

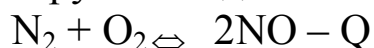
$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{Q_p}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right).$$

Экзотермиялық реакциялар үшін Q_p оң, болғандықтан,

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{Q_p}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

Тепе-теңдік тұрақтысы және өнімнің тепе-теңдікте өнім шығымы, эндотермиялық реакцияларда жылу эффектісіне тура пропорционал түрде өседі.

Эндотермиялық реакцияда температура (Т) өскен сайын, тепе-теңдіктегі өнім шығымының (x_p) артуын, азот оксидін элементтерден тура синтездеу процесінен көруге болады:



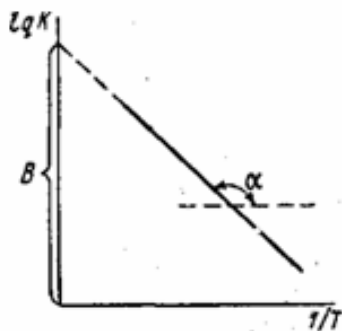
Бұл реакция үшін:

Т° К	1810	2000	2200	2700	3000
Тепе-теңдік концентрациясы					
NO x_p , түзілу. %	0,37	0,59	0,98	2,31	3,57

Жылдамдық тұрақтысының (k) температураға байланысты өсуін, эндотермиялық және экзотермиялық та реакциялар үшін Аррениус теңдеуімен өрнектеуге болады:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{RT^2} \quad \text{немесе} \quad \lg k = \lg k_0 - \frac{E}{RT \cdot 2,3}.$$

мұндағы E – белсенділік энергиясы; $\lg k_0$ және E/R – тұрақты коэффициенттер, тек осы реакцияға тән.



Теңдеуді пайдаланып, график түрінде реакция жылдамдығы тұрақтысының температураға байланысы 23-суреттегідей болады.

Түзу сызықты байланыс кез келген температурада екі белгісізі бар түзуді пайдаланып, реакция жылдамдығының тұрақтысын есептеуге болады. Осы график бойынша (23-сурет), k-ның мәнін әр түрлі температурада белсенділік энергиясын (E) және интегралдау тұрақтысын $\lg k_0 = B$

табуға болады, себебі $\operatorname{tg} \alpha = -\frac{E}{R}$.

Тұрақты k_0 – Аррениус теңдеуіндегі экспоненциальды көбейткіш–әрекеттесуші молекулалар табиғатын сипаттайды. k_0 көптеген тұрақтылар мәні қатарын құрайды, бинарлық реакцияларда молекулалардың соқтығысу санын көрсетеді (Авогадро саны, Больцман тұрақтысы, молекулалық массалар мен молекулалар радиусы), сонымен қатар стерикалық фактор да болып табылады. Себебі, реакция жүру үшін молекулалардың кеңістікте бағытталуын ескереді.

Химиялық реакциялардың жылдамдығының температураға байланысын кейде әр түрлі температурада (бір бірінен 10° -қа айырмасы бар), химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысымен анықтайды.

Бұл қатынас $\beta = \frac{k_{T+10}}{k_T}$ химиялық реакцияның температуралық коэффициенті деп аталады. Белгілі Вант-Гофф ережесі бойынша, температуралық коэффициент, 2–4-есеге тең. Яғни, температураны 10° -қа көтергенде, химиялық реакцияның жылдамдығы 2–4 есеге өседі.

Электрхимиялық және жоғары температуралық процестер, өндіріс мысалдарында толық қарастырылады, себебі тек мысалдармен ғана күрделі процестерді зерделеу оңайға түседі.

3.10. Технологиялық сұлбалар

Химиялық өндіріс – химиялық және физикалық процестер қатарынан тұрады. Олар аппараттарда тізбек немесе бір уақытта (параллель) өтуі мүмкін. Химиялық өнім өндіруде құрастырылған барлық аппараттардың жиынтығын – *химия-технологиялық жүйе* (ХТЖ) деп атайды. ХТЖ аппараттар арасындағы өзара байланыс, теңдеулер жүйесімен құралған математикалық модельмен өрнектеледі. Теңдеулер алдыңғы аппараттардағы технологиялық тәртіптің (концентрацияның, температура, т.б. жағдай көрсеткіштері) одан кейінгі аппараттардағы процесс жылдамдығына немесе жүру жағдайына әсерін көрсетеді.

3.10.1. Математикалық модельдеу

Лабораториялық эксперименттен өнеркәсіптің масштабты көлеміне ауысу кезінде өндірісті жобалау үшін модельдеу әдісі қолданылады. Модельдеу – жаңадан жасалынған нысаналар мен процестердің сипаттамаларын анықтап, нақтылау мақсатында табиғаты түрлі нысандарды, олардың аналогтарында зерттеу әдісі. Модельдеу мына сатылардан тұрады: модельді жасау, зерттеу, модельді зерттеу нәтижелерін түпнұсқадан масштабты түрде ауыстыру. Химиялық өндірістегі түпнұсқа – көптеген элементтердің өзара байланысқан өндірістік, химиялық-технологиялық процесс болып табылады. Бұл байланыстар ХТЖ әр түрлі деңгейінде жүзеге асырылатындықтан, ХТЖ үшін модель – жүйенің әрбір деңгейінен біртіндеп құрастырылады. Химиялық-технологиялық процестерді модельдеу әдісі 3 топқа бөлінеді:

1. *Эмпирикалық модельдеу* – зертханалық эксперимент нәтижелерін ірі лабораториялық, соңынан зауыт жағдайында жүретін химиялық-технологиялық процестерге дейін өңдеу арқылы өндірістің дамуы. Эмпирикалық модельдеу кезінде лабораториялық, пилоттық қондырғылар, тәжірибелік, жартылай зауыттық өндірістік модельдері болып есептеледі.

2. *Физикалық модельдеу* – ұқсастық принципін қолдануға негізделген. Ұқсастық принципі – өзара ұқсас құбылыстар ішінен, өлшемсіз критерийлердің жиынтығын қолдану арқылы, белгілі бір құбылыстардың тобын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл критерийлер зерханалық және өндірістік жағдайларда жүретін әр түрлі параметрлерді байланыстырады. Егерде процесті сипаттайтын шамалардың барлығы бірдей өзара қатынаста болса, оларды ұқсас процестер деп есептейді. Мысалы, Дамкелер критерийі:

$$D = \frac{a_i \cdot U \cdot l}{C_i \cdot \nu};$$

мұндағы C_i – концентрация; a_i – айнарудың стехиометриялық саны; U – реакцияның жылдамдығы; ν – ағын жылдамдығы; l – реактор ұзындығы. Осыдан, зертхана мен өндіріс процесі теңдігі көрінеді:

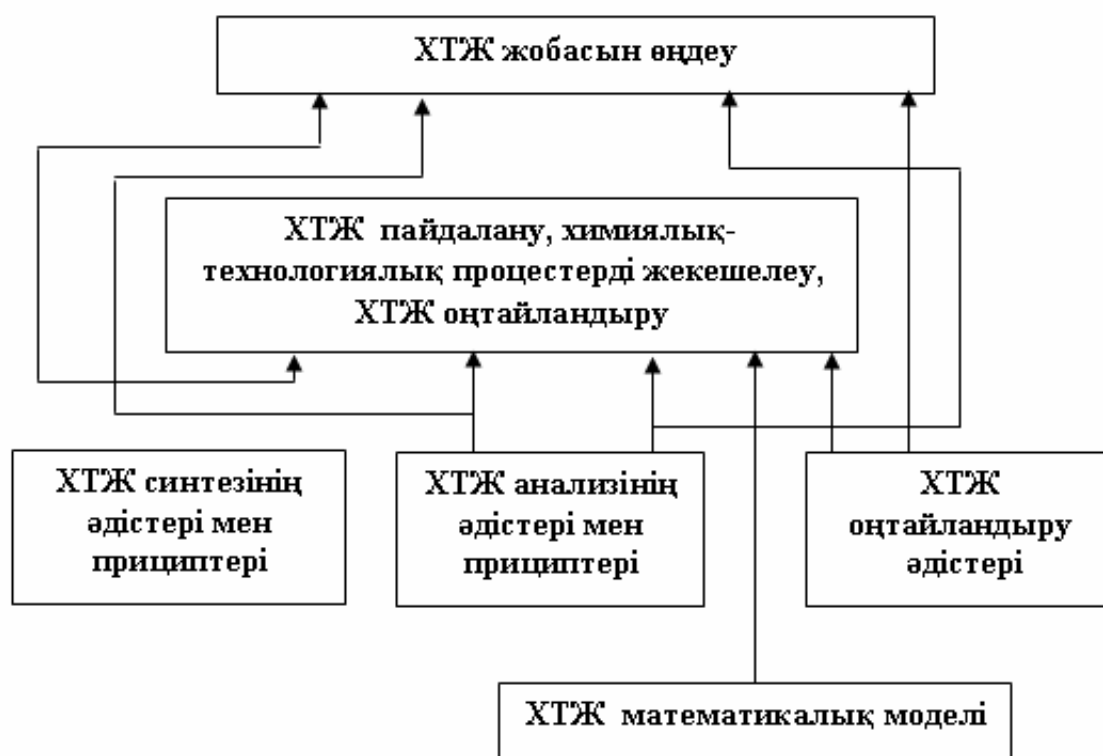
$$D_{\text{лаб}} = D_{\text{өндіріс}}$$

3. *Математикалық модельдеу* – тиімді әдіс. Математикалық модельдеу кезінде физикалық заттық нысананың орнына,

математикалық шамалар мен функционалдық тәуелділік қолданылады. Модель – математикалық тендеулер түрінде өрнектеледі. Математикалық модельдеудің негізі – өндеу процесін математикалық интерпретациялау. Математикалық модельдеу: химиялық-технологиялық процестің заңдылықтарын сандық түрде жазу; компьютер және электрондық есептегіш машиналар көмегімен зерттеу процестерін практикаға енгізуде қолданылады.

Математикалық модельдеу кезінде компьютер – материалдық модель рөлін атқарып, математикалық модельдің параметрлерін өзгерту арқылы берілген есептің оптимальды шешімін табады.

Математикалық модельдеу әдісі химиялық өндірістің материалдық, энергетикалық балансын есептеген кезде жаңа химиялық өндірісті жасағанда және жобалаудағы, бар химиялық-технологиялық процестерді құруда қолданылады (24-сурет).



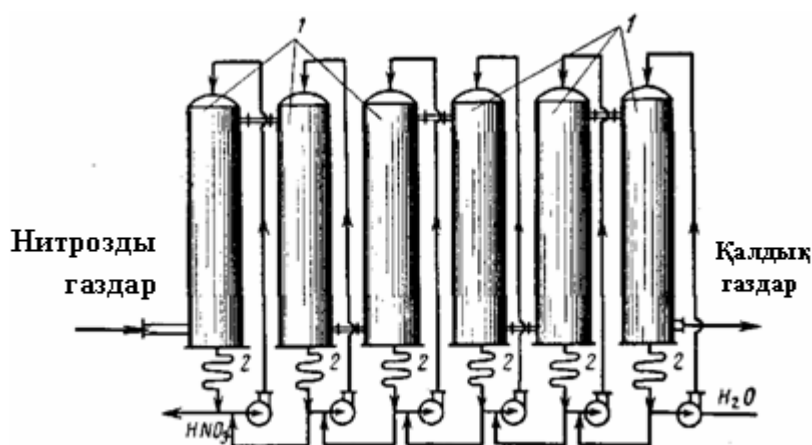
24-сурет. ХТЖ құрудағы математикалық модельдің орны

Математикалық модельдер негізінде өндірісте автоматтандырылған басқару жүйесі (АБЖ) іске асырылады. Процестерді тізбектеп өрнектеу немесе бейнелеу, өндірістің технологиялық

сұлбасы деп аталады. Технологиялық сұлбалар екі түрге бөлінеді: 1) ашық тізбекті; 2) циклді (жабық).

Ашық тізбекті сұлбалар негізгі химия-технологиялық процестің тепе-теңдік шарттары бойынша реакциялық қоспадан өнімді шығармай, түрлендірудің жоғары дәрежелеріне жету үшін қолданылады.

Ашық тізбекті сұлба әрекеттесуші құрамдастар бір рет қана өтетін аппараттардан тұрады. Егер бір аппаратта түрлену дәрежесі аз, әрі жеткіліксіз болса, онда сұлбада бірнеше тізбекке бір түрлі аппараттарды орналастырады. Газ фазасы бойынша ашық тізбекті процестің мысалы ретінде, азот қышқылы өндірісіндегі нитрозды газдарды қышқылдық абсорбция бөлімшесінің (цех бөлімі) технологиялық сұлбасын қарастыруға болады (25-сурет).



25-сурет. Азот қышқылы өндірісінде нитрозды газдарды ашық тізбекті схема бойынша сумен абсорбциялау:

1 – абсорбциялық мұнара; 2 – қышқыл тоңазытқыштар

Азот оксидтерінің абсорбция дәрежесі әрбір мұнарада салыстырмалы түрде аз ғана, бірақ тізбектей орналасқан алты мұнарада газдардан азот оксидтерін шығару дәрежесі шамамен 92%. Қалған нитрозды газдар кейінгі мұнараларда сілтімен сіңіріледі. Бұл сияқты технологиялық сұлбалар күкірт пен тұз қышқылдары өндірісінде, кейбір минералды тұздар өндірісінде пайдаланылады. Негізгі процесте тепе-теңдік шығымы аз химиялық-технологиялық жүйелерді қоспаның реакциялық аймақтан әрбір өткен сайын, өнімді шығарумен циклді сұлба бойынша іске асырады.

Циклді (айналмалы) сұлбада бір аппаратқа әрекеттесуші массаларды немесе гетерогенді процесте фазалардың біреуін,

көздеген түрлену дәрежесіне жеткенше бірнеше рет қайтарылып беруі алдын ала ескеріледі. Циклді сұлбаның типтік мысалы ретінде қазіргі аммиак синтезін (26-сурет), спирт, мотор майы синтездері, т.б. қарастыруға болады. Бұл процестер қазіргі уақытта жүргізілетін технологиялық режимнің негізгі көрсеткіштерінде (температура, қысым, катализатор белсенділігі) экзотермиялық реакциялар тепе-теңдік шарттары бойынша реактордан өткен, бастапқы заттардың көздеген өнімге түрлену дәрежесі тым аз. Алынған өнімді конденсация немесе абсорбция жолымен бөліп алған соң, реакциялық қоспа реакторға қайтарылып жіберіледі. Сөйтіп, бастапқы құрамдастар толық көздеген өнімге түрленгенше айнала береді. Айналып берілетін қоспаға бір циклде, шығынына тең мөлшерде жаңа шикізат қосылып отырады.

Қазіргі уақытта циклді сұлбалар аса маңызы болып келеді. Өйткені, бір жағынан процестің экономикалық көрсеткіштерін жақсартатын, шикізаттың жоғары дәрежеде пайдалануын қамтамасыз етеді. Ал екінші жағынан, қоршаған ортаға зиянды заттардың шығуы едәуір азаяды, бұл – экологиялық тұрғыдан өте маңызды.



26-сурет. Аммиак синтезінің айналымды схемасы:

1—жогарықысымды компрессор; 2—синтез колоннасы;

3—аммиакты конденсатор тоңазытқышы; 4—циркуляциялық сорпа

Гетерогенді процестерге негізделген көптеген жүйелерде құрастырылған технологиялық сұлбаларды пайдаланады. Оларда әрекеттесуші фазалардың біреуі аппараттарда кезекпен өтеді, ал екіншісі – жүйенің кейбір аппараттары арқылы бірнеше рет қайталап өтеді. Мысалы газ қоспаларын, күкірт сутегінен, күкірт диоксиді мен көміртегі диоксидінен тазалаудың абсорбциялы-десорбциялы

жүйелері газ фазасына қатысты ашық тізбек сұлбасымен, ал сұйық – фазаға қатысты циклді сұлбамен жұмыс істейді.

Қазіргі заманғы қуатты химиялық-технологиялық жүйелерде (оның ішінде аммиак, метанол, күкірт қышқылы өндірістерінде) шикізатты реакция басталу температурасына дейін қыздырып немесе тауарлық су буын алу үшін, химиялық реакциялардың жылуын толық қайта пайдалану, аса маңызды. Сонымен қатар, эндотермиялық процестердің орнын, газ бен сұйықтарды тасымалдауға жұмсалған электр энергиясының орнын толтыру үшін, отынның жану жылуын ұтымды пайдаланудың да үлкен маңызы бар.

Технологиялық сұлбаларға энергияны ұтымды пайдалану мақсатында түрлі жылу алмастырғыштарды, қайта өңдегіш қазандарды, газ турбиналар мен басқа энергия-технологиялық қондырғыларды ендіреді. Яғни, энергиялық-технологиялық сұлба құрылады. Жылу алмастырғыш элементтерді жиі реактор ішіне немесе реактормен серіктес энергиялық-технологиялық агрегат түрінде орнатады.

3.10.2. Технологиялық есептеулер

Технологиялық жағдай көрсеткіштерін реттей отырып, инженер-технолог жұмыс істеуші өндірісті басқару және шикізатты тиімді пайдалануға, дайын өнімнің көлемін арттырып, реакциялық аппаратураның ең жоғары өнімділігіне жетеді. Мұндай білім жаңа химиялық өндірістерді ұйымдастыруда бұдан да жоғары дәрежеде болуы қажет. Олар істеп тұрған өндірістер тәжірибесін немесе ғылыми-зерттеулер нәтижелерін пайдалану арқылы ұйымдастырылады. Жаңа өндірісті ұйымдастырғанда инженер-технологтар орындайтын – *технологиялық*, инженер-конструкторлар орындайтын – *конструкторлық*, инженер-экономистер орындайтын – *техника-экономикалық* есептеулерді жасау керек. Кез келген химиялық технологиялық процесс электр энергиясын, суды, буды, ауаны санитарлық мұқтаждарына (мысалы, вентиляция) пайдалануға байланысты, кез келген өндіріс құрылыс орындарына сәйкес орналастырылатындықтан, жоғарыда аталған мамандардан басқа жобалауда инженер-электриктер, сантехниктер, құрылысшылар, т.б.

қатысады. Барлық осы есептеулерге сәйкес, сызбалар мен сұлбалар жаңа технологиялық өндірістің жобасын құрайды.

Кез келген өндірісті жобалау, әдетте екі кезеңде іске асырылады. Бірінші кезеңде жоба тапсырмасында – құрылыс орны мен өндіріс әдісі, шикізат пен энергия қорының көздері мен шығындары таңдалып дәлелденеді. Сөйтіп, принципиалды технологиялық сұлба жасалады, негізгі процестер мен аппараттарды есептеу жүргізіледі, өндірістегі жұмысшылар штаты, құрылыс көлемдері мен дайын өнім бағасы анықталады. Жобалаудың негізін, технологиялық және техника-экономикалық есептеулер құрайды. Жобалаудың бірінші кезеңінің аяқтаушы сатысы – процестің экономикасын есептеу. Егер есептеу нәтижесінде процесс үнемсіз болып шықса, экономикалық көрсеткіштерді жақсарту жолдарын іздеп, жобалауды қайтадан бастайды.

Жоба тапсырмасын жан-жақты қарастырып, тиісті мекемелерде бекіткеннен кейін, жобалаудың екінші соңғы кезеңіне кіріседі. Екінші кезең – жұмыс сызбалары – барлық бөлімдер бойынша тиянақты орындалып, жобалық құжаттар тікелей құрылыс алаңына жіберіледі. Ол жерде құрылыс орындарын, технологиялық жабдықтарды құру, коммуникациялық жолдар мен автоматтандыру құралдарын орнатады.

Өндірісте бұл өнімді шығаруда үлкен тәжірибесі мол болса, оны алудың сондай бірнеше тәсілдері болса да, жобалауды екі кезеңде жүргізеді. Бұл жағдайда бірінші кезең – техника-экономикалық негіздеме (ТЭН) – негізінен экономистермен орындалады. Оның мақсаты – өндірістің түрлі тәсілдерін жан-жақты экономикалық талдау негізінде шикізат, энергия жұмыс күшімен, тасымалдау жолдарымен, т.б. қамтамасыз етуді есепке ала отырып, осы аймақ үшін ең қолайлысын таңдау. Жобалау мекемелерінің осы сияқты өндірісті жобалаудағы бай тәжірибесі болғандықтан, жобалаудың екінші кезеңі жұмыс сызбаларының өзі болуы мүмкін.

Егер мүлдем жаңа өндіріс жасалса, ол туралы мәліметтер тек ғылыми-зерттеулер нәтижесінде алынып, ұқсас өндірістерді жобалау тәжірибесі болмаса, жобалау үш кезеңде жүргізілуі мүмкін. Онда жоба тапсырмасынан соң жоба жасайды, бірақ онда техника-экономикалық негіздеме немесе жоба тапсырмасын қайталамау керек.

Технологиялық есептеулер, өндіріс әдісін таңдаудан басталады. Өйткені жобалау тапсырмасында, әдетте болашақ зауыт немесе цехтың жалпы қуаттылығы көрсетіледі. Өндіріс әдісін таңдауда қолданылатын әдістерді – алынған өнім, шикізат пен энергия шығынын, еңбектің санитарлық-техникалық жағдайларын, қосымша өнімдер мен өндіріс қалдықтарын, қазіргі қолданылатын әдістермен салыстырмалы бағалау тұрғысында жүргізеді. Әдісті түпкілікті таңдауда процестің экономикасы шешуші рөл атқарады.

Егер технологиялық процесс үздіксіз сұлба бойынша ұйымдастырылып, шикізат жеткілікті толық жұмсалса, өндіріс қалдықтары болмай, дайын өнім үлкен шығыммен алынса, барлық операциялар механикаландырылса, ал белгіленген тәртіп автоматты басқарылса, онда бұл процестің экономикалық көрсеткіштері де жоғары болады. Сондықтан, технологтар өндірістің тек осындай жетілдірілген әдістерін таңдауға ұмтылады. Осымен қатар, ғылым мен техниканың ең жаңа жетістіктерін кең қолданады. Өндіріс әдісін таңдау осымен бірге, технологиялық тәртіптің негізгі көрсеткіштерін таңдауды да, яғни катализаторларды, араластыруды, т.б. пайдалануды ұйғарады.

Өндіріс тәсілін таңдаған соң, технолог процестің технологиялық сұлбасын құрастыруға кіріседі. Оған барлық аппараттар және олардың бір-бірімен қатынас жолдары, шикізат пен дайын өнімді тасымалдау жолдары кіреді. Технологиялық сұлба ұқсас аппараттардың басқа өндірістерде жұмыс істеу тәжірибесін, машина және құралдар жасау саласындағы соңғы жетістіктерін пайдалану арқылы құрастырылады. Жаңа өндірісте негізінде әрқашан жаңа, жоғары өнімді, пайдалануы ұзақ мерзімді, қызмет істеуде қарапайым, әрі мүмкіндігінше жеңіл табылатын, арзан құрсастыру материалдарынан жасалған аппараттар қолданылады.

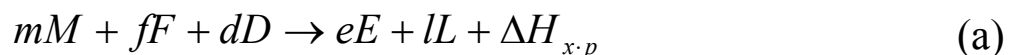
Өндірістің технологиялық сұлбасын құрастырып, шикізат, жартылай өнімдер мен дайын өнім бағыттарын анықтап, материалдық және энергетикалық баланстар құруға кіріседі.

Материалдық және энергетикалық баланстар. Технологиялық процестің кез келгенін сипаттау үшін материалдық және энергетикалық баланстар құрады. Жаңа өндірістерді жобалауда, істеп тұрғандарының жұмысын талдауда, материалдық және энергетикалық баланстар жүргізеді.

Материалдық баланс – зат массасы сақталу заңының заттық тұрғыда өрнектелуі, ол бойынша әрбір жабық жүйеде реакцияға түскен заттар массасы, реакция нәтижесінде алынған заттар массасына тең. Кез келген технологиялық процесте материалдық балансқа қатысты бұл технологиялық операцияға түскен заттар массасы – кіріс, оның нәтижесінде алынған барлық заттар массасына – шығысқа теңдігін көрсетеді.

Материалдық баланс – технологиялық процестің айнасы. Неғұрлым процесс толық зерделенген болса, солғұрлым толық материалдық баланс құруға болады. Материалдық балансты параллель және қосымша реакцияларды есепке алумен негізгі – қорытынды реакция теңдеуі бойынша құрады. Іс жүзінде, тек таза заттармен емес, күрделі химиялық және механикалық құрамды шикізаттар кездесетіндіктен, материалдық баланс құру үшін барлық құрамдастар массасын есепке алу керек. Ол үшін талдау мәліметтерін пайдаланған жөн.

Химиялық реакцияға негізделген технологиялық процесс мына сұлба бойынша өтеді делік:



мұндағы М, F, D – бастапқы шикізат; E және L – негізгі және қосымша өнімдер; m, d, f, e, l – стехиометриялық коэффициенттер; $\Delta H_{x.p}$ – химиялық реакцияның жылу эффектісі.

Материалдық баланс жиірек дайын (негізгі) өнім массасының бірлігінен құрылады. Бұл негізгі өнімнің G_E мөлшерін (кг-мен) алу үшін G_M , G_F және G_D (кг) шикізат жұмсау қажет. Бұл кезде міндетті түрде G_L қосымша өнім (кг) пайда болады. Онда материалдық баланс теңдеуі:

$$G_M + G_F + G_D = G_E + G_L + G_{K-3} \quad (3.48)$$

болады. Мұндағы G_{K-3} – шикізат пен дайын өнімнің керексіз шығындары, олар химиялық түрленудің толық жүрмеуіне, тасымалдауда және шикізат пен өнімді сақтауда механикалық шығындарға байланысты.

G_E мен G_K есептеу үшін (3.26) және (3.27) тәрізді кинетикалық теңдеулерді пайдаланады. Барлық материалдық есептеулерді жалпы кестеге жинайды.

Энергетикалық баланс энергия сақталу негізінде құрылады, оған сәйкес жабық жүйеде барлық энергия түрлерінің қосындысы келтіріледі. Әдетте, химия-технологиялық процестерде жылу балансы құрылады. Энергияның сақталу заңын жылу балансына қатысты төмендегідей түйіндеуге болады: өндірістің берілген цикліндегі жылу кірісі осы циклдегі шығысқа дәл тең болуға тиіс. Мұнда аппаратқа берілетін және химиялық реакция немесе физикалық түрлену нәтижесінде бөлінетін барлық жылу; әрбір аппарат немесе процеске кіретін, шығатын, құрамдаспен берілетін жылу, сонымен бірге қоршаған ортамен жылу алмасу да есепке алынуы қажет.

Жылу балансы да, материалдық баланс сияқты формулалар, кестелер мен диаграммалар түрінде өрнектеледі. Жылу балансына төмендегі шамалар кіреді:

1) Q_{ϕ} – процеске немесе аппаратқа берілетін материалдардың физикалық жылуы, бұл кейбір оқулықтарда материалдық жылу мөлшері деп аталады;

2) Q_p – химиялық реакциядан бөлініп шығатын жылу;

3) $Q_{\phi.t}$ – заттың физикалық түрлену нәтижесінде (физикалық абсорбция, адсорбция, кристалдану, т.б.) бөлініп шығатын жылу;

4) Q_o – аппаратқа (немесе процеске) сырттан берілетін жылу. Аталған шамалар кіріс баптарын құрайды.

Шығын жылуларын төмендегі шамалар құрастырады:

1) Q'_{ϕ} – аппарат немесе процестен өнімдермен шығатын физикалық жылу;

2) Q'_p – эндотермиялық реакцияға жұмсалатын жылу;

3) $Q'_{\phi.m}$ – физикалық түрлену (балқу, булану, десорбция, т.б.) нәтижесінде сіңірілетін жылу;

4) $Q_{ш}$ – қоршаған ортаға шығатын жылу шығындары.

Сонымен, бір мезгілде жылу шығару (Q_p , $Q_{\phi.t}$) және сіңірумен (Q'_p , $Q'_{\phi.m}$) өтетін процесс үшін құралған толық жылу балансы мына түрде болады:

$$Q_{\phi} + Q_p + Q_{\phi.m} + Q_o = Q'_{\phi} + Q'_p + Q'_{\phi.m} + Q_{ш} \quad (3.54)$$

(3.49) теңдеуінің әрбір шамасын анықтау, технологиялық процесті есептеу мен химиялық аппаратураны жобалаудың ең басты мақсаттарының бірі.

Материалмен кіретін жылуды әдетте теңдеу бойынша есептейді:

$$Q_{\phi} = G \cdot \bar{c} \cdot t \quad (3.55)$$

мұндағы G – материал массасы; $\bar{c}$ – материалдық орташа жылу сыйымдылығы; t – температура.

Берілген температура (t °C) үшін, процеске қатысушы таза заттардың жылу сыйымдылықтарын формула бойынша есептеуге болады.

$$C_p = a + bT + cT^2 + \dots \quad (3.56)$$

мұндағы a , b , c – сәйкес анықтамалық әдебиеттерде келтірілген коэффициенттер.

Іс жүзінде таза заттармен емес, қоспалармен жұмыс істейміз. Қоспаның жылу сыйымдылығы, аддитивтік заң бойынша есептеледі. Қарапайым қатты заттар үшін көпшілік жағдайда элементтердің атомдық жылу сыйымдылықтары бірдей, стандартты шарттарда 27 Дж/(моль·К)-ге жақын, ал молярлық жылу сыйымдылықтары, молекулаға кіретін элементтердің атомдық жылу сыйымдылықтарының қосындысына (сомасына) тең.

Мысалы, стандартты шарттарда (а) теңдеуімен өтетін реакцияның жылу эффектісін Гесс заңы бойынша барлық реакция өнімдерінің түзілу энтальпиялары мен барлық бастапқы заттардың түзілу энтальпияларының арасындағы айырма ретінде анықтауға болады:

$$\begin{aligned} (\Delta H^0_{x.p})_{298} &= \sum_{i=1}^K (n_i \Delta H^0)_K = \sum_{i=1}^m (n_i \Delta H^0)_H = \\ &= e\Delta H^0_E + \ell\Delta H^0_L - (m\Delta H^0_m + f\Delta H^0_f + d\Delta H^0_d) \end{aligned} \quad (3.57)$$

Әр түрлі элементтер заттарының стандартты шарттағы изобарлық энтальпиялары арнайы кестелер немесе диаграммаларда беріледі. Олар заттың бір моліне қатысты. 4-қосымшада химиялық технологияда жиі қолданылатын өлшем бірліктерінің кейбір түрлері келтірілген. Стандартты шарттар ретінде 25°C, температура 0,1 МПа қысым (1атм.) мен 1кг еріткішке 1моль еріген заттардың концентрациясы қабылданған. Газ бен ерітінділер – идеалды болып саналады.

Стандартты кестелерді заттың бір агрегаттық күйден екіншіге ауысу жылуын – физикалық түрленулердің, абсорбция, адсорбция,

десорбция, т.с.с., жылуларын анықтау үшін пайдалануға болады. Кестелік мәліметтер немесе есептеу формулалары болмаса, қажетті тұрақтыларды тәжірибелік жолмен есептейді.

Берілген температурада реакцияның жылу эффектісін анықтау үшін Кирхгоф теңдеуін қолданады, ол интегралдық пішінде мына түрде болады:

$$(\Delta H_{x.p}^0)_T = (\Delta H_{x.p}^0)_{298} + \int_{298}^T \Delta C_{op}(T) dT \quad (3.58)$$

мұнда

$$\Delta C_{op}(T) = \alpha + \beta T + \gamma T^2 + \dots \quad (3.59)$$

химиялық реакция барысында жүйенің жылу сыйымдылығының өзгеруі.

(3.56) теңдеуіне сәйкес (а) реакциясы үшін α , β және γ коэффициенттері былай анықталады:

$$\alpha = e \cdot a_E + \ell a_L - (m a_M + f a_F + d a_D) \quad (3.60)$$

$$\beta = e \cdot b_E + \ell b_L - (m b_M + f b_F + d b_D) \quad (3.61)$$

$$\gamma = e \cdot c_E + \ell c_L - (m c_M + f c_F + d c_D) \quad (3.62)$$

(3.58) және (3.59) теңдеулерін қоса, шешім – берілген температурадағы реакцияның жылу эффектісін есептейді:

$$(\Delta H_{x.p}^0)_T = (\Delta H_{x.p}^0)_{298} + \alpha(T - 298) + \frac{1}{2}\beta(T^2 - 298^2) + \frac{1}{3}\gamma(T^3 - 298^3) + \dots \quad (3.63)$$

Егер (а) реакциясымен өрнектелген процесс үшін энергетикалық баланс реакцияның негізгі өнімінің 1 т-сына құралған болса, онда

$$Q_p = \frac{(\Delta H_{x.p}^0)_T}{e} \cdot \frac{10^3}{M_E} \quad (3.64)$$

мұндағы M_E – Е заттың молярлық массасы, кг.

Аппаратқа жылу беруді (қыздыру), Q_0 жылу тасымалдағыштың жылу шығынымен есепке алуға болады, мысалы қыздыратын су үшін

$$Q_0 = G \cdot c(t_{\delta} - t_c) \quad (3.65)$$

бу үшін

$$Q_0 = G \cdot r \quad (3.66)$$

немесе жылу беті арқылы жылу өту формуласы бойынша

$$Q_0 = K_T \cdot F(t_{\delta.z} - t_{c.z}) \cdot \tau \quad (3.67)$$

мұндағы t_6 және t_c – судың сәйкес бастапқы және соңғы температуралары; r – бу пайда болу жылуы; K_T – жалпы жылу өту коэффициенті; F – жылу өту беті; $t_{к,з}$ – қыздыратын заттың температурасы; $t_{с,з}$ – қыздырылатын (салқындатылатын) заттың температурасы; τ – жылу өту уақыты.

Қоршаған ортаға жылу шығынын (3.67) теңдеуімен есептейді. Материалдық және жылу баланстары мәліметтері бойынша шикізат, дайын өнім, қосымша материалдар және өндіріс қалдықтарының сағаттық ағындарын; судың, жылу тасымалдағыштардың, электр энергиясы сағатының шығындары анықталады. Содан кейін, аппаратураны есептеуге кіріседі; сонымен бірге тасымалдау жолдарын және негізінен өндірістік ғимараттар, шикізат пен дайын өнім қоймаларының өлшемдерін таңдайды.

4 -тарау. ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ

Көптеген өндіріс қалдықтары қоршаған ортаға – ауаға, суға және топырақ-жер қыртыстарында тарайды. Фауна (жануарлар, жабайы аңдар дүниесі) және флораға (белгілі жердің, дәуірдің өсімдіктер дүниесі) қауіп төндіреді. Сол себепті келешекте қоршаған ортаны қорғаудың болашағын ойлау міндеті тұр. Қоршаған ортаны қорғау, негізінде екі жолмен шешілуі мүмкін: 1. Технологиялық процесс нәтижесінде өндірісте қалдық қалмауы тиіс. 2. Қандайда агрегаттық күйде болмасын, сыртқы ортаға шығатын қалдық тазартылуы керек. Қоршаған ортаға шығатын зиянды қоспалар мен қосылыстардан тазартылу әдістері, олардың қасиеттері мен агрегаттық күйіне байланысты әр түрлі болады.

4.1. Өндірістегі ағызынды суларды тазалау

Өндірістен шыққан ағын су құрамындағы қоспаларға және су қоймасына, өсімдіктерге, жануарлар организміне тигізетін әсеріне байланысты екі топқа бөлінеді.

1. Құрамында бейорганикалық қоспалар, соның ішінде ерекше улы заттар бар ағызынды сулар.

2. Құрамында органикалық қоспалар бар, соның ішінде ерекше улы заттар бар ағызынды сулар.

Бейорганикалық қоспалар (минерал қышқылдар, гидроксидтер, тұздар, ауыр металдардың иондары, т.б.) – су қоймасында тұздылықты арттырады, судың қасиетін өзгертеді, тірі ағзаға әсерін тигізеді және онда ерімейтін тұнба пайда болады.

Құрамында органикалық қоспалары бар ағын су биосфераға ерекше зиянды әсерін тигізеді, органикалық қоспалар су құрамындағы еріген оттекті әр түрлі тотығу процестеріне қатыстырып, байланыстырады. Алдыңғы қатарда аэробты процесте – органикалық қоспалардың биологиялық ыдырауы, оттегінің қатысуымен жүреді. Сол себепті су қоймаларында тірі организмдерге қажет оттегі жетіспегендіктен, тапшылық (дефицит) туындайды.

Ағын суды тазартатын әдістер, негізі мына принциптерге байланысты – механикалық, физика-химиялық, биологиялық және термиялық әдістерге бөлінеді. Ағын су құрамындағы қоспалар көп

компонентті, күрделі болса тазарту, комплексті (кешенді) түрде жүргізіледі.

Механикалық тазарту әдістері – негізгілері: тұндыру, мөлдірлендіру және сүзгіден өткізу.

Физика-химиялық әдістер – ұсақ дисперсті, коллоидтық және еріген заттарды тазартуға қолданады. Олар: флотация, коагуляция және флокуляция, еріткіштермен шаймалау, дистилляция және ректификация, адсорбция, т.б.

Шаймалау әдісін – көбіне өндіріс ағын суын фенолдардан, май қышқылдарынан, т.б. органикалық қоспалардан тазартуға қолданады. Фенолдарды шаймалауға жұмсалатын шаймалағыштар – бутилацетат, этилацетат, диизопропил эфирі мен бензол. Фенолдармен бірге, ағын су май қышқылдары мен күкіртті сутектен де тазартылады.

Азеотропты айдау – көптеген химиялық қоспалардың сумен азеотропты (құрамы, температурасы өзгермей айналатын ертінділер) қосылыстар түзуіне негізделген.

Ион алмасу әдісі – иониттердің ағын су құрамындағы иондармен өз құрамындағы иондарды алмастыруға негізделген.

Ион алмасу әдісін, суды тазарту сатыларының соңғы сатысында ағын суды терең тазартуға, қайта айналатын суды реттеуге және улы заттарды (анилин, формальдегид, сынап, т.б.) жоюға қолданады.

Адсорбциялау әдісі – ағын суды органикалық заттардан толық тазартатын қолайлы және жоғары нәтижелі әдіс. Белсенді сорбентті қолданып, тым аз мөлшердегі органикалық қоспалардан толық тазартуға болады. Сорбент ретінде – ұсатылған ағаш үгінділерін, ағаш күлін, шымтезек, саз, кокс ұнтағын қолданады. Ерекше жоғары нәтижелі сорбент – белсенділігі әр түрлі көмірлер.

Химиялық (реагенттік) әдістер – негізінде ағын су құрамындағы улы заттардың улылық дәрежесін басуға және бейорганикалық қоспалардан тазартуға негізделген. Реагенттік әдіске жататындар: қышқылдар және сілтілерді, иондарды ерімейтін қоспаларға айналдыру, бейорганикалық заттарды қоса тұндыру. Қышқыл ағын суды бейтараптауға жиі қолданылатын негіздер – күйдіргіш сілтілер, әк тастар, магнезит, сілті қалдықтары. Тым көп қолданылатын реагент – сөндірілген әк. Бейтараптау процесімен қоса, гидроксидтер мен карбонаттар да тұнбаға түседі. Химиялық әдістердің кемшіліктері – реагенттер көп жұмсалынады, тұндырғыш пен аппараттар көп орын

алады, жаңа қоспалар түзіледі – тұнбалар, олар көп мөлшерде жиналып, жер қыртысын ластайды.

Қалалық су тазартатын станцияларда ауыз суды хлорлап және озондау әдістерімен зиянсыздандыру (ауру жұқпайтын ету) жүргізіледі.

Ағын су құрамындағы органикалық қоспалар, цианидтер мен жағымсыз иісті заттар болса, оларды ерекше хлорлау және озондандыру әдістерімен өңдейді.

Биологиялық тазарту – өнеркәсіпте және күнделікті шаруаға қолданған суды тазартуға қолданылатын әдістерің ең негізгісі – су құрамындағы органикалық және кейбір бейорганикалық заттардың, микроорганизмдер әрекетімен биологиялық тотығуларына негізделген. Биологиялық тотығу процесі нәтижесінде – су, көміртек диоксиді, нитрат- және сульфат- иондары түзіледі. Оның қосымша құрамында әр түрлі бактерия топтарынан құралған биологиялық масса (белсенді лай, тұнба, өлі балшық) тұнады.

Биологиялық әдістермен тазартуға тиісті технологиялық жағдай жасалуы қажет. Себебі, микроорганизмдердің тіршілік әрекеттері 30-40°C және $pH=5,5-8,5$ болатын ортада жоғары болады.

Кейбір биологиялық әдіспен тазартылмайтын, мысалы "биологиялық қатаң" беттік белсенді заттарды (ББЗ) – биологиялық тотықпайтын заттарды басқа әдістермен, мысалы адсорбциялау арқылы тазартады.

Ағын суды биологиялық тазартудың екі жолы белгілі: аэробты ауадағы оттектің үздіксіз қосылуымен және анаэробты оттексіз. Аэробты әдіс – әмбебап, ең көп қолданылатын әдіс.

Анаэробты әдіс – ағын су құрамындағы органикалық қоспалардың концентрациясы тым жоғары болғанда немесе аэробты әдістің алдыңғы сатысында қолданылады.

Аэробты әдіспен тазарту көрсеткіштері (тотығу жылдамдығы, тиімділік тазалығы) – температураға, pH , араластыру қарқындылығына, судағы оттегі концентрациясына, улы заттар мен биогенді элементтердің (азот пен фосфор) мөлшеріне, биологиялық массаның қайта айналу мөлшеріне, т.б. факторларға тәуелді болады. Осы айтылған факторлар, белсенді лай мен биоқабықшадағы микроорганизмдердің биологиялық әрекеттерінің активтілігіне әсер етеді. Белсенді лай және биоқабықша аэробтық биологиялық

процестерден түзіледі. Аэробты әдіспен ағын суды тазартқанда, микроорганизмдер тіршілігіне қажетті биогендік элементтер – азотты және фосфорлы клеткалық заттар жеткілікті болуы қажет. Сол себепті ағын суға – аммоний сульфаты мен оның нитраты, карбамид, суперфосфат, биогенді қосындыларды қосады.

Аэробты биологиялық әдіспен ағын суды тазарту – егіс даласын суару, биологиялық тоғанда, биосүзгілерде, т.б. құрылыстарда (ғимараттарда) орындалады. Биологиялық әдістің кемшілігі – тотығу процесінің тым баяу жүруі, тазартылуға жататын құрылыстардың тым үлкен болуы.

Термиялық әдіс – ағын су құрамындағы органикалық қоспаларды жағу арқылы толық тотықтыруға негізделген. Органикалық қоспалар CO_2 , H_2O , N_2 және күлге айналады. "От әдісі" – құрамындағы улы қоспа бар аз көлемді ағын судан құнды еріген минерал қоспаларын бөліп алған соң, суды от жанып жатқан пешке шашыратады. Сөйтіп, ыстық су буға айналады, органикалық заттар жанады, минерал заттарда қатты немесе балқыған түрінде қалдық түзеді.

4.2. Атмосфераға шығарылатын газдарды тазарту

Өндірістен атмосфераға шығарылатын газдарды тазартуға негізінде сүзу, ылғалды тазарту, электрлі тазарту, адсорбция, абсорбция және катализдік әдістерді қолданады.

Сүзу әдісімен – механикалық ірілеу қатты қоспалардан тазартуға болады. *Ылғалды тазарту* – әр түрлі конструкциялы аппаратта газды жуып-шаймалауға және жоғарыдан суаруға негізделген.

Абсорбция әдістері – газ қоспасы құрамындағы компоненттердің сұйықтықта ерігіштігінің әр түрлілігіне негізделген.

Сіңірілген газ десорбцияланып, ал еріткіш – регенерацияланады (бастапқы қалпына келеді). Десорбциялау үшін жалпы қысымды төмендетіп, еріткіш газ арқылы инертті газды үрлейді. Мұнда температураны көтеру арқылы немесе аталған әдістерді бірлестіріп қолданады. Негізгі ескерілетін шарт: ерігіштің абсорбциялық сыйымдылығының жоғары болуы және абсорбентке тандамалылығы (селективтігі), парциалды қысымның аз болуы, термиялық беріктігінің жоғарылығы, құнының төмен болуы қажет. Еріткіш аппаратты коррозияға ұшыратпай, еріткіш құрамында қалатын газ

компоненттерімен әрекеттеспеуі керек. Әдістер – физикалық және химиялық болып екіге бөлінеді. Физикалық абсорбциялық әдісінде абсорбент ретінде: су, органикалық еріткіштер, сондай-ақ осы еріткіштердің судағы ертіндісін қолданады. Абсорбциялайтын зат пен еріткіш арасында реакция жүрмейді.

Хемсорбциялау процесінде абсорбцияланған газ молекулалары, абсорбенттің белсенді компонентімен реакцияласады. Ертіндінің сору қабілеті, хемсорбциялау процесіндегі реакция тепе-теңдігі константасына тәуелді болады.

Адсорбциялау әдістері – қатты сорғыштардың (адсорбенттердің) сыртқа шығатын газ құрамындағы компоненттерді талғап адсорбциялауға негізделген. Адсорбент сыйымдылығы – сіңіретін компонент (адсорбент) қасиетіне, адсорбенттің беткі қабатының химиялық күйіне, оның құрылымының кеуектілігіне, қысымға және температураға тәуелді. Адсорбциялау – физикалық және химиялық болып екіге бөлінеді. Физикалық адсорбция процесінде молекулалардың адсорбенттің беткі қабатымен әрекеттесуі – дисперсия, индукция және бағытталу (орентация) күштерімен анықталады. Химиялық адсорбцияда сорбенттің беткі қабаты адсорбентпен химиялық байланыс түзеді.

Газдарды адсорбциялау әдісімен тазартуға, кеуекті адсорбенттерді қолданады: активтелінген көмір, силикагель, цеолиттер (табиғатта кездесетін алюмосиликаттар), т.б. адсорбциялау белсенділігі жоғары және бастапқы күйінен жеңіл келетін заттар. Парциалды қысымдары тым аз сыртқа шығатын газдарды тазартуға, микрокеуекті құрылымды көмірлерді (молекулалық елек) қолданады.

Адсорбциялау әдісімен сыртқа шығарылатын газ, қалдық құрамынан: күкіртті қосылыстар, бу және газ тәріздес молекулалық массалары үлкен көмірсутектерінің қоспасы, хлор, бензол буының қалдығы сияқты улы компоненттер бөліп алынады.

Адсорбциялау процесі үздіксіз және оқтын-оқтын (периодты) жүреді. Периодты адсорбциялау процесінде жұмысын өтеген адсорбент, оқтын-оқтын жаңартылып, бу немесе ыстық газбен өңделіп регенерацияланады.

Үздіксіз адсорбциялау процесінде – гиперсорбцияда – (таңдамалы адсорбция арқылы газ қоспаларын ажырату) адсорбент пен тазартылатын газдың қозғалыс бағыттары қарама-қарсы болады.

Электрлік тазарту – нәзік дисперстік (тонкодисперсные) қатты және сұйық қоспалардан (аэрозоль, тұман) электродтарда тазартуға негізделген.

Химиялық әдістердің газдарды тазарту дәрежесі жоғары: сыртқа шығарылатын химия өндірістерінің құрамындағы улы компоненттерден тазартуға, хемосорбция әдісін қолданады. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісінде технологиялық процестің ең соңында, сыртқа шығарылатын газ қоспасындағы SO_2 және SO_3 аммиак суымен сорбцияланады (сорылады). Азот қышқылы өндірісінде қоспадағы азот оксидтері – сода ерітіндісімен, сілті ертіндісімен сорбцияланады.

Суперфосфаттар, т.б. фосфор тыңайтқыштарын өндіргенде SiF_4 - су және басқа абсорбенттермен абсорбцияланып, тазартылады.

4.2.1. Газдарды катализдік әдіспен тазарту

Катализатордың қатысуымен, қоспа құрамындағы компоненттер немесе қоспаға катализаторлармен бірге қосылған затпен реакцияласуына негізделген. Бұл әдіске гетерогенді – катализдік процестердің заңдылықтары толық қолданылады. Бұл әдістің ерекшелігі – газ құрамын тазарту дәрежесі өте жоғары. Оның кемшілігі – жаңадан түзілген затты газ қоспасынан бөліп алу (ажырату) қажет, олар жеңіл бөлінетін және зиянсыз заттар болуы қажет.

ЖАЛПЫ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ҚЫСҚАША ТЕРМИНОЛОГИЯЛЫҚ СӨЗДІГІ

Абсорбер – абсорбция (барботаж, насадкалы, көбікті, сұйықты шашырату) процесі жүретін аппарат.

Абсорбция – газды (немесегаз қоспасының компонентін) сұйықтың ерітінді түзе сіңіру *процесі*.

Адсорбция – бір немесе бірнеше компоненттің газ не ерітіндіден қатты дененің бетінде өздігінен жиналу процесі.

Адсорбциялық ауа тазалау әдістері – қатты сорғыштардың (адсорбенттердің) сыртқа шығатын газ құрамындағы компоненттерді талғап адсорбциялауына негізделген.

Адсорбциялық су тазалау әдісі – ағызынды суды белсенді сорбентті қолданып, аз мөлшердегі органикалық қоспалардан толық тазарту.

Азеотропты айдау – көпшілік химиялық қоспалардың сумен азеотропты (құрамы мен температуралары өзгермей айдалатын ерітінділер) қоспалар түзуіне негізделген.

Активаторлар – процесті жеделдететін заттар.

Ақпараттық басқару процесітері – зат пен ағынның күйі жөнінде ақпарат беру мен алуға, процесті басқару қондырғысынан белгі алатын және беруге жауапты операциялар.

Ассоциация – молекулалардың неғұрлым ірі молекулаларға біріктірілуі.

Биологиялық су тазарту – өнеркәсіп және күнделікті тұрмыста қолданған суды тазартуға қолданылатын әдістерің ең негізгісі, су құрамындағы органикалық және кейбір бейорганикалық заттардың, микроорганизмдер әрекетімен тазаруы.

Биотехнология – биологиялық процестер негізінде жүретін өндірістік әдіс.

Бос жыныс – тастандылар (хвосты).

Гравитациялық байыту – беріктігі әр түрлі ұсақталған материал бөлшектерінің әр түрлі жылдамдықпен құлауына, сұйық не газ ағынының шамасына не ортадан тепкіш күш әсеріне негізделген байыту әдісі.

Деполимерлеу – мономердің полимерден бөлінуі.

Десорбция – адсорбцияға қарама-қарсы процесс.

Диффузия – концентрацияның өздігінен теңелу процесі.

Жұмсалу коэффициенті – белгілі мөлшерде өндірілген өнімге жұмсалған шикізаттың, судың, энергияның және әр түрлі реагенттердің мөлшері.

Жылу алмасу процестері – қыздыру, суыту, фазалық күй өзгерісі.

Еңбек өнімділігі – жұмыскердің бірлік уақыт ішінде өндіретін өнімінің немесе өнім бірлігін өндіруге жұмсалатын жұмысшы уақытының мөлшері.

Ингибиторлар – процесті баяулататын катализаторлар.

Ион алмасу әдісі – иониттердің ағын су құрамындағы иондармен, өз құрамындағы иондарды алмастыруға негізделген.

Капиталдық шығын – кәсіпорын не цех құрылысын салуға жұмсалған барлық шығынның қосындысы.

Катализатор – химиялық реакцияны жеделдететін, бірақ өзі шығындалмайтын зат.

Концентрат – байыту нәтижесінде (пайдалы құраушылармен байытылған фракция) ұнтақталған масса.

Күйдіру – жоғары температурада заттың O_2 -мен әрекеттесу процесі.

Қарқындылық – уақыт бірлігі бойынша аппарат өнімділігінің, аппарат көлеміне не өнім өндіретін ауданына қатынасы.

Қосымша өнім – бастапқы табиғи шикізат әдетте қоспалардан тұратындықтан, пайда болатын өндіріске қатысы жоқ, қажетсіз өнім.

Масса алмасу процестері – еріту, кристалдау, кептіру, дистильдеу, ректификациялау, абсорбция, экстракция, десорбция, яғни концентрация градиентіне әсері бар және химиялық құрамы өзгеріссіз өтетін, фаза ішінде не фазалар арасында затты көшіру процесі.

Механикалық технология – материалдың пішіні немесе сыртқы түрі мен физикалық қасиеттері өзгертін процестер.

Механикалық және гидромеханикалық процестер – материалдарды араластыру, пішіні мен өлшемінің өзгерісі, сығу мен ұлғайту, ағынды араластыру (күю, қосу) және бөлу.

Механикалық суды тазарту әдістері – негізгілері: тұндыру, мөлдірлендіру және сүзгіден өткізу.

Өзіндік құн – кәсіпорынның өнімді дайындауға және тұтынуға кететін толық шығынның ақшамен өрнектелуі.

Өнім – дайындалған шикізат бірнеше айналымнан өтуі, өңделуі нәтижесінде негізгі пайда болған мақсатты зат.

Өнімділік – өндірілген өнімнің мөлшері немесе уақыт бірлігі ішінде өңделген өнім.

Өндіріс қалдығы – шикізатты өңдеуде пайда болған, құрамында зиянды заттар болуы немесе тастауға болмайтын пайдалы заттар бар, улы құрамдас бөлігін зиянсыз қалдыққа айналдыру және өндіріске қажетсіз өнімдер, ары қарай өңдеуге жатпайтын қоршаған ортаға шығарылатын заттар мен материалдар.

Өндіріс қуаты – зауыт, цех, аппараттың оптимальды жағдайдағы ең жоғарғы өнімділігі.

Өнімнің шығысы – алынған зат мөлшерінің теориялық мөлшерге қатынасы.

Орталық зауыт лабораториясы (ОЗЛ) – құрамында өндірісті бақылау және ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізетін бөлімшелері бар зертхана.

Пиролиз – термиялық ыдырау.

Полимерлеу – мономердің полимерге біріктірілу процесі.

Реактор – процесс жүретін қондырғы.

Сорбция – өндірісте газ қоспаларын ажырату үшін қоспа құраушыларын сұйық (абсорбция) немесе қатты (адсорбция) заттармен таңдамалы сіңіру тәсілі.

Термиялық байыту – қатты шикізатты құрастырушы балқығыштарының айырмашылығына негізделген байыту әдісі.

Техникалық бақылау бөлімі (ТББ) – жоғары сапалы өнім алуды қамтамасыз ететін бөлім.

Тұрақты компоненттер – өндірісте салынған (қондырғылар, конструкциялар) немесе оның барлық жұмыс істеу мерізіміне қатысатын қызметкерлер.

Технология – шикізатты қайта өңдеу тәсілдері туралы ғылым.

Технологиялық процесс – шикізатты өнімге дейін өңдеу операциялары мен процестер жиынтығы.

Ылғалды тазарту – әр түрлі конструкциялы аппаратта газды жуып-шаймалауға және жоғарыдан суаруға негізделінген ауа тазалау әдісі.

Химиялық байыту – шикізатты құраушылардың химиялық реагенттермен әрекеттесуі айырмашылықтарына негізделген байыту әдісі.

Химиялық өндіріс – шикізатты машиналар мен арнайы қондырғыларда химиялық әрекеттесуді (айналымды) пайдаланып, қажетті өнімге айналдыра өңдеу процестерінің жиынтығы.

Химиялық процестер – химиялық реакторларда заттың химиялық құрамын түбегейлі өзгертетін процестер.

Химиялық (реагенттік) әдістер – ағын су құрамындағы улы заттардың улылық дәрежесін басуға және бейорганикалық қоспалардан тазартуға негізделген.

Химиялық технология – өнім өндіру жолдары мен процестері туралы табиғи қолданбалы ғылым.

Химиялық-технологиялық процесс – бастапқы заттарды өнімге айналдырып, мақсатты өңдеудің химиялық және физика-химиялық процестерінің реті.

Химияландыру – халық шаруашылығында химиялық әдістерді, процестер мен материалдарды енгізу, қолдану.

Шаймалау әдісі – көбінесе өндірістік ағын суды фенол, май қышқылдарынан, т.б. органикалық қоспалардан тазартуға қолданады.

Шығындық коэффициент – жұмсалған шикізат пен материалдың, энергиясының өнім бірлігіне мөлшері.

Шикізат – өндіріс өнімдерін шығаруда пайдаланатын табиғи материалдар мен жартылай өнімдер.

Физика-химиялық су тазарту әдістері – ұсақ дисперсті, коллоидтық және еріген заттарды тазартуға қолдану.

Флотация – полиметалды сульфидті рудаларды ажырату, апатитті-нефелиннен бөлу, тас көмірлерді, т.б. минералдарды байыту үшін кең тараған байыту тәсілі. Флотация – сумен таңдамалы сулану және байытылатын минерал бөлшектерінің қойыртпақ күйде өткенде, ауа көпіршіктеріне жабысу айырмашылығына негізделген байыту әдісі.

Электрлік-магнитті және электрстатикалық байыту – шикізат құраушыларының магниттік қасиетінің немесе электр өткізгіштігінің айырмашылықтарына негізделген байыту әдісі.

Энергетикалық процестер – әр түрлі энергия түрлері (жылу, механикалық, электр) трубина, генератор, моторларда өзара түрлендіретін (ауыстыратын) процестер.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Алтухов К.В., Мухленов И.П., Тумаркина Е.С. Химическая технология. –М.: Просвещение, 1985. – 304 с.
2. Амелин А.Г. Общая химическая технология. –М.: Химия, 1977 г.
3. Бесков В.С. Общая химическая технология. Учебник для вузов. – М.: Академкнига, 2006.
4. Бесков С.Д. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. –М.: 2002.
5. Бесков С.Д., Белоцветов А.В., Ключников Н.Г., Славин Д.О. Основы химической технологии. – М.: ГУПИ МП РСФСР, 1962. – 407 с.
6. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1975.
7. Вольфович С.И., Роговин З.А. Общая химическая технология. –Т. 1, 2. –М.: 1953.
8. Дыбина П.В. и др. Расчеты по технологии неорганических веществ. М.: Высш. шк., 1987.
9. Қайырбеков Ж.Қ., Әубәкіров Б.А., Мылтықбаева Ж.К. Жалпы химиялық технология. Алматы, Қазақ университеті, 2009. – 244 б.
10. Лебедев П.Г. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1981.
11. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. М.: Химия, 1982.
12. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология. – М.: Высш. шк., 1990.
13. Общая химическая технология. /Под. ред. Мухленова И.Г. –М., Изд-во: «Высшая школа», 1970.
14. Общая химическая технология в 2-х частях. /Под ред. Мухленова И.П. –М.: 1977.
15. Соколов Р.С. Химическая технология. Т. 1. – М.: ВЛАДОС, 2003. – 368 с.
16. Соколов Р.С. Химическая технология. Т. 2. – М.: ВЛАДОС, 2003. – 448 с.
17. Сейлханов Т.М., Жакирова Н.Қ. Химиялық технологиядан тест тапсырмаларының жинағы. Әдістемелік құрал. Ш.Уәлиханов атындағы КМУ, Көкшетау, 2009 ж., 70 б.

18. Тойбаев Ы.Қ., Жұбанов Қ.А., Садықов Ү.Ә., Қоқанбаев Ә.Қ. Химиялық технологияның негіздері. Алматы: Қазақ университеті, 2008. – 350 б.

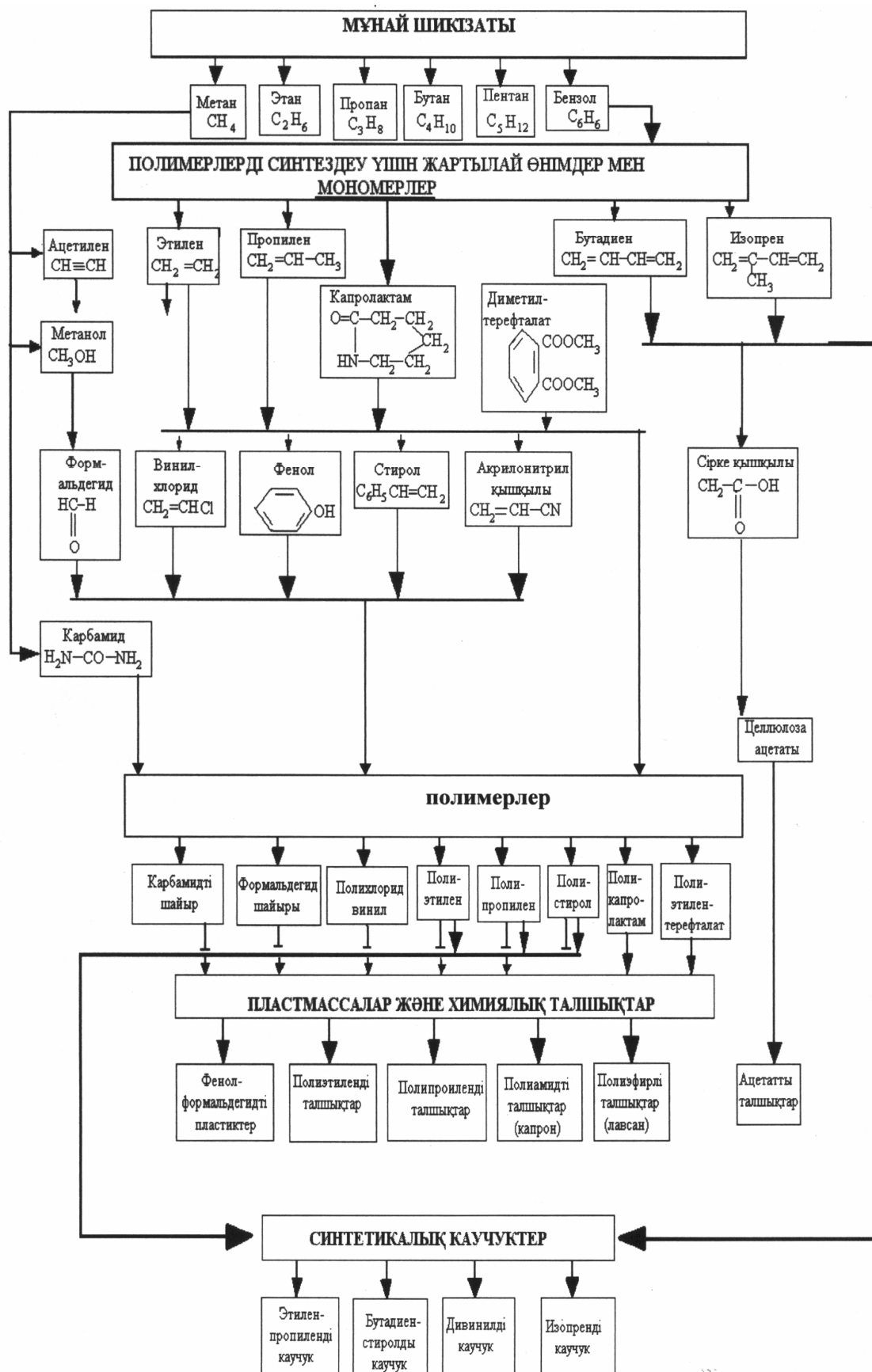
19. Увалиев Ю.К., Камысбаев Д.Х., Аубакирова Р.А., Кабдрахманова С.К. Химия и технология производства продуктов химической промышленности РК. Усть-Каменогорск: изд. ВКГУ, 2003. – 428 с.

20. Физико-химические закономерности химических процессов / Бесков В.С. и др. – М.: 1999.

21. Хартман К., Лецкий Э., Шефферов Н.Н. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977.

ҚОСЫМШАЛАР

1- қосымша



2- қосымша

Азот пен оттегін ауадан бөлу арқылы алу

O₂, Ar и N₂-тың критикалық нүктелері, балқу, қайнау температуралары

Газ	Балқу температурасы, °С	Қайнау температурасы, °С	Критикалық нүкте	
			Температура, °С	Қысым, Н/м ²
Оттегі	-218,4	-182,95	-118,8	5,135·10 ⁴
Аргон	-189,2	-185,7	-122,7	4,96·10 ⁴
Азот	-209,9	-195,8	-147,8	3,46·10 ⁴

3-қосымша

Отынның құрамы

Отын	Органикалық масса, %			Ылғал, %	Күл, %	Күкірт, %	Ұшқыш заттар шығысы, %	Жылу бергіштік қабілеті, кДж/кг
	С	Н	О+N					
Ағаш отын	44,0	6,0	50,0	30-40	0,4	0,0	>70	18 850
Торф	59,0	6,0	35,0	25	4,5	0,4	70	23 900
Қою көмір	70,0	5,5	24,5	≤ 50	4,0	2-3	45-55	25 550
Тас көмір	82,0	5,0	13,0	3-8	6,0	2-6	8-50	33 920
Антрацит	95,0	2,0	3,0	1,3	6,0	1-2	8	33 500
Тақта тастар	75,0	10,0	15,0	15,0	50,0			33 920

Өлшем бірліктері

СИ жүйесінің бірлігі

Метрлік (жүйеден тыс) бірліктер

1. Ұзындық бірліктері

метр (м)

метр (м)

микрометр, мкм = 10^{-6} м

1 микрон (мк)

нанометр, нм = 10^{-9} м1 ангстрем ($\text{\AA}$) = 10 нм**2. Көлем бірліктері**куб дециметр (дм³)1 литр (л) = 1,000028 дм³кубический сантиметр (см³)1 миллилитр (мл) = 1,000028 см³**3. Масса бірліктері**

килограмм (кг)

1 тонна (т) = 10^3 кг**4. Күш бірліктері**

ньютон (Н)

1 килограмм-күш (кгк) = 9,80665 Н

1 тонна-күш (тк) = 9806,65 Н

5. Жұмыс және энергия бірліктері

джоуль (Дж)

1 килограмм-күш-метр (кгк · м) =
= 9,80665 Дж

килоджоуль (кДж)

1 эрг (эрг) = 10^{-7} Дж

1 ватт · сағ (Вт · сағ.) = 3600 Дж

1 киловатт · час (кВт · ч) = $3,6 \cdot 10^6$ Дж

1 калория (кал) = 4,1868 Дж

6. Қысым бірлігі (кернеу)

ньютон квадрат метрге

1 бар (бар) = 10^5 Па(Паскаль) (Н/м²=Па)1 дин/см² = 0,1 Н/м² = Па1 кг/см² = 98066,5 Н/м² = Па

1 мм сутек. бағ. = 9,8065 Па

1 мм сын. бағ. = 133,322 Па

1 атмосфера (атм) = 101 325 Н/м² = Па**7. Қуат бірліктері**

ватт (Вт)

1 к · м/с = 9,80665 Вт

1 эрг/с = 10^{-7} Вт

1 ат күші (а. к.) = 735,499 Вт

1 ккал/сағ. = 1,163 Вт

1 ккал/сек = 4,1868 Вт

8. Динамикалық тұтқырлық бірліктері

Ньютон секундына	1 пуаз (Пз) = $0,1 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$
квадрат метрге ($\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$)	1 сантипуаз (сПз) = $10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$
	1 кг · с/м ² = $9,80665 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$

9. Кинематикалық тұтқырлық бірліктері

$\text{см}^2 / \text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$	1 стокс (Ст) = $1 \text{ см}^2 / \text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$
	1 сантистокс (сСт) = $10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$

10. Тығыздық бірліктері

$\text{кг} / \text{м}^3$	1 т/м ³ } = 1 000 кг/м ³
	1 кг/дм ³ } = 1 000 кг/м ³
	1 г/см ³ } = 1 000 кг/м ³
	1 кг/дм ³ } = 999, 979 кг/м ³
	1 г/см ³ } = 999, 979 кг/м ³

11. Массалық шығын бірліктері

$\text{кг} / \text{с}$	1 кг/сағ. = $278 \cdot 10^{-6} \text{ кг} / \text{с}$
	1 кг/мин = $16,67 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{с}$

12. Көлемдік шығын бірліктері

$\text{м}^3 / \text{с}$	1 м ³ /сағ = $278 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$
	1 л/сағ = $278 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 / \text{с}$
	1 л/мин = $16,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$
	1 дм ³ /с = $10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$

13. Температураны өлшеу бірліктері

Кельвин градусы, К	°С; $T = t + 273,15$
	°С = $T - 273,15$

14. Меншікті жылу сыйымдылығы бірліктері

$\text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{град} = 10^{-3} \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{град}$	1 кал/г · град = $4186,8 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{град})$
	1 ккал/кг · град = $4,1868 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{град})$
$\text{Дж} / \text{м}^3 \cdot \text{град} = 10^{-3} \text{ кДж} / \text{м}^3 \cdot \text{град}$	1 ккал/м ³ · град = $4186,8 \text{ Дж} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$

МАЗМҰНЫ

АЛҒЫ СӨЗ.....	3
КІРІСПЕ	5
1-тарау. ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ ҒЫЛЫМЫ.....	7
1.1. Химиялық технология пәні, міндеттері мен маңызы.....	7
1.2. Химиялық технологияның даму тарихына қысқаша шолу.....	11
1.2.1. Қазақстанда химия өндірісінің дамуы.....	14
1.3. Химиялық өндірістердің маңызы және даму бағыттары...	16
2-тарау. ХИМИЯЛЫҚ ӨНДІРІС ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ- ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ.....	22
2.1. Химиялық өндірістің құрылымы, құрамы және құраушылары	24
2.1.1. Химиялық өндірістердің құраушылары	26
2.1.2. Химиялық өндіріс құрамы	26
2.2. Химиялық өндіріс химиялық-технологиялық процестердің техника-экономикалық көрсеткіштері	28
2.2.1. Химиялық өндірістің экономикалық тиімділігі	33
2.4. Химиялық өндірістегі шикізат ресурстары.....	35
2.4.1. Шикізат сипаттамасы және қорлары.....	35
2.4.2. Шикізатты байыту принциптері.....	38
2.4.3. Шикізатты кешенді пайдалану және экология проблемаларымен байланысты оның болашақ бағыттары....	47
2.4.4. Азықтық шикізатты азықтық емес және өсімдік шикізаттарын минералды шикізатпен алмастыру.....	48
2.5. Химиялық өндірістегі энергетика ресурстары.....	49
2.5.1. Энергияны ұтымды (рационалды) пайдалану.....	54
2.6. Химиялық өндірістегі судың рөлі.....	56
2.6.1. Ауа және су – химия өндірісінің шикізаттары.....	56
2.6.2. Судың кермектілігі.....	60
2.6.3. Өндірістік су дайындау.....	62
3-тарау. ХИМИЯЛЫҚ – ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ.....	70
3.1. Химия-технологиялық процестердің жүру жағдайлары.....	70
3.2. Химиялық-технологиялық процестердің жіктелуі.....	72
3.3. Химиялық процестер стехиометриясы.....	77
3.4. Технологиялық процестердегі тепе-теңдік.....	82

3.5. Химиялық-технологиялық процестердің термодинамикасы мен кинетикасы.....	85
3.5.1. Химиялық өзгерістер термодинамикасы.....	85
3.6. Технологиялық процестердің жылдамдығы.....	93
3.6.1. Гомогенді химиялық процестердің жылдамдығы.....	103
3.6.2. Гетерогенді жүйедегі процесс жылдамдығының ерекшелігі.....	105
3.7. Каталитикалық химиялық процестер.....	109
3.7.1. Гомогендік каталитикалық процестер сипаттамасы.....	111
3.8. Каталитикалық химиялық процестердің реакторлары.....	114
3.9. Химиялық технологиядағы фотохимиялық, радиохимиялық, плазмалы-химиялық процестер.....	121
3.9.1. Электрхимиялық процестер.....	122
3.9.2. Жоғары температуралық процестер.....	125
3.10. Технологиялық сұлбалар.....	127
3.10.1. Математикалық модельдеу.....	128
3.10.2. Технологиялық есептеулер.....	132
4-тарау. ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ.....	140
4.1. Өндірістегі ағызынды суларды тазалау.....	140
4.2. Атмосфераға шығарылатын газдарды тазарту.....	143
4.2.1. Газдарды катализдік әдіспен тазарту.....	145
ЖАЛПЫ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ҚЫСҚАША ТЕРМИНОЛОГИЯЛЫҚ СӨЗДІГІ.....	146
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР.....	150
ҚОСЫМШАЛАР.....	151

Оқулық басылым

ЖАЛПЫ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

Жакирова Нұрбибі Құныпияқызы

(050720-Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы
мамандығы студенттеріне арналған)

Оқу құралы

АБО РБ бастығы
Редакторы
Компьютерде беттеген

З. Ғубайдулина
К. Мүптекеқызы
А.Н. Оразалиева

Басуға қол қойылды 28.05.2012 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 9,9 есепті-баспа табақ. Шартты б.т. 9,2. Тапсырыс № 591.

Бағасы келісімді

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы,
Ақпараттық-баспа орталығы,
Алматы, Сәтбаев к., 32

ISBN 978-601-228-352-5

