ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

М.ӘУЕЗОВ атындағы ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ

ЖАНМОЛДАЕВА Ж.К.

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

химия-технологиялық, механикалық және педагогикалық мамандықтарының студенттері үшін

Шымкент, 2013

ӘОЖ 542 (075.8)
КБЖ 24.12я73

Ж.К.Жанмолдаева. Химиялық технологияның теориялық негіздері. Оқу құралы/ - Шымкент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2013.- 176б.

Оқу құралы жоғары оқу орындарында химия-технологиялық, механикалық және педагогикалық мамандықтар бойынша білім алатын студенттерге арналған. Оқу құралында химиялық өндіріс және оның құрылымы; химиялық өнеркәсіптің шикізат және отын-энергетикалық қорлары, оларды жіктеу және қолдану, энерготехнологиялық жүйелер құру принциптері туралы жалпы мәліметтер; ХТЖ-ң технологиялық операторлары мен байланыстары, моделдері туралы жалпы мәліметтер, ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау есептерінің маңызы; ХТП, оларды жіктеу белгілері, ХТП-гі тепе-теңдік және оны есептеу; біртекті, әртекті және әртекті-катализдік процестер, олардың жүру аймағын анықтау әдістемесі, жылдамдығы және оларды үдету жолдары қарастырылған. Әр бөлімнен кейін бақылау сұрақтары берілген. Оқу құралында студенттердің алған білім деңгейін тексеруге арналған тестік тапсырмалар және қолданылған әдебиеттер тізімі берілген.

Рецензенттер:
Тұртабаев С.Қ. – т.ғ.д., профессор, Қ. А.Яссауи атындағы ХҚТУ вице-президенті.
Ташқараев Р.А. – т.ғ.д., профессор, ҚИПХДУ «Химия және биология» кафедрасының меңгерушісі.
Анарбаев А.А. – т.ғ.д., профессор, М.Әуезов атындығы ОҚМУ-ң Химия-технологиялық факультетінің деканы.

Басуға ҚР БжҒМ РОӘК-нің М.Әуезов атындағы ОҚМУ-і жанындағы химия-технологиялық мамандықтары бойынша оқу-әдістемелік секциясы ұсынған, №15 хаттама, «23».05.2013ж.

© М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2013ж.

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз..... 6
Кіріспе..... 8
1 бөлім. Химиялық өндіріс..... 14
1.1 Химиялық өндіріс туралы түсінік..... 14
1.1.1 Химиялық өндірістің жалпы технологиялық құрылымы..... 14
1.1.2 Химиялық өндірістегі негізгі процестер..... 16
1.1.3 Негізгі технологиялық компоненттер..... 16
1.1.4 Химиялық өндірістің нәтижелілігін сандық және сапалық бағалау көрсеткіштері..... 18
1.2 Химиялық өндірістің шикізат көздері..... 24
1.2.1 Шикізаттар мен қосымша материалдардың сипаттамасы және жіктелуі..... 24
1.2.2 Қазақстан химия өнеркәсібінің шикізат базасының сипаттамасы. 27
1.2.3 Химия-технологиялық процестегі шикізатты дайындау..... 28
1.2.4 Шикізаттардың байыту әдістері..... 29
1.2.5 Шикізаттардың кешенді өңдеу..... 31
1.2.6 Өнеркәсіптің су дайындау..... 32
1.3 Химиялық өндірістегі энергия..... 40
1.3.1 Энергетикалық қорлардың жалпы сипаттамасы..... 40
1.3.2 Отын-энергетикалық қорларын жіктеу..... 41
1.3.3 Энергияны және екінші реттік энергия қорларын тиімді пайдалану..... 44
1.3.4 Энерготехнологиялық жүйелер..... 46
1.4 Бақылау сұрақтары..... 47
2 бөлім. Химиялық өндіріс – химия-технологиялық жүйе (ХТЖ)..... 48
2.1 Химиялық технологияның әдістері..... 48
2.1.1 Химиялық өндірістің иерархиялық ұйымдастырылуы..... 48
2.1.2 ХТЖ-і дайындау барысындағы жүйелік талдау әдістері..... 49
2.1.3 Химиялық өндіріс нысандарын математикалық моделдеу..... 50
2.2 ХТЖ-ң құрылымы мен сипаттамасы..... 53
2.2.1 Химиялық өндіріс – ХТЖ..... 53
2.2.2 Технологиялық операторлар, олардың жіктелуі..... 55
2.2.3 ХТЖ-ң элементтерінің технологиялық байланыстары, олардың

қолданылуы мен сипаттамасы..... 56
2.2.4 ХТЖ-ң моделдерін жіктеу, олардың қолданылуы мен сипаттамасы..... 58
2.3 ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау..... 62
2.3.1 ХТЖ-і талдау есептері, талдау түрлері..... 62
2.3.2 ХТЖ-ң материалдық және энергетикалық баланстарын есептеу және құрастыру әдістемесі..... 64
2.3.3 ХТЖ-і синтездеу және оптималдау есептері..... 69
2.3.4 ХТЖ-і дайындаудың негізгі кезеңдері..... 70
2.4 Бақылау сұрақтары..... 73
3 бөлім. Химия-технологиялық процестер 74
3.1 Негізгі жағдайлар..... 74
3.1.1 Химия-технологиялық процестер (ХТП), ХТП-і жіктеу..... 74
3.1.2 ХТП-і термодинамикалық талдау..... 76
3.1.3 Химиялық реакциялардың тепе-теңдігін есептеу..... 78
3.1.4 Тепе-теңдікті ығыстыру заңдары..... 83
3.1.5 Ле-Шаталье принципіндегі температура, қысым және реагенттердің артық мөлшерлері бойынша шектеулер..... 86
3.2 Біртекті химиялық процестер..... 89
3.2.1 Біртекті химиялық процестердің жылдамдығы..... 89
3.2.2 Процестің ең жәй сатысы туралы түсінік..... 94
3.2.3 Тиімді температуралар туралы түсінік..... 95
3.2.4 Біртекті процестерді үдету жолдары..... 97
3.3 Әртекті химиялық процестер..... 98
3.3.1 Әртекті химиялық процестердің жылдамдығы..... 98
3.3.2 Әртүрлі жүйелердегі әртекті процестердің кинетикалық моделдері..... 101
3.3.3 Әртекті процестердің элементарлы сатылары мен жүру аймақтары..... 111
3.3.4 Әртекті процестердің ең жәй сатысын анықтау әдістері..... 112
3.3.5 Әртекті процестерді үдету жолдары..... 114
3.4 Әртекті-катализдік процестер..... 114
3.4.1 Катализдік процестердің жалпы сипаттамасы..... 114
3.4.2 Катализатордың химиялық реакцияның механизіміне әрекет ету принципі..... 115

3.4.3 Катализдік процестерді жіктеу..... 117
3.4.4 Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамалары..... 118
3.4.5 Өнеркәсіптік катализаторларға қойылатын талаптар..... 121
3.4.6 Әртекті-катализдік процестердің кинетикасы..... 122
3.4.7 Әртекті-катализдік процестерді үдету жолдары..... 124
3.5 Бақылау сұрақтары..... 124
4 Тестік тапсырмалар..... 126
5 Қорытынды..... 174
6 Әдебиеттер тізімі..... 175

АЛҒЫ СӨЗ

«Қазақстан-2050» стратегиясының мақсаты заманауи білім беру, кадрларды даярлау мен қайта даярлау жүйесінің негізгі бағдарлары ретінде инновациялық зерттеулерді дамыту, білімнің маңыздылығын жоғарылату болып табылады. Демек қазіргі кезде химиялық және онымен іргелес кәсіпорындар үшін білікті, бәсекеге қабілетті мамандар даярлаудың маңызы өте зор және бұл жоғары оқу орындарының алдында тұрған ең негізгі мәселелердің бірі болып саналады.

Химиялық өнімдер өндірістерінде типтік химия-технологиялық әдістер қолданылады. Сондықтан химиялық технология бакалаврлары химиялық технологияның жалпы принциптерін, химия-технологиялық процестердің жалпы заңдылықтарын және оларды тәжірибеде қолдану әдістерін білулері қажет. Осы тұрғыда химиялық технологияның теориялық негіздерін оқып үйрену маңызды болып саналады.

Оқу құралына химиялық өндіріс және оның құрылымы, химиялық өндірістің негізгі компоненттері мен процестері, оның нәтижелік көрсеткіштері туралы мәліметтер; химиялық өнеркәсіптің шикізат және отын-энергетикалық қорлары, оларды жіктеу және қолдану, энерготехнологиялық жүйелер құру принциптері туралы жалпы мәліметтер енгізілген. Химиялық технологияның әдістерін зерттейтін бөлімде химия-технологиялық жүйе (ХТЖ) туралы жалпы мәліметтер, ХТЖ-і моделдеу мен жүйелі талдау, ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау есептерінің маңызы көрсетілген. Химия-технологиялық процесс (ХТП), оларды жіктеу белгілері, ХТП-гі тепе-теңдік және оны есептеу мысалдары келтірілген. Біртекті, әртекті және әртекті-катализдік процестердің кинетикасы, олардың жүру аймағын анықтау әдістемелері, процестердің жалпы жылдамдығы және оларды үдету жолдары қарастырылған. Мәтіндерді мазмұндау барысында химиялық технологияның нақты мысалдары қолданылған.

Оқу құралының әр бөлімінен кейін бақылау сұрақтары, соңында студенттердің алған білім деңгейін тексеруге арналған тестік тапсырмалар және қолданылған әдебиеттер тізімі берілген.

Оқу құралында қазіргі заманның талаптарына сай заманауи ғылыми жетістіктер ескерілген. Оқу құралы автордың «Жалпы химиялық технология» курсын жетілдірудегі оқу-әдістемелік тәжірибесіне негізделген.

Оқу құралының мәтіні қарапайым және қол жетімді түрде сипатталған. Оқу құралы химия-технологиялық, механикалық және педагогикалық мамандықтарының студенттеріне арналған. Оқу құралының «Жалпы химиялық технология», «Химиялық технология», «Негізгі өндірістер технологиясы» және «Технологиялық процестердің заңдылықтары» пәндерін оқып үйренуде, студенттердің өзіндік жұмысын, курстық және дипломдық жобаларды орындауда көмегі өте зор.

Оқу құралында жалпы қабылданған қысқартулар қолданылған және олардың сипаттамасы мәтінде алғаш қолданылған кезде берілген.

Оқу құралы СМЖ ОҚМУ ПР 7.03-2012 «Оқу-әдістемелік үрдісін басқару» стандартына сай құрастырылған және оның құрамына оқу құралының барлық құрылымдық элементтері енгізілген.

КІРІСПЕ

Технология деген сөз гректің екі сөзінен тұрады: «технос» (techno) - өнер немесе кәсіп және «логос» (logos) - ғылым. Яғни, технология дегеніміз өнер немесе кәсіп туралы ғылым. Қазіргі кездегі химия өнеркәсібінің даму дәрежесі технология сөзіне тіпті жаңа мағына береді. Сонымен, **технология** дегеніміз табиғи шикізаттардан өндіріс құралдарын және тұтынушылық өнімдерді алуға бағытталған үнемді тәсілдер мен процестер туралы ғылым.

Технология **механикалық және химиялық** болып екіге бөлінеді. Механикалық технологияда заттардың сыртқы түрі және физикалық қасиеттері өзгеретін процестер, ал химиялық технологияда химиялық заттардың құрамы, қасиеттері және ішкі құрылысы өзгеретін процестер қарастырылады. Бұл жіктеу шартты болып саналады, өйткені заттардың сыртқы түрі өзгергенде көп жағдайда оның ішкі құрамы мен химиялық қасиеттері де өзгереді. Мысалы, құю өндірісі механикалық технологияға жатады, бірақ металды балқыту барысында химиялық реакциялар да жүреді. Сонымен қатар, барлық өзгерістерде химиялық процестермен қатар механикалық процестер де жүреді. Сондықтан, қазіргі уақытта химиялық өзгеріс ретінде өзара өте тығыз байланысқан физикалық және химиялық процестердің жиынтығы қарастырылады. Бұл байланыс өмірдің бірлігін, дүниенің түрлі-түсті қозғалысының өзгеруін көрсетеді.

Өндіріс тәсілі дегеніміз шикізаттың одан өнім алуға дейін өтетін барлық операциялардың жиынтығы. Өндіріс тәсілі сәйкесті машиналар мен аппараттарда жүретін жүйелі операциялардан тұрады. Операциялардың жиынтығы **химия–технологиялық жүйе (ХТЖ)** деп аталады, ал ХТЖ-нің сипаттамасын **технологиялық үлгі** деп атайды.

Химиялық технологияның **зерттеу нысаны** – химиялық өндіріс, **зерттеу мақсаты** – тиімді технологиялар құру, **зерттеу әдістері –** тәжірибелік, моделдеу және жүйелі талдау.

Химиялық технологияның тарихы химиялық өнеркәсіптің дамуымен тікелей байланысты. Алғашында химиялық технология сипаттамалы ғылым болған. Негізгі химиялық өнімдердің өндірісі XV ғасырда Еуропада, XVI-XVII ғасырларда Ресейде басталды. 1932жылы жасанды каучук зауытын жұмысқа қосылуы химияның нағыз жеңісі болып табылады. Қазақстанда 1934жылы Шымкент қорғасын зауыты, 1955жылы Өскеменде қорғасын-мырыш комбинаты

және титанды-магнийлі комбинат, 1958жылы Балхашта Таукен-металлургиялық комбинаты, Жамбылда (қазіргі Тараз) суперфосфат зауыты және ″Химиялық өнеркәсіп өндірісі″, 1964жылы Павлодар алюминий заводы іске қосылды. Органикалық синтез, пластмасса, жасанды талшықтар, күрделі дәрі-дәрмектер өнеркәсіптері, байланысқан азот зауыттары, отын, мұнай және ағаш өңдеу кәсіпорындары және т.б. құрылды. Соңғы жылдары биохимиялық өнеркәсіп қарқынды дами бастады.

Химиялық өнеркәсіп халық шаруашылығын көптеген өнімдермен қамтамасыз етеді. Бұл өнімдерсіз қазіргі қоғамда өмір болмас еді. Табиғи отын кендерін (тас көмірді, мұнайды, шым тезекті және тақта тасты) химиялық өңдеу нәтижесінде халық шаруашылығында өте маңызды және қажетті тас көмір, мотор отындары, жанармайлар, жанғыш газдар және көптеген органикалық заттар алынады. Химия және химиялық өнеркәсіптің нәтижесінде аммиак, азот, күкірт және фосфор қышқылдары өндіріледі, ал олардан минералды тыңайтқыштар алынады. Табиғатта өте көп таралған ас тұзынан күйдіргіш натрий, хлор, тұз қышқылы, сода алынады, ал олар болса аллюминий, шыны, сабын, мақта-қағаз, жүн маталарын, пластмассалық заттарды, жасанды талшықтарды және т.б. заттарды алатын өндірістерде қолданылады. Химиялық өндіру нәтижесінде ағаштан пластмассалар, белсендірілген көмір, түтінсіз оқ-дәрі, сірке қышқылы, этил және метил спирттері, канифоль және т.б. заттар алынады.

Қазіргі заманда химияның дамуы металлургия және машина жасау өнеркәсібінің, космонавтика, авиация және жеңіл көлік, құрылыс заттар және халық қолданатын көптеген тауарларды өндіру өнеркәсіптерінің қарқынды дамуын қамтамасыз етеді.

Техникалық даму жолдарының ішіндегі ерекше орын алатыны – халық шаруашылығын химияландыру. **Химияландыру** дегеніміз халық шаруашылығына химиялық әдістерді, процестерді және заттарды енгізу. Бұл өнеркәсіпті өте тиімді жүргізуге, шикізаттарды кешенді пайдалануға және қалдықсыз өндірістерді зерттеп дайындауға мүмкіндік береді. Жоғары сапалы және тиімді минералды тыңайтқыштарсыз, улы химикаттарсыз және жасанды жемдерсіз қарқынды ауыл шаруашылығы болуы мүмкін емес. Жер шарының тіршілік тараған аймағын (яғни биосфераны) қорғау үшін газдарды және ағызынды суларды тазалаудың химиялық әдістері қолданылады. Тұрмыста, коммуналдық шаруашылықта көптеген химиялық өнімдер қолданылады.

Химиялық өнеркәсіптің ең маңызды **мақсаттарына** ауыл шаруашылығын өндіріс құралдарымен және халықты халықшаруашылық тауарларымен қамтамасыз ету жатады.

Химия және химиялық технологияның түрлі энергияларды қолдануда, ауыл шаруашылық кәсіпорындарын көбейтуде, қалдықсыз технологиялық процестерді құруда, түрлі өнеркәсіп қалдықтарын тазалауда және оларды залалсыздандыруда маңызы шексіз.

Қазіргі кезде ғылыми-техникалық прогрестің дамуы химиялық техниканың жаңаруына, еңбек өнімділігінің артуына, дайын өнімнің сапасының жоғарлауына және оның өзіндік құнының төмендеуіне бағытталған.

Химиялық технологияның дамуының негізгі өзара байланысты бағыттары:

1. Аппараттардың геометриялық өлшемдерін үлкейту.
2. Аппараттардың жұмысын қарқындату.
3. Өте қиын жұмыстарды механикаландыру.
4. Электронды есептегіш машиналарын (ЭЕМ) қолдану арқылы ХТЖ-і және аппараттарды автоматтандыру.
5. Мерзімді процестерді үздіксіз процестермен алмастыру.
6. Экзотермиялық реакциялардың жылуын және эндотермиялық реакцияларға сырттан берілетін жылуды толық қолдану.
7. Өндіріс сатыларын азайту және тұйық (циклді) жүйелерге өту.
8. Қалдықсыз (азқалдықты) өндірістер құру.

Ал енді, осы аталып өткен бағыттардың әр қайсысын жеке қарастырып өтейік.

1. Аппараттардың геометриялық өлшемдерін үлкейту олардың өнімділігін жоғарылтуға және жұмыс істеу бабының жақсаруына алып келеді. **Өнімділік** дегеніміз бір мезгіл уақыт аралығында өндірілген өнімнің немесе өңделген шикізаттың мөлшері. Аппараттардың геометриялық өлшемдерін үлкейту және оның өнімділігінің жоғарылауы құрылысқа кеткен барлық қаражаттардың шығынын азайтады және өнеркәсіпті автоматтандыруды жеңілдетеді.

2. Аппараттардың жұмысын қарқындату дегеніміз оның геометриялық өлшемдерін өзгертпей өнімділігін жоғарылату. **Аппараттың жұмысының қарқындылығы** дегеніміз оның өнімділігінің аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы. Аппараттың жұмысын қарқындатудың екі жолы бар: 1) аппараттардың құрылысын жетілдіру; 2) аппараттарда жүретін технологиялық процестерді жетілдіру.

3. Механикаландыру дегеніміз адамның қолымен жасайтын жұмыстарды машиналық жұмысқа ауыстыру. Бұл жағдайда аппараттардың жұмысын қарқындату және жұмысшылардың санының азайту нәтижесінде жұмыс өнімділігі жоғарылайды.

4. Автоматтандыру дегеніміз өндірістік процестерді адамның қатынасынсыз, тек қана оның бақылауымен жүзеге асыруға мүмкіндік беретін аспаптарды қолдану. Автоматтандыру – механикаландырудың ең жоғарғы сатысы. Автоматтандыру жұмыс өнімділігін жоғарылатуға және өнімнің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Химиялық өнеркәсіпте, көптеген өндіріс процестерінде басқарушы электронды–есептегіш машиналары қолданылатын автоматтық басқару жүйелерін қолдану өте тиімді.

5. Мерзімді процестерді үздіксіз процестермен алмастыру өнімділікті жоғарылатуға, процестерді үдетуге, өнімнің сапасын жоғарлатуға, жұмыс шарттарын жақсартуға және жұмыс өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Мерзімді процесстерде шикізатты тиеу және дайын өнімді шығару барысында аппарат тоқтап тұрады. Бұл процестерді механикаландыру және автоматтандыру өте қиын. Мерзімді процестердің өнімділігі төмен және энергетикалық шығыны көбірек болады. Сондықтан мерзімді процестерді үздіксіз процестермен ауыстыру қажеттігі туындайды.

Үздіксіз процестерде шикізаттарды тиеу және өнімді шығару процестері үздіксіз жүреді. Үздіксіз процестерде аппараттардың жұмысы тоқтатылмайды, сондықтан олардың өнімділігі жоғары, технологиялық ереженің параметрлері (температура, концентрация, қысым және т.б.) бірқалыпты болады. Демек, өнімнің сапасы да жоғары болады.

Технологиялық процестердің ерекшеліктеріне байланысты **жартылай үздіксіз** процестер де қолданылады. Бұл процестерде реакторға шикізаттар үздіксіз беріліп өнімдер мерзімді шығарылады немесе шикізаттар мерзімді беріліп өнімдер үздіксіз шығарылады

6. Экзотермиялық реакциялардың жылуын және эндотермиялық реакцияларға сырттан берілетін жылуды толық қолдану. Қазіргі кезде көптеген өндірістерде энерготехнологиялық жүйелер құрылуда. Көптеген химиялық реакторларда жылуалмастыру элементтері орналыстырылған. Бұл аппараттар шикізаттарды реакция температурасына дейін жылытумен қатар дайын өнімді салқындату үшін және экзотермиялық реакциялардың жылуын қолдану арқылы су буын алу үшін де қолданылады. Бұл өте тиімді, өйткені қазіргі кезде халықты арзан және ыңғайлы энергиямен қамтамасыз ету өте

күрделі проблема болып саналады. Себебі дәстүрлі энергия көздері (мұнай, табиғи газдар, ағаш, шым тезек, тас көмір және т.б.) өте жылдам өндіріліп және қолданылып жатыр. Сондықтан химиялық өндірісте энергиялық және технологиялық аппараттарды өзара байланыстару өте тиімді болып саналады.

7. Өндіріс сатыларын азайту және тұйық (циклді) жүйелерге өту - құрылысқа қажет қаржылар мөлшерінің және өнімнің өзіндік құнының азайуына алып келеді. Мысалы, синтез газын алу, метанолды синтездеу және метанолды тотықтырудан тұратын үш сатылы процесті метанның формальдегидке дейін тотығуынан тұратын бір сатылы процеспен алмастыруға болады. Циклді жүйелерге өту технологиялық үлгідегі аппараттар санын шамамен 3 есе қысқартуға мүмкіндік береді.

8. Қалдықсыз (азқалдықты) өндірістер құру - шикізаттың құрамына кіретін барлық құнды заттарды өңдеу нәтижесінде экологиялық және өнімнің өзіндік құнын төмендету проблемаларын кешенді шешу болып табылады. **Қалдықсыз өндіріс** дегеніміз тұйық материалдық және энергетикалық ағындары бар тиімді технологиялық жүйе. Идеал жағдайда мұндай өндірістерде ағызынды сулар, газды және қатты қалдықтар болмауы керек. Бірақ нақты жағдайда бұл мүмкін емес, сондықтан қалдықтары барынша аз технологиялар құруға тырысады.

Көрсетілген бағыттардың әрқайсысын бағалай отырып, көп жағдайларда оларды жинақты қолдануға болатынын және де өндірісті ұйымдастыру мен басқаруды, ғылыми ізденістер мен жобалау жұмыстарын жетілдіру арқылы химиялық өндірісті жандандыруға болатыны даусыз.

Атомдық техниканы, плазмалық және лазерлік технологияларды, фотохимиялық, радиация-химиялық және биохимиялық процестерді қолдану көптеген өндірістердің нәтижелілігін жоғарылатады. Мысалы, **атомдық энергияны** қолдану жүздеген мың градус температураны, әсіресе төмен температуралы плазманы (1000-10000К) алуға мүмкіндік береді. Ал, **плазмохимиялық процестерді** қолдану өте жоғары температурада (10^3 - 10^4) жүретін қайтымды эндотермиялық айналдыруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мұндай процестерге N0-ң тікелей синтезі, метан мен бензиннен ацетилинді өндіру, дицианның тікелей синтезі, фтордың түрлі қосылыстарының синтезі және т.б. жатады.

Лазерлік техника өте нәзік ерекше кристалды құрылымы және берілген қасиеттері бар қатты заттарды, сонымен қатар катализаторларды, жартылай өткізгіштерді, молекулалық торларды, адсорбенттерді және т.б. синтездеуге

мүмкіндік береді.

Фотохимиялық реакциялар жарық энергиясының күшімен жүзеге асырылады немесе жылдамдайды, бұл процестер табиғатта да өндірістерде де жүреді. Көмірсутектерді хлорлау және бромдау, көпстиролды синтездеу, парафиндерді сульфохлорлау және хлорофилдің көмегімен фотосинтездеу осындай процестердің тобына жатады.

Өнеркәсіптегі **биохимиялық технологияның** орыны ерекше, себебі химиялық өндірістерде қолданылатын катализаторлармен салыстырғанда тірі жасушалар жоғары белсенді, нәзік іріктеуші биологиялық катализаторлар болып табылады, олардың тиімділігі мен төменгі температурадағы қабілеттілігі өте жоғары болып саналады. Ағзада синтезделген ферменттер (немесе энзимдер) мен гармондар, сонымен қатар жасушаға сырттан берілетін дәрумендер биологиялық катализаторларға жатады.

Өнеркәсіптік жағдайда биологиялық процестер спирттер, ацетон, органикалық қышқылдар өндіруде, ағызынды суларды биологиялық тазарту, түрлі-түсті металдарды биологиялық шоғырландыру процестерінде және т.б. қолданылады. Бұл процестер микроағзалардың қатысуымен және төмен жылдамдықпен жүреді, сондықтан қанағаттанарлық нәтиже бере алмайды. Дегенмен, тірі табиғатта жүзеге асатын өндірістік катализдік процестерді қолдану, тамақ қорларын кеңейтумен қатар химиялық өнеркәсіптің көптеген салаларын түгелдей жаңадан құрастыруға мүмкіндік берер еді.

Биохимиялық процестерді болашақта атмосфералық азотты байланыстыру, ақуыздар мен майларды синтездеу, органикалық синтезде және т.б. басқа процестерде қолданылатын болады. Осы процестерді жүзеге асыру маңызды мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, атап айтқанда адамзатты жоғары құнарлы өнімдермен, дәрі-дәрмектермен және дәрумендермен, ауылшаруашылығын зиянкестерімен күресуге қажетті құралдармен және т.б. қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

1 бөлім. Химиялық өндіріс

1.1 Химиялық өндіріс туралы түсінік

1.1.1 Химиялық өндірістің жалпы технологиялық құрылымы

Алдында айтып өткендей, адамзаттың өмірінде химиялық өнеркәсіп өте маңызды орын алады. Химиялық өндірістер халық шаруашылығын мыңдаған өнімдермен қамтамасыз етеді.

Химиялық өндіріс дегеніміз тиісті аппараттар мен машиналарда жүргізілетін, үнемді тәсілдермен шикізаттардан өнеркәсіп өнімдерін алуға бағытталған операциялардың жиынтығы.

Енді химиялық өндірістің жалпы технологиялық құрылымын қарастырамыз.

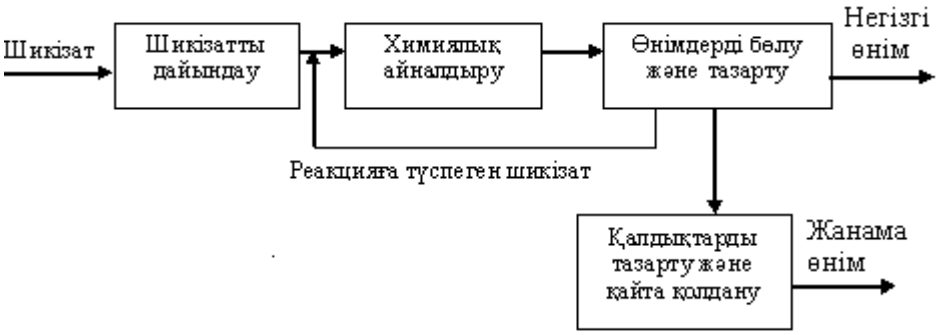
Химиялық өндірістің операциялары үш топқа бөлінеді. Бірінші топқа – шикізатты химиялық айналдыруға дайындау операциялары жатады. Шикізатты дайындау операцияларына заттарға физикалық әсер ету: ұнтақтау, еріту, жылыту, байыту, қоспалардан тазарту және т.б. операциялар кіреді.

Шикізаттар дайындау сатысынан кейін **химиялық айналдыру** сатысына беріледі, бұл процестің нәтижесінде күрделі қоспа пайда болады. Бұл қоспаның химиялық құрамы бастапқы заттың құрамынан ерекше болады. Реакциялық қоспа химиялық реакцияның нәтижесінде пайда болған өнімдерден (негізі және жанама) және реакцияға түспеген шикізаттардан тұрады. Сондықтан, химиялық өндірістің үшінші операциялар тобы осы күрделі қоспаны бөлуге бағытталған. Қоспаны бөлу үшін гидромеханикалық, жылу- және массаалмасу процестері (сүзу, ректификациялау, экстракциялау және т.б.) қолданылады. Реакциялық өнімдер дайын өнімдер қоймасына немесе әріқарай өндірілуге бағытталады, ал реакцияға түспеген шикізаттар процестің басына қайтарылады. Сонымен, оперциялардың үшінші тобы – **дайын өнімді бөлу және тазарту**. Химиялық өндірістің құрылымы 1.1-ші суретте көрсетілген.

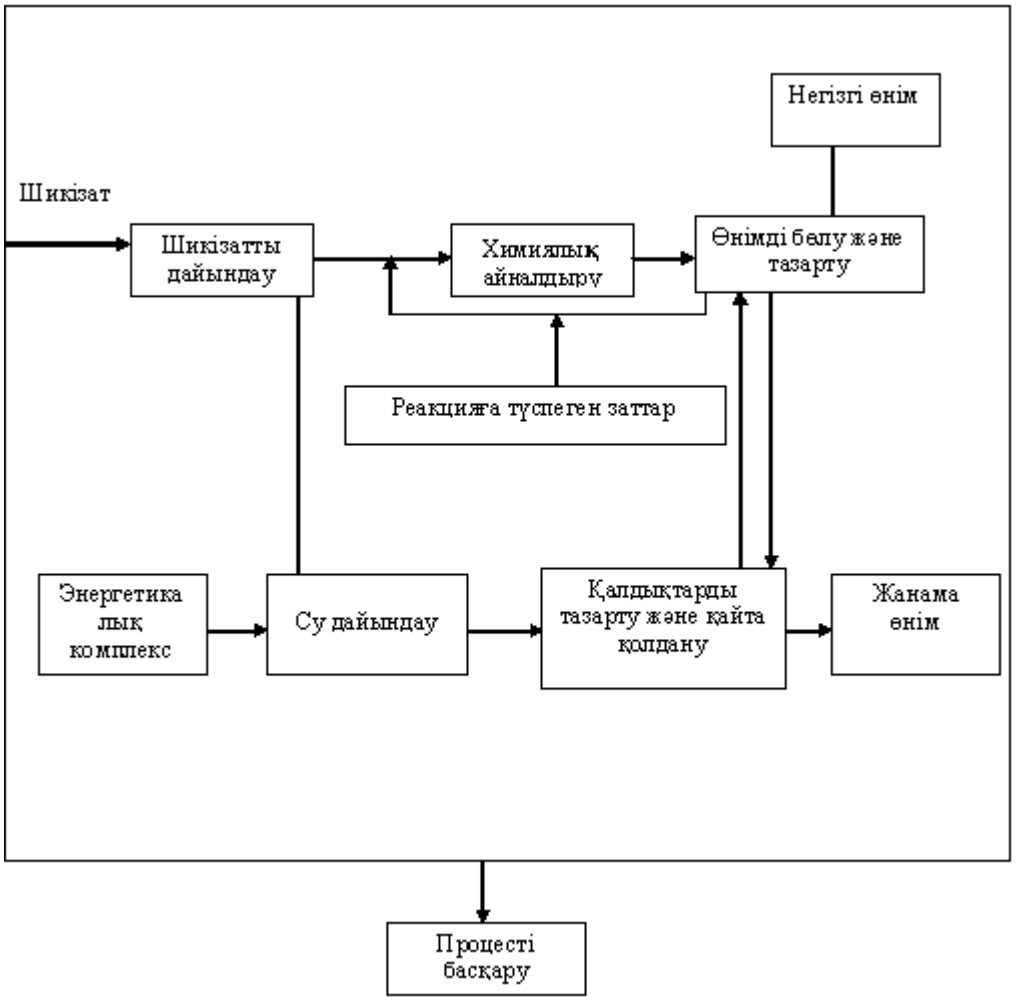
Сонымен, химиялық өндірістің негізгі құрамаларына шикізатты дайындау, химиялық айналдыру және өнімді бөлу және тазарту операциялары жатады. Олар химиялық өндірістің негізгі мақсатының, яғни өнім алу мақсатының орындалуын қамтамасыз етеді.

Өнеркәсіптің дамуы барлық өндірістерге жаңа талаптар қояды. Олардың жұмыс орындау мақсаты тек қана өнім өндіру емес, сонымен қатар басқа да қосымша функцияларды жүзеге асыру: шикізаттарды толық қолдану, қоршаған

ортаны қорғау, отын және энергия қорларын үнемдеп жұмсау. Яғни, химиялық өндіріс көпфункционалды өндіріс болып табылады.



1.1 сурет -Химиялық өндірістің құрылымы



1.2 сурет - Химиялық өндірістің негізгі құрамаларының арасындағы байланыс.

Сондықтан химиялық өндірістің өнім өндіру мақсатының орындалуын қамтамасыз ететін негізгі құрамаларымен қатар қосымша құрамаларын көрсету қажет. 1.2-ші суретте химиялық өндірістің құрамы, оның негізгі құрамалары және олардың арасындағы функционалдық байланыс көрсетілген.

1.1.2 Химиялық өндірістегі негізгі процестер

Химиялық өнеркәсіпте әртүрлі және көптеген процестер қолданылады. Химиялық технологияның процестері оларды сипаттайтын кинетикалық заңдылықтарға байланысты бес топқа бөлінеді: механикалық; гидромеханикалық; жылулық; массаалмасу; химиялық.

Химиялық технологияда қолданылатын механикалық процестерге қатты заттарды майдалау, араластыру, іріктеу және тасымалдау жатады.

Гидромеханикалық процестер дисперстік жүйелерде жүреді, ол дисперстік ортадан және дисперстік күйден тұрады. Дисперстік ортаның агрегаттық күйіне байланысты олар газды және сұйық күйлі жүйелерге бөлінеді. Гидромеханикалық процестер гидродинамиканың заңдарына бағынады, оларға тұндыру, сүзу, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және жалған сұйылту процестер жатады.

Жылулық процестер жылуалмасу заңдарына бағынады, олар химиялық технологияда жылуды реакция аймағына жеткізу және одан шығару үшін қолданылады. Оларға қыздыру, салқындату, буландыру және конденсациялау процестері жатады.

Массаалмасу процестері жылумассаалмасу заңдарына бағынады, олар заттардың күйаралық алмасуымен сипатталады. Оларға абсорбция, адсорбция, десорбция, ректификация, экстракция және кептіру процестері жатады.

Химиялық процестер химиялық кинетиканың заңдарына бағынады. Химиялық процестер дегеніміз жылу және массаалмасу құбылыстарымен қатар жүретін бір немесе бірнеше химиялық реакциялардың жиынтығы.

1.1.3 Негізгі технологиялық компоненттер

Химиялық өндірістің аппараттар жүйесінде заттар мен энергияның үздіксіз ағындары өндіріледі, оларды **химиялық өндірістің компоненттері** деп атайды.

Негізгі технологиялық компоненттерге шикізат, жартылай өнімдер, негізгі және жанама өнімдер, өндіріс қалдықтары, су және энергия қорлары жатады.

Шикізат дегеніміз негізгі заттан және басқа да қоспалардан тұратын күрделі зат. Шикізат жұмсалуына байланысты негізгі (технологиялық) және

көмекші болып екіге бөлінеді. Негізгі шикізат тікелей өнім өндіру үшін қолданылады, ал көмекші шикізат процестің жүруін қамтамасыз ету үшін қолданылады. Мысалы, аммоний нитратының өндірісінде негізгі шикізаттар ретінде азот қышқылы мен аммиак, ал көмекші шикізат ретінде су қолданылады; күкірт диоксидін тотықтыру процесінде – негізгі шикізаттар күккірт диоксиді мен оттегі, ал көмекші шикізат – ванадий катализаторы.

Жартылай өнімдер дегеніміз өндірістің бір немесе бірнеше сатысынан кейін алынатын және келесі сатыда шикізат ретінде қолданылатын заттар. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісінде бірінші сатыда күкірт диоксиді пайда болады, ол өндірістің екінші сатысының шикізаты болып табылады.

Химиялық өндірістің өнімдері негізгі және қосымша немесе жанама деп бөлінеді.

Негізгі өнім дегеніміз өндірістің мақсатты өнімі. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісіндегі негізгі өнім – күккірт қышқылы, ал күккірт диоксиді мен күкірт үшоксидтері жартылай өнімдер.

Қосымша немесе жанама өнім дегеніміз процестің нәтижесінде негізгі өніммен қатар түзілетін зат. Мысалы, каустикалық соданы электрохимиялық әдіспен өндіру нәтижесінде негізгі өнім – каустикалық сода, ал қосымша өнімдер – сутегі мен хлор түзіледі.

Қалдықтар дегеніміз өндірісте пайда болған қолданылмайтын заттар мен материалдар. Мысалы, экстракицялық фосфор қышқылы өндірісінде қалдық ретінде фосфогипс пайда болады.

Жартылай өнімдер, қосымша өнімдер мен қалдықтар басқа өндірістерде шикізат ретінде қолданылуы мүмкін.

Су химиялық өндірісте тек қана салқын- және жылутасымалдағыш ғана емес, сонымен қатар шикізат немесе өнім болуы мүмкін. Адамзаттың өмірінде өте үлкен орын алуына және өте көп қолданылуына байланысты оны ерекше бөліп, химиялық өндірістің компоненті ретінде қарастырады.

Энергия да химиялық өндірісті қамтамасыз ету үшін қолданылады. Энергия қорларының негізгі түріне жанатын отын кендері жатады (көмір, мұнай, табиғи газдар, шым тезек және оларды өңдеу өнімдері). Екінші реттік энергия қорлары ретінде химиялық өндірістің үздіксіз ағындарының энергиясы қолданылуы мүмкін.

Сонымен, жоғарыда атап өтілгендей, өнеркәсіптің дамуы барлық өндірістерге жаңа талаптар қояды. Өндірістердің мақсаттарына тек қана өнім өндіру ғана емес, сонымен қатар шикізатты толық және кешенді өңдеу, отын

және энергия қорларын үнемдеп жұмсау, қоршаған ортаны және еңбекті қорғау сұрақтарын шешу жатады.

1.1.4 Химиялық өндірістің нәтижелілігін сандық және сапалық бағалау көрсеткіштері

Ғылыми көзқараспен қарағанда химиялық технологияның негізгі мақсаты – адам баласына керекті өнімдерді өндірудің тиімді тәсілдерін табу болып саналады. Бұл мәселені шешу үшін өндірістің негізгі көрсеткіштерін анықтау қажет, өйткені олар өндірістің жетілу дәрежесін және үнемдік нәтижесін көрсетеді. Химиялық өндірістің үнемдік нәтижесін анықтайтын көрсеткіштер төрт топқа бөлінеді: технологиялық, экономикалық, техникалық және әлеуметтік.

1 Химиялық өндірістің технологиялық көрсеткіштері

Технологиялық көрсеткіштер шикізаттың қолдану нәтижесін және реакцияның толық жүруін көрсетеді. Оларға айналдыру дәрежесі, өнімнің шығымы, таңдаушылық, шикізаттың және энергияның шығын коэффициенттері және өнімнің сапасы жатады.

Ал енді, осы көрсеткіштердің әрқайсысын жеке –жеке қарастырамыз.

Айналдыру дәрежесі шикізаттың реакцияға қатысу дәрежесін көрсетеді, яғни реакцияға түскен заттың мөлшерінің осы заттың бастапқы қоспадағы жалпы мөлшеріне қатынасына тең болады. $A \rightarrow R$ қайтымсыз реакция үшін:

$$X_A = \frac{N_{AO} - N_A}{N_{AO}} \qquad (1.1)$$

мұндағы: N_{AO} – «А» затының бастапқы шикізаттағы мөлшері: N_A – «А» затының реакциядан кейінгі соңғы өнімдегі мөлшері.

Айналдыру дәрежесі үлес (1) немесе пайыз бірлігінде (2) көрсетіледі, соңғы жағдайда

$$X_A = \frac{N_{AO} - N_A}{N_{AO}} 100\% \qquad (1.2)$$

Сонда (1) теңдеуден шығатыны:

$$X_A N_{AO} = N_{AO} - N_A \qquad (1.3)$$

$$N_A = N_{AO} - X_A \cdot N_{AO} \qquad (1.4)$$

$$N_A = N_{AO} (1 - X_A) \qquad (1.5)$$

Егер реакция нәтижесінде көлем өзгермесе, онда:

$$X_A = \frac{C_{AO} - C_A}{C_{AO}} = 1 - \frac{C_A}{C_{AO}} \qquad (1.6)$$

мұндағы: C_{AO} және C_A - сәйкесінше «А» затының бастапқы және соңғы концентрациялары.

(6)-шы теңдеуден «А» затының процестің соңындағы концентрациясын (C_A) табуға болады.

$$X_A C_{AO} = C_{AO} - C_A \quad (1.7)$$

$$C_A = C_{AO} - X_A C_{AO} \quad (1.8)$$

$$C_A = C_{AO}(1 - X_A) \quad (1.9)$$

Өнімнің шығымы дегеніміз өнімнің тәжірибе жүзінде алынған мөлшерінің оның теориялық алынуға қажет мөлшеріне қатынасы. $A \rightarrow R$ қайтымсыз реакция үшін:

$$Ш = \frac{N_R}{N_{RMAX}} \quad (1.10)$$

мұндағы: $Ш$ - дайын өнімнің шығымы; N_R - "R" өнімінің тәжірибе жүзінде алынған мөлшері; N_{RMAX} - "R" өнімінің теориялық алынуға қажет мөлшері, ол реакцияның стехиометриялық теңдеу бойынша есептеледі.

Бірақ, бұл жерде $N_{R \cdot MAX} = N_{A \cdot O,}$ ал $N_R = N_{A \cdot O} - N_A$, сондықтан қайтымсыз реакциялар үшін:

$$Ш = \frac{N_R}{N_{RMAX}} = \frac{N_{A \cdot O} - N_A}{N_{A \cdot O}} = X_A \quad (1.11)$$

Қайтымды реакцияларда тепе–теңдік айналдыру дәрежесі қолданылады. $A \Leftrightarrow R$ қайтымды реакция үшін:

$$X_A^* = \frac{N_{A \cdot O} - N_A^*}{N_{A \cdot O}} \quad (1.12)$$

мұндағы. X_A^* - тепе–теңдік жағдайдағы айналдыру дәрежесі; N^*_A – «А» затының тепе –теңдік жағдайдағы мөлшері.

Қайтымды реакциялар үшін $N_{R,MAX} = N^*_R$, сондықтан:

$$\Leftrightarrow Ш = \frac{N_R}{N^*_R} \quad (1.13)$$

мұндағы: N^*_R - «R» өнімінің тепе–теңдік жағдайдағы мөлшері.

Өнімнің тепе-теңдік шығымы:

$$N^*_R = N_{AO} - N^*_A \quad (1.14)$$

Яғни:

$$X_A^* = \frac{N_R^*}{N_{AO}} \quad (1.15)$$

бұл жерден

$$N^*_R = X^*_A \cdot N_{AO}$$

(1.16)

Ал,

$$\Leftrightarrow Ш = \frac{N_R}{N_R^*} = \frac{N_{A\cdot O} - N_A}{X_A^* \cdot N_{A\cdot O}} = \frac{X_A}{X_A^*} \qquad (1.17)$$

№1 мысал. Табиғи метанды оттегімен конверсиялауда ($CH_4+O_2 \rightarrow CO_2+2H_2$) қолданылатын бастапқы қоспада 10кмоль CH_4 және артық мөлшерде O_2 бар. Соңғы қоспадағы H_2–ң мөлшері 12кмоль. Тепе-теңдік қоспадағы CH_4–ң мөлшері 2,5 кмоль. Айналдыру дәрежесін және өнімнің шығымын есептеңіздер.

Шешуі: (1.12)-ші формулаға сәйкес метанның конверсиялану дәрежесі:

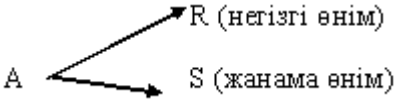
$$X_{CH4} = \frac{10 - 2.5}{10} = 0{,}75 \text{ немесе } 75\%.$$

Берілген реакция бойынша 1кмоль CH_4-тен 2кмоль H_2 алынады, ал (10-2,5) кмоль CH_4-н теория жүзінде $G_{теор}=(10-2{,}5)\cdot 2 = 15$ кмоль H_2 алынуы керек.

(1.10)-ші формула бойынша өнімнің шығымы:

$$Ш = G_{тәж}/G_{теор} = 12/15 = 0{,}8 \text{ немесе } 80\%$$

Таңдаушылық дегеніміз негізгі өнімнің мөлшерінің барлық өндірілген өнімдердің мөлшеріне қатынасы. Бұл көрсеткіш күрделі қосарланған және кезектескен реакциялар жүрген кезде қолданылады, яғни бірнеше өнім өндірілген кезде қолданылады.



қатарласқан реакциялар үшін:

$$\varphi = \frac{N_R}{N_R - N_S} \qquad (1.18)$$

мұндағы: φ_R -таңдаушылық; N_R және N_S - сәйкесінше «R» және «S» өнімдерінің мөлшері.

Қатарласқан реакциялар жүрген кезде:

$$N_R+N_S=N_{AO}-N_A, \qquad (1.19)$$

сонда:

$$\varphi_R = \frac{N_R}{N_{AO} - N_A} \qquad (1.20)$$

Х, Ш және φ көрсеткіштерінің арасындағы байланысты көрсету үшін (1.11)-ші теңдеудің оң жағын $\frac{N_{AO} - N_A}{N_{AO} - N_A}$ көбейтеміз, сонда

$$Ш = \frac{N_R}{N_{RMAX}} = \frac{N_R}{N_{AO}} = \frac{(N_{A\cdot O} - N_A)N_R}{(N_{AO} - N_A)N_{Ao}} = X_A\varphi_R \qquad (1.21)$$

Алынған байланысты мына түрде көрсетуге болады $Ш = f(x, \varphi_R)$, яғни:

қайтымсыз реакциялар жүрген кезде - $Ш = X_A$;

қайтымды реакциялар үшін - $Ш = \frac{X_A}{X_A^*}$;

күрделі реакциялар үшін - $Ш = X_A \varphi_R$.

Шикізаттың шығын коэффициенттерін азайту мақсатымен өндірістік жағдайларда айналдыру дәрежесін, таңдаушылықты және өнімнің шығымын жоғарылатуға тырысады.

Шығын коэффициенттері дегеніміз өнімнің қандай да бір бірлігін өндіруге шығындалатын шикізаттардың, көмекші материалдардың, судың, жылудың және энергияның мөлшері.

$$K_ш = \frac{G_{шыг}}{G} \qquad (1.22)$$

мұндағы: $G_{шығ}$ - өнімді өндіруге кеткен шикізаттың, көмекші материалдардың, судың, жылудың және энергияның мөлшері; G - өнімнің мөлшері.

Шикізаттардың тәжірибелік шығын коэффициенттерін келесі теңдеу бойынша есептеуге болады :

$$К_{шик} = X_A N_A / C_A \alpha_A \qquad (1.23)$$

мұндағы: $К_{шик}$ - бастапқы шикізаттардың шығын коэффициенттері; X_A–«А» затының теориялық шығыны (химиялық реакцияның стехиометриялық теңдеуі бойынша есептеледі); N_A – «А» затының стехиометриялыққа қарағандағы артық мөлшері немесе өндірістік шығыны, үлес бірлігінде; C_A –«А» затының бастапқы шикізаттағы концентрациясы, үлес бірлігінде; α_A –«А» затының ыдырау (айналдыру, реакцияға түсу, тотығу және т.с.с.) дәрежесі, үлес бірлігінде.

Шығын коэффициентерін есептеу үшін өндірістің барлық сатыларын білу қажет. Теориялық шығын коэффициенттері реакцияның стехиометриялық теңдеуі бойынша есептеледі. Ал тәжірибелік шығын коэффициентерін есептеген кезде процестің барлық сатыларындағы өндірістік шығындар және жанама реакциялар ескеріледі.

№2 мысал. Тұз-сульфат өндірісіндегі (1 т Na_2SO_4-ке) шығын коэффициенттерін есептеңіздер, өндірісте құрамында 95% NaCl бар ас тұзы және 92,5% H_2SO_4 бар купорос майы қолданылады. NaCl-дың ыдырау дәрежесі 92%.

Шешуі: Ең алдымен химиялық реакцияның теңдеуін құрастырамыз:

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

1) NaCl мен H_2SO_4–ң реакция бойынша (яғни теориялық) шығындары:

1т өнім (Na_2SO_4) алу үшін жұмсалатын NaCl-ң шығыны:

X_1=117·1000/142=82,9 кг NaCl

1т өнім (Na_2SO_4) алу үшін жұмсалатын H_2SO_4-ң шығыны:

X_2=98·1000/142=690,1 кг H_2SO_4

2) (1.23)-ші формула бойынша шикізаттардың шығын коэффициенттері:

Ас тұзының шығын коэффициенті:

$$К_{а.т.} = 823,9/0,95·0,92 = 942,6кг.$$

Купорос майының шығын коэффициенті:

$$К_{к.м..} = 690,1/0,925 = 746,1кг.$$

Өнімнің сапасы дегеніміз өнімнің қасиеттері мен ерекшеліктерінің жиынтығы. Химиялық өнімнің сапасы көп жағдайда оның құрамындағы негізгі заттың және қоспалардың шоғырымен сипатталады. Сонымен қатар, химиялық өнімнің сапасы оның химиялық, физикалық, механикалық және т.б. қасиеттерімен де анықталады. Химиялық өнімнің сапасы, яғни оның құрамы мен қасиеттері, сәйкесті мемлекеттік және салалық стандарттардың немесе техникалық шарттардың талаптарын қанағаттандыруы қажет.

II Химиялық өндірістің экономикалық көрсеткіштері

Химиялық өндірістің экономикалық көрсеткіштеріне өндірістің өнімділігі, қарқындылығы, өнімнің өзіндік құны, күрделі шығындар және еңбек өнімділігі жатады.

Өндірістің **өнімділігі** немесе **қуаттылығы** дегеніміз белгілі бір уақыт аралығында өндірілген өнімнің мөлшері:

$$Ө=\frac{G}{\tau} \qquad (1.24)$$

Процестің **қарқындылығы** дегеніміз өнімділіктің аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы:

$$Қ = \frac{\theta}{V(S)} = \frac{G}{\tau \cdot V(S)} \qquad (1.25)$$

Өнімнің өзіндік құны дегеніміз кәсіпорынның өнімді өндіруге және тұтынушыларға жеткізуге кеткен шығындарының ақшалай көрсеткіші. Ал, тек өнімді өндіруге кеткен шығындардың ақшалай көрсеткіші өнімнің фабрика – зауыттық өзіндік құны деп аталады.

Өнімнің фабрика–зауыттық өзіндік құны мынадай бөліктерден тұрады (өнімнің толық өзіндік құнына шаққанда):

1. Шикізаттардың өзіндік құны – 60-70%

2. Отын мен энергия – 10-15%
3. Негізгі жұмысшылардың жалақысы – 4-5%
4. Өндірістің барлық шығындары – 5-6%
5. Цехтың шығындары – 4-5%
6. Жалпы зауыттық шығындар –5-6%

Бұл жерден өнімнің өзіндік құнына шикізаттардың тиімді қолданылуы өте елеулі әсер ететінін көруге болады.

Күрделі шығындар және үлестік күрделі шығындар. Күрделі шығындарға өндіріс ғимараттарына, қондырғыларға, коммуникация және құрылыс бөліміне кеткен барлық шығындардың жиынтығы жатады. Үлестік күрделі шығындар дегеніміз капиталдық шығындардың өндірілген өнімнің мөлшеріне қатынасы.

Еңбек өнімділігі дегеніміз белгілі бір уақыт аралығында өндірілген өнімнің бір жұмысшыға шаққандағы мөлшері.

$$E_{ө}=\frac{G}{N} \qquad (1.26)$$

мұндағы: N - өндірісте жұмыс істейтін адамдар саны.

III Химиялық өндірістің техникалық көрсеткіштері

Техникалық көрсеткіштер жұмыстағы немесе жобаланып жатқан өндірістің техникалық даму дәрежесін көрсетеді. Оларға сенімділік, қауіпсіздік, механикаландыру және автоматтандыру дәрежелері жатады.

Сенімділік қондырғылардың немесе өндірістің апатсыз жұмыс істеу уақытын көрсетеді. Бұл көрсеткіш қондырғылардың сапасына және олардың дұрыс қолданылуына байланысты болады.

Қауіпсіздік қондырғылардың немесе жалпы өндірістің істен шығуының адамдардың денсаулығына және қоршаған ортаға зиянды әсер ету дәрежесін көрсетеді.

Механикаландыру және автоматтандыру дәрежесі дегеніміз адамның қолымен орындалатын жұмыстың үлесі.

IV Химиялық өндірістің әлеуметтік көрсеткіштері

Әлеуметтік көрсеткіштер жұмыс істейтін адамдардың жұмыс жағдайын және өндірістің қоршаған ортаға зиянсыздығын, яғни өндірістегі еңбекті қорғау және қоршаған ортаны қорғау мәселелерінің шешілу дәрежесін көрсетеді.

1.2 Химиялық өндірістің шикізат көздері

1.2.1 Шикізаттар мен қосымша материалдардың сипаттамасы және жіктелуі

Химиялық өнеркәсіпте көп мөлшерде шикізаттар өңделіп, көп мөлшерде су, отын және энергия жұмсалады. Көптеген өндірістерде 1тонна өнімге жұмсалатын шикізаттардың шығын коэффициентері 3-4тонна, ал кейде 5-6 тоннадан асып кетеді. Халық шаруашылығында химиялық өнеркәсіптің өнімдерінің қолданылуы жыл сайын өсуде, ал бұл минералды шикізаттар және отын-энергетикалық қорларының қарқынды дамуын, ассортименттің кеңеюін, бастапқы шикізаттың арзандауын және сапасының жоғарлауын талап етеді.

Технологиялық процесстерде шикізат пен энергияны тиімді қолдану – химиялық өнеркәсіптің маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Біздің мемлекетімізде халық шаруашылығының қажеттілігін толық қамтамасыз ететін өте қуатты минералды шикізат қоры бар.

Химиялық өндірістерде шикізаттарды қолданудың негізгі **ерекшіліктері:**

1) шикізат қорының көп түрі: шикізат көздері, ауылшаруашылығының өнімдері, су, ауа;

2) шикізаттарды толық қолдану мүмкіндігі;

3) химиялық өндеу тәсілдерінің көптігі: бір шикізаттан көптеген өнімдер алуға болады. Мысалы: бензолдан каучук, полистирол, капролактам, улы химикаттар және т.б. алуға болады. Сонымен қатар, бір өнімді алу үшін әртүрлі шикізаттар қолдану мүмкіндігі. Мысалы: күкірт қышқылы өндірісінде шикізат ретінде табиғи күкірт, күкірт колчеданы, құрамында SO_2 бар қалдықты газдар, күкіртті сутек және гипс, ал ацетилен өндіру үшін табиғи газ, мұнай өңдеу өндірісінің газдары, мұнай өндірісінің жолшыбай газдары, кальций карбиді қолданылуы мүмкін. Химиялық өнімдердің көбісі бірнеше тәсілмен алынуы мүмкін. Мысалы: күкірт қышқылын нитрозалық және түйістіру әдістерімен, ал этил спиртін бу күйінде және күкіртқышқылды гидротациялау тәсілдерімен алуға болады және т.б.

Химиялық өндірістерде шикізаттардың шектеулі түрлері, бірақ көп мөлшерде қолданылады. Көбінесе күкірт және оның қосылыстар, апатиттер, фосфориттер, табиғи газ, көмір мен мұнай, әк тасы, ас тұзы, су, ауа және т.б.

Мысалы: күкіртті, күкірт колчеданын, әк тасын, ас тұзын, фосфаттарды, көп минералды кендерді, газды шикізаттарды (табиғи газ, ауа және азотты) өңдеу арқылы күкірт, азот, фосфор, тұз қышқылдарын және синтетикалық аммиак алады, ал олар азотты, фосфорлы, калийлі және кешенді тыңайтқыштар,

каучук және кальцилендірілген сода, минералды тұздар және т.б. өндіру үшін қолданылады. Сонымен қатар, табиғи газ органикалық синтез өнімдерін, тыңайтқыштарды, пластмассаларды, синтетикалық каучуктерді, химиялық талшықтарды және т.б., ал мұнай - жанар май, әртүрлі майлар, синтетикалық талшықтар, каучуктер, пластмассалар, жуғыш заттар және т.б. өндіру үшін қолданылады.

Химиялық өнеркәсіпте шикізаттар мына белгілері бойынша жіктеледі:

1) шығу тегі бойынша: минералды, өсімдік, жануар;

2) қоры бойынша: орнына келмейтіндер (кендер, минералдар, жанғыш қазбалар) және орнына келетіндер (су, ауа, өсімдік және жануар шикізаттары);

3) химиялық құрамы бойынша: бейорганикалық (кендер, минералдар) және органикалық (мұнай, көмір, табиғи газ);

4) агрегаттық күйі бойынша: қатты (кендер, минералдар, көмір, сланецтер, шымтезек); сұйық (су, тұздықтар, мұнай); газ тәрізді (ауа, табиғи газ)

Сонымен қатар шикізаттар:

5) бірінші реттік (минералды, өсімдік, жануар, жанғыш газдар, су және ауа) және екінші реттік (өндірістік және тұтынушылық қалдықтар);

6) табиғи және жасанды (кокс, химиялық талшықтар, синтетикалық каучук, синтетикалық бояулар және т.б.)

7) минералды шикізат кенді, кенсіз және жанғыш (органикалық) болып бөлінеді.

Кенді шикізаттар - темірлі, мысты, хромды, титанды және т.б. кендер, негізінен олардың құрамында металдардың оксидтері мен сульфидтері болады. Құрамында металдардың әртүрлі қосылыстары болатын кендерді **полиметалды** деп атайды.

Кенсіз шикізаттар - ас тұзы, фосфориттер, апатиттер, гипс, әк тасы, құм, саз, күкірт және т.с.с.

Жанғыш қазбалар (шым тезек, қоңыр және тас көмір, табиғи газ) органикалық қосылыстардан тұрады, олар шикізат және энергия көзі ретінде қолданылады.

Химиялық өндірістерде ауа және су сияқты арзан және қол жетімді шикізаттар кеңінен қолданылады.

Екінші реттік материалдық қорлар химиялық шикізаттардың негізгі көзі болып табылады. Оларға өндіріс қалдықтары, тұтыну қалдықтары және жанама өнімдер жатады.

Өндіріс қалдықтары дегеніміз өзінің қасиеттерін жартылай немесе толық жоғалтқан және стандартқа сай келмейтін заттар. Оларға шикізаттар мен материалдардың қалдықтары, жартылай өнімдер жатады.

Тұтыну қалдықтары дегеніміз тұтынуда болған заттар, оларды бастапқы қалпына келтіру тиімсіз болып саналады. Мысалы, күйзелген істен шыққан машиналар, шыныдан, резинадан және пластмассадан жасалған өнеркәсіптік заттар, қолданылған реактивтер, катализаторлар және т.с.с.

Жанама өнімдер өңдеу процесінде негізгі өніммен қатар алынады, бірақ өндірістік процестің мақсаты болып саналмайды. Олар дайын өнім ретінде қолданылуы да мүмкін, оларға қатысты мемлекеттік, салалық стандарттар немесе техникалық шарттар болады.

Екінші реттік материалдар қорын қолдану шикізаттың қолданылатын жалпы мөлшерінің 20-25% үнемдеуге мүмкіндік береді.

Химиялық өндірісте шикізаттың құны өнімнің өзіндік құнының 60-70% құрайды, бұл шикізат мәселесін шешудің негізгі бағыттарын анықтайды:

1) арзан шикізаттарды іздестіру және қолдану;
2) шоғырланған шикізаттарды қолдану;
3) шикізаттарды кешенді қолдану;
4) өндіріс қалдықтарын шикізат ретінде қолдану.

Шикізат мәселесін шешу әртүрлі жолдармен жүзеге асырылады:

1) шикізат көздерін өндіріске жақындату, яғни арзан жергілікті шикізаттарды қолдану;
2) шоғыры төмен шикізаттарды қолдану;
3) негізгі өндірістің қалдықтарын пайдаға асыру, яғни олардан жаңа өнімдер өндіру;
4) шикізаттың құрамындағы негізгі компоненттің шоғырын жоғарылату мақсатымен оны алдын-ала байыту;
5) бір шикізатты экономикалық тұрғыдан тиімді екінші шикізатпен ауыстыру. Мысалы, химия өндірісінің негізі шикізаты ретінде қолданылатын тас көмірді мұнай және табиғи газбен алмастыру үлкен экономикалық нәтиже береді. Есептеулер нәтижесі бойынша, шахталық әдіспен өндірілетін көмірдің өзіндік құнынан мұнайды өндіріп-дайындаудың өзіндік құны шартты отынның бірлігіне шаққанда 3,5 есе, ал табиғи газды өндірудің өзіндік құны 12 есе төмен.

Арзан және жеткілікті табиғи газ және мұнай өңдеудің өнімдерін қолдану көп тараған өндіріс өнімдерінің өзіндік құнының төмендеуіне алып келеді:

мысалы, пластикалық массалар, синтетикалық талшықтар, каучуктер, жуғыш заттар және т.б.

Бірақ дүние жүзіндегі мұнай және газдың қорлары бірте-бірте азаюда, ал көмірдің қоры мұнай мен табиғи газдың қорынан ондаған есе көп, сондықтан қазіргі кезде таскөмірді қолдану үлесі әлі де артуда.

1.2.2 Қазақстан химия өнеркәсібінің шикізат базасының сипаттамасы

Қазақстан табиғи шикізат қорына өте бай мемлекет. Д.И.Менделеев кестесіндегі химиялық элементтердің барлығы Қазақстан жерінде кездеседі деуге болады. Қазақстан дүние жүзінің 186 елінің ішінде вольфрам, қорғасын және барийдің қоры бойынша бірінші, хромит, күміс және мырыш бойынша екінші, марганец және молибден –үшінші, мыс –төртінші, уран –бесінші, алтын –алтыншы, темір кені –жетінші, қалайы мен никель –сегізінші, көмір мен табиғи газ –тоғызыншы, мұнай бойынша он үшінші орында.

Фосфор, фосфор қышқылы, минералды тұздар және тыңайтқыштар өндірісінде қолданылатын фосфатты шикізаттардың (ең ірі қоры - Қаратау фосфориттері) қоры бойынша Ресейден кейінгі екінші орынды алады. Біздің елімізде мұнай мен табиғи газдың (Каспий теңізі аймағында), тас көмірдің (Қарағанды кен орыны), темір кендерінің (Қостанай облысы), түрлі-түсті металдар кендерінің (Жезқазған, Балқаш), хром кендерінің (Ақтөбе облысы), борқұрамдас кендердің, ас тұзы және калий тұздарының, натрий сульфатының, бариттердің (Оңтүстік Қазақстан облысы) ірі кен орындары бар. Ақтөбе аймағында алтын және күміскұрамдас кендерді зерттеп дайындау жұмыстары жүргізілуде. Никель және кобалть кендері Ақтөбеде, Қостанай, Жезқазған, Қарағанды, Павлодар, Семей және Жамбыл облыстарында таралған. Титан кендері Қостанайда, Көкшетауда, Ақмола мен Ақтөбе облыстарында барланған. Қорғасын-мырыш (полиметалл) кендері Кенді Алтайда, Сарыарқада, Қаратау мен Жоңғар Алатауында таралған. Құрылыс заттар өндірісінде толығымен жергілікті шикізаттар (саз, құм, әк тасы және гипс) қолданылады.

Оңтүстік Қазақстан облысы полиметаллдық кендер мен фосфаттардың бай қоймасы болып саналады. Облыс өңіріндегі полиметаллдық кендердің құрамында қорғасын, мырыш және сирек жер элементтері (мыс, күміс, индий және т.б.) болады. Оңтүстік Қазақстан облысы қорғасын өндіру бойынша 3-ші орын, мырыш бойынша 4-ші, ал полиметаллдық кендерді өндіру мөлшері бойынша Шығыс Қазақстан облысынан кейін 2-ші орында орналасқан.

Қазақстан Республикасының геология комитетінің мәліметтері бойынша Оңтүстік Қазақстан облысындағы пайдалы қазбалар қорлары:

1) бокситтер (10 жуық кен орындары зерттелген), олар алюминий өндірісінде қолданылады;

2) фосфориттердің бай қоры Қаратау баурайында орналасқан. Кіші Қаратау тау жотасының баурайында жалпы қоры 26млрд.т болатын фосфориттердің 45 кен орны барланған.

3) құрамында алтын, ванадий, платина, мыс, селен, теллур, кобальт бар темір кендері. Олар Түлкібас, Қазғұрт және Ордабасы аудандарында орналасқан;

3) уран кен орындары (Созақ және Отырар аудандарында орналасқан);

4) мұнай мен табиғи газ (ОҚО екі мұнайгаз кен орыны орналасқан; Шу-Сарысу газгелий және Сырдария мұнайгаз баурайлары);

5) тас көмір кен орны Қаратау өңірінде, ал Ленгір мен Келте Машатта қоңыр көмір кен орны бар;

7) баритті кендер Ақсай кен орнында барланған;

8) құрылыс материалдарының (карбонаттық жыныстар, құрылыстық тас, қиыршық тас, тау тас түрінде) қоры көп. Белгілі кен орындарына Бадам (гранит), Қаратас, Түлкібас, Тұздықұдық және т.б. жатады. Сайрам, Төле би, Түркістан, Алғабас және Отырар аудандарында кірпіш өндірісіне қажетті сазды балшықтар бар;

9) ас тұзы мен натрий сульфаты (Созақ және Сары су аудандарында орналасқан);

10) минералдық бояулар (сурик, охра, мумия) қоры Қазығұрт, Түлкібас аудандарында барланған.

1.2.3 Химия-технологиялық процестегі шикізатты дайындау

Кез келген химиялық өндірісті шикізатпен қамтамасыз ету - жеке дара ішкі жүйе болып табылады. Бұл жүйенің негізгі мақсаты - өндірісті әртүрлі арзан, қол жетімді және жеткілікті шикізатпен қамтамасыз ету, себебі шикізат өнімді өндіру технологиясын, өнімнің өзіндік құны мен сапасын анықтайтын негізгі элемент болып табылады. Шикізат дегеніміз өнеркәсіп тауарларын өндіруде қолданылатын табиғи материалдар мен жартылай өнімдер. Көптеген химиялық өндірістерде басқа өндірістердің қалдықтары қолданылады. Сонымен қатар, химиялық өндірісте ауыл шаруашылығының заттары да шикізат ретінде қолданылады, бірақ олардың көлемі жылдан-жылға төмендеп келеді. Спирттер, органикалық қышқылдар, глицерин, жуғыш заттар өндірістерінде қазба және

ағаш-өсімдік шикізаттары қолданылады. Химиялық өндірісте көп мөлшерде көмір, табиғи газ, мұнай, сланецтер және ағаш-өсімдік шикізаттары қолдануда.

Химиялық технологияда қолданылатын шикізаттар реакциялық қоспадағы негізгі өнімнің барынша жоғары мөлшерін, өндірістік процестің сатыларының аз болуын, энергияның толық қолданылуын қамтамасыз етуі керек. Бұл талаптардың орындалуын қамтамасыз ету үшін шикізаттарды алдын-ала дайындау қажет.

Химиялық технологияда қатты шикізатты дайындау операцияларына сұрыптау, майдалау, кептіру және байыту жатады.

Сұйық шикізаттарды дайындау оларды газды және қатты қоспалардан тазартудан тұрады. Сұйық шикізаттар қатты қоспалардан сүзу, тұндыру, центрифугалау арқылы тазартылады. Ал газды қоспалардан қарқынды араластыру немесе қыздыру арқылы тазартылады.

Газды шикізаттар алдын-ала сұйық және қатты қоспалардан тазартылады. Ол үшін сүзу, тұндыру, центрифугалау және электростатикалық тазарту әдістері қолданылады.

1.2.4 Шикізаттардың байыту әдістері

Байытылған шикізатты қолдану химиялық процестің жылдамдығын жоғарылатады, өнімнің өзіндік құнын төмендетіп, оның сапасын жақсартады, сонымен қатар, өндіріс технологиясын қарқындатып, отын-энергетикалық қорларды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Шикізаттардың құрамындағы пайдалы компоненттердің шоғырын байыту арқылы жоғарылатады. **Шикізаттарды байыту** дегеніміз негізгі заттың шоғырын жоғарылату мақсатымен оның пайдалы бөлігін бос кендерден бөліп алу. Шикізаттарды байытуға минералдарды бөлек фракцияларға бөлуде жатады. Байыту процесінің нәтижесінде шикізаттардағы пайдалы компоненттерді олардың физикалық, физика-химиялық қасиеттеріндегі ерекшеліктерін пайдаланып қалдықтардан бөліп алады, күрделі қоспаларды және полиметалл кендерін бөлек компоненттерге жіктейді. Байыту әдістері әртүрлі және қатты, сұйық және газ тәріздес шикізаттар үшін бөлек болады.

Қатты заттарды байыту үшін физикалық, химиялық және физика-химиялық әдістер қолданылады.

Физикалық әдістерге гравитациялық, электромагниттік, электростатикалық және термиялық әдістер жатады:

1) гравитациялық әдіс - тығыздығы мен өлшемдері әртүрлі бөлшектердің сұйықтық немесе газ ағынында немесе ортадан тебу күшінің өрісінде тұну жылдамдықтарының айырмашылығына негізделген (бұл әдістер минералды тұздар, силикатты материалдар өндірісінде және металлургияда кеңінен қолданылады);

2) электромагниттік әдіс – шикізаттардың компоненттерінің магниттік өткізгіштіктерінің айырмашылығына негізделген, мысалы, магнитті темірді, хромды темірді және т.б. магнитті заттарды бос күйінде бөлу.

3) электростатикалық әдіс – шикізаттардың компоненттерінің электроөткізгіштіктерінің айырмашылығы бойынша бөлу (электрөткізгіш кендерді диэлектрикті кендерден бөлу, мысалы, гипстен, әк тасынан, силикаттардан және т.б.);

4) термиялық әдіс – шикізаттың компоненттерінің балқу температураларының айырмашылығына негізделген (мысалы, құрамында күкірті бар кендерді қыздыру арқылы тез балқитын сұйық күкіртті бөліп алу; қиын балқитын әктасты гипстен бөліп алу);

Химиялық әдістер шикізаттың құрамындағы негізгі затты химиялық реагенттермен әрекеттестіріп, алынған затты тұндыру, буландыру, балқыту және т.б. арқылы бөлуге негізделген. Мысалы, мыс колчеданын ($CuFeS_2$) тотықтыра күйдіру нәтижесінде мыс концентратын (мыс штейні) алу, шикізаттарды органикалық қоспалардан және кристалдық судан ажырату.

Физика-химиялық әдістерге флотация жатады. Флотация шикізаттың компоненттерінің сумен жұғысуының айырмашылықтарына негізделген. Флотациялық әдісте майда бөлшектер суспензияға енгізілген газбен көбік түзіп, сұйықтықтың бетіне қалқып шығады.

Шикізаттарды байыту процесінің негізгі көрсеткіштеріне пайдалы компоненттерді шоғырға шығару, шоғырдың шығымы, шоғырдың сапасы және флотация процесінің тиімділігі жатады.

Пайдалы компоненттерді шоғырға шығару (ε) дегеніміз пайдалы компоненттің шоғырдағы салмағының оның бастапқы кендегі салмағына қатынасы, ол пайыз бірлігінде өрнектеледі.

Шоғырдың шығымы (γ) дегеніміз алынған шоғырдың салмағының өңделген кеннің салмағына қатынасы, ол пайыз бірлігінде өрнектеледі.

Шоғырдың сапасы (β) оның құрамындағы пайдалы компоненттің пайызы арқылы анықталады.

Пайдалы компоненттерді шоғырға шығару келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$\varepsilon = \gamma\beta/\alpha \qquad (1.27)$$

мұндағы: α - өңделетін кендегі пайдалы компоненттің мөлшері, %; α келесі теңдеуден анықталады:

$$\alpha = \beta(\alpha - \vartheta)/\alpha(\beta - \vartheta)\,, \qquad (1.28)$$

мұндағы ϑ - пайдалы компоненттің қиыршық қалдықтағы мөлшері.

Флотация процесінің тиімділігі (η) дегеніміз пайдалы компоненттің шоғырдағы мөлшерінің оның бастапқы кендегі мөлшеріне қатынасы:

$$\eta = \beta/\alpha \qquad (1.29)$$

Сұйық шикізаттар буландыру, мұздату, қоспаларды тұнбаға түсіру немесе газ күйге өткізу арқылы қоюландырылады. Ол үшін кристалдау, десорбция, буландыру және экстракиця процестері қолданылады.

Газды шикізаттарды байыту оны бөлек компоненттерге бөлу арқылы жүзеге асырылады. Ол үшін оны қысу (компрессорда) және температураны төмендетуге негізделген абсорбция-десорбциялық әдіс және алдын-ала сұйытылған қоспадан газдарды ретімен буландыру әдісі қолданылады.

1.2.5 Шикізаттарды кешенді өңдеу

Шикізаттарды кешенді өңдеу дегеніміз оның құрамындағы барлық пайдалы компоненттерді бөліп алу және қалдықтарды пайдаға асыру.

Қоршаған ортаға, су тоғандарына тасталатын газды, сұйық және қатты қалдықтар табиғаттағы экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына және шикізаттардың қолдану дәрежесінің төмендуіне алып келеді. Бірақ көп жағдайларда қалдықтарды жартылай немесе толық қайта қолдануға, олардың құрамындағы бағалы компоненттерді процеске қайтаруға немесе басқа өндірісте қолдануға болады.

Өндірістік қалдықтар және оларды тазарту мәселелері технологияның жетілу дәрежесін және өндірісті ұйымдастыру кемшіліктерін көрсетеді (құбырлардың биіктігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым өндірістің мәдениеті төмен болады). Сондықтан шикізатты жан-жақты қолдану, олардың құрамындағы барлық компоненттерді негізгі технологиялық процесте қолдану өте маңызды болып саналады.

Шикізаттарды кешенді өңдеу жанама өнімдер мен қалдықтарды қайта өңдеу нәтижесінде шикізаттарды қолдану дәрежесін жоғарылатуға, сонымен

қатар бірнеше өндірістерді бір өнеркәсіпке біріктіруге мүмкіндік береді. Мысалы, табиғи газды конверсиялау нәтижесінде сутегімен қатар көміртек диоксиді алынады: $CH_4+O_2=CO_2+H_2$. Сутегі аммиак синтезінде қолданылады: $N_2+3H_2=2NH_3$, ал көміртек диоксиді бұл өндірісте қолданылмайды. Сондықтан аммиак синтезін CO_2 газын пайдаланатын карбамид синтезімен біріктіреді: $2NH_3+CO_2=CO(NH_2)_2+H_2O$.

Шикізатты кешенді қолдану қатты отындарды (көмір, сланецтер), мұнайды, түрлі-түсті металдарды, тау-химия және өсімдік шикізаттарын өңдеуде қолданылады. Мысалы, коксхимия өнеркәсібінде шикізатты кешенді қолдану нәтижесінде негізгі өнім кокспен қатар алынатын жанама өнімдерді (коксты газ, шайыр) химиялық өңдеу арқылы көптеген органикалық қосылыстар және азот өнеркәсібіне қажетті шикізаттар алуға болады.

Шикізатты кешенді өңдеу химиялық өндірісті экономикалық жағынан тиімді етіп ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Шикізаттарды кешенді өңдеу зауыт шаруашылығына кететін күрделі шығындарды және өнімнің өзіндік құнын шамамен 60-70%-ға төмендетуге мүмкіндік береді.

Минералды шикізаттарды кешенді өңдеу деңгейін анықтау үшін **кешендік коэффициенті ($К_к$)** қолданылады. Ол тауарлық өнімнің құрамындағы пайдалы компоненттердің бағаларының қосындысының бастапқы кендегі пайдалы компоненттердің бағаларының қосындысына қатынасы арқылы анықталады:

$$K_k=\sum \omega_{т.ө.} \cdot c_c / \sum \omega_{ø} \cdot \tilde{n}'_{\tilde{n}} \qquad (1.30)$$

мұндағы: $\omega_{т.ө}$.- тауарлық өнімдегі пайдалы компоненттердің салмақтық үлесі; $\omega_{ш}$ - шикізаттағы пайдалы компоненттердің салмақтық үлесі; $С_с$- компоненттердің тауарлық күйдегі бағалары.

Екінші реттік материал қорларын қолдану дәстүрлі шикізаттарды үнемдеуге және қоршаған ортаны қорғауға мүмкіндік береді. Мысалы, экстракциялық фосфор қышқылы өндірісінің қалдығы фосфогипсті - тұзды топырақтарды химиялық құнарландыру үшін, цемент өндірісінде, гипсті тұтқырлы заттар алу үшін, күкірт қышқылы және цемент өндірістерінде қолдануға болады.

1.2.6 Өнеркәсіптің судайындау

Көптеген химиялық, металлургия, тамақ және жеңіл өнеркәсіптерінде көп мөлшерде су қолданылады. Су химия өндірісінде әртүрлі жағдайларда қолданылады. Су өндірісте шикізат немесе реагент ретінде (мысалы, сутегі және

оттегі өндіруде, күкірт және азот қышқылы, сода, күйдіргіш натр өндірістерінде, әртүрлі гидратация және гидролиз реакцияларында және т.б.); қатты, сұйық және газ тәрізді заттардың еріткіші ретінде; жылутасымалдағыш немесе салқындатқыш ретінде; газдарды және қатты материалдарды жуып-шаю үшін қолданылатын механикалық тазартушы ретінде; кендерді флотациялық және басқа да сулы әдістермен байытуда; қондырғылар мен аспаптарды тазартуда; гидравликалық, жылулық және атом электростанцияларында және т.б. қолданылады.

Су атмосферада, топырақта, көптеген минералдар мен тау кендерінің құрамында болады, ал тірі ағзалардың негізгі құраушысы болып табылады. Су қатты, сұйық және газ тәрізді заттардың жақсы еріткіші болғандықтан табиғи судың құрамында көптеген қоспалар кездеседі. Сол себептен су үш түрге бөлінеді.

Атмосфералық су - бұл жаңбыр мен қар сулары. Олардың құрамында қоспалар аз болады, негізінде оларға еріген газдар (CO_2, O_2, N_2, шаң, H_2S және т.б.), тұздар, бактериялар және т.б. жатады.

Жер бетіндегі суларға ашық жатқан су қоймаларындағы, өзендердегі, көлдердегі, теңіздердегі, мұхиттардағы сулар жатады. Бұл сулардың құрамына әртүрлі минералдық және органикалық қоспалар кіреді. Теңіз суының құрамында бағалы және радиоактивті металдармен қатар бүкіл элементтер кестесіндегі заттар кездеседі. Егер 1 кг суда 1 г-ға дейін тұз болса, онда ол тұщы су, 1 г-нан 10 г-ға дейін болса - тұздылау, ал 10 г-нан көп болса тұзды су деп аталады.

Жер асты суларына артезиан құбырларының, құдықтардың, бұлақтардың және гейзерлердің сулары жатады. Олардың құрамында еріген тұздар көп болады. Олардың тұздылығы жер қыртысының және тау жыныстарының құрылысына және құрамына байланысты болады. Жер қыртыстарының және тау жыныстарының сүзу қабілеті жер асты суларының жоғарғы мөлдірлігін және құрамында органикалық қосылыстардың болмауын қамтамасыз етеді.

Су адам тіршілігінде қолданылатындықтан оған қойылатын талаптарда өте қатаң болады. Судың сапасы оның мөлдірлігі, түсі, иісі, температурасы, жалпы тұздылығы, кермектілігі, тотығуы және судың реакциясы деген көрсеткіштермен сипатталады.

Көптеген өндірістерде судың негізгі сапалық көрсеткіші болып судың кермектілігі саналады. Судың кермектілігі судың құрамындағы кальций және магний тұздарының болуын көрсетеді. Судың кермектілігі үш түрге бөлінеді:

Уақытша (карбонатты немесе жойылатын) кермектілік судың құрамында кальций және магний бикарбонаттарының ($Ca(HCO_3)_2$; $Mg(HCO_3)_2$) болуын көрсетеді. Олар суды қайнатқан кезде ерімейтін түрге айналып, қатты тұнба (қақ) түзеді:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$$

$$2Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 + 3CO_2 + H_2O$$

Тұрақты (карбонатты емес) кермектілік суда кальций мен магнийдің тұнба түзбейтін нитраттарының, хлоридтерінің, сульфаттарының болуын көрсетеді.

Уақытша және тұрақты кермектіліктердің қосындысы **жалпы кермектілік** деп аталады.

Құрамындағы Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарының мөлшеріне байланысты су үш түрге бөлінеді: Ca^{2+} мен Mg^{2+} иондарының мөлшері 3 мг-экв/дм^3 дейін болса жұмсақ су; 3 тен 6 мг экв/дм^3 дейін - орташа кермекті су; 6 мг-экв/дм^3 жоғары болғанда - кермекті су деп аталады.

Судың тотығуы судың құрамында органикалық қосылыстардың болуын сипаттайды және органикалық қосылыстарды тотықтыруға қажет калий перманганатының (мг) мөлшерімен анықталады.

Судың реакциясы дегеніміз судың қышқылдық және сілтілік дәрежелері. Ол сутегі иондарының концентрациясымен сипатталады және индикатордың көмегімен анықталады. Табиғи сулардың реакциясы бейтарапқа жақын болып келеді (pH=6,8-7,3), айналымдығы сулардың реакциясы өндірістің түріне байланысты болады. Егер pH<6,5 болса су қышқылдық, pH>7,5 болса - сілтілік деп аталады.

Судың **жалпы сілтілігі** оның құрамындағы $OH^-, HCO_3^-, CO_3^-, PO_4^{3-}, HSiO_3^-, SiO_3^-$ аниондарының және кейбір әлсіз органикалық қышқылдардың тұздарының (гуматтардың) жалпы шоғырымен сипатталады және ммоль/л бірлігінде көрсетіледі.

Жалпы тұздылық судың құрамындағы органикалық және минералдық қоспалармен сипатталады. Оның мөлшерін құрғақ қалдықтың салмағымен (мг/дм^3) анықтайды. Ол үшін 1 л суды буландырып, тығыз қалдықты 110^0С-де тұрақты салмаққа дейін кептіріп, қалған қалдықтың салмағын таразыда өлшейді.

Суды өндірісте қолдану алдында өндірістік талаптарға сай дайындық шаралары жүзеге асырылады. Өндірісте қолданылатын судың құрамында:

реакцияға кері әсер ететін, аппараттарды коррозияға ұшыратын және аппараттар мен құбырлардың ішінде қақтар мен тұнбалар түзетін зиянды заттар болмауы керек. Қоспалар көбінесе ерітінділер, коллоидтық және механикалық жүзгін бөлшектер түрінде болады.

Судайындау процестерінде механикалық, физикалық және физика-химиялық әдістер қолданылады. Суды дайындаудың негізгі операцияларына мөлдірлендіру, жұмсарту, ионалмасу, дегазациялау, бейтараптандыру және залалсыздандыру жатады.

Суды мөлдірлендіру қоспаларды тұндыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдістер реагентті деп аталады, себебі қоспаларды тұндыру үшін арнайы реагенттер қолданылады. Суды мөлдірлендіру үшін қолданылатын тұндыру процестеріне коагуляция, әкті тазарту және магнезиалды кремнийсіздендіру жатады. Коагуляция процесінде коагулянттар ретінде $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ және $NaA10_2$ қолданылады. Коагуляция процесінің тиімділігін жоғарылату үшін флокулянттар (полиакриламид, активті кремний қышқылы және т.б.) қолданылады. Әкті тазарту судың гидрокарбонатты сілтілігін төмендету үшін қолданылады. Бұл процестерде қосымша судың кермектілігі, тұздылығы, ірідисперсті қоспалардың, темір қосылыстарының және кремний қышқылының концентрациялары төмендейді. Бұл процесте реагент ретінде сөндірілген әк $Ca(OH)_2$ және кремний қышқылын тиімді бөліп алу үшін каустік магнезит (70-80%MgO) қолданылады. Бұл процестер мөлдірлендіргіш аппаратында бір уақытта жүргізіледі. Тұнбаны толық бөліп алу үшін сүзу қолданылады. Сүзуші материал ретінде кварцты құм, майдаланған антрацит, сульфакөмір, целлюлоза, керамзит және т.б. қолданылады.

Суды **жұмсарту және тұзсыздандыру** дегеніміз оның құрамындағы кальций, магний және басқа металдардың тұздарын толық ажырату. Өндірісте жұмсартудың әртүрлі әдістері қолданылады, олардың мақсаты Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарын ерімейтін және оңай ажыратылатын қосылыстар түрінде байланыстыру болып табылады. Уақытша кермектілікті жою үшін әк, күйдіргіш натр, сода (әкті-содалы әдіс) қолданылады:

$$Ca(HCO_3)_2+Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow+2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2+2Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow+Mg(OH)_2\downarrow+2H_2O$$

$$CaSO_4+Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow+Na_2SO_4$$

$$MgSO_4+Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3\downarrow+Na_2SO_4$$

$$MgCI_2+Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3\downarrow+2NaCl$$

Тұрақты кермектілікті жою үшін қальцинацияланған содамен өңдеу қолданылады:

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3\downarrow + 2NaCl$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

Ал суды толық жұмсарту үшін жұмсартушы реагент ретінде үшнатрийфосфатты (Na_3PO_4) қолданылады:

$$3Ca(HCO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaHCO_3$$

$$3MgCl_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaCl$$

Суды нәтижелі жұмсарту және тұссыздандыру үшін ионаламасу әдісін қолданған өте тиімді. Кейбір қатты қиынеритін минералдық және органнкалық заттардың ерітінділерден тек қана катиондарды немесе аниондарды бөліп алу қабілеті болады. Судың құрамындағы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+} иондарын бөліп алу үшін катиониттер ретінде құрамында H^+, Na^+, NH_4^+ иондарынан тұратын активті топтары бар сульфокөмір немесе жоғарымолекулалы шайырлар, сонымен қатар аниониттер ретінде құрамында OH^-, HCO_3^-, CO_3^{2-} иондарынан тұратын активті топтары бар жоғарымолекулалы шайырлар қолданылады.

Жұмсартудың катионалмастыру процесінің негізінде катиониттердегі натрий және сутегі иондарын кальций және магний иондарына алмастыру реакциясы жатады.

Натрий иондарын алмастыру Na-катиондау, ал сутегі иондарын алмастыру - H-катиондау деп аталады.

$$Na_2[Кат] + Ca(HCO_3)_2 = Ca[Кат] + 2NaHCO_3$$

$$Na_2[Кат] + MgSO_4 = Mg[Кат] + Na_2SO_4$$

$$H_2[Кат] + MgCl_2 = Mg[Кат] + 2HCl$$

$$H[Кат] + NaCl = Na[Кат] + HCl$$

Көрсетілген реакциялар ионалмасу әдісі арқылы суды тек қана жұмсартып қоймай, сол сияқты оны тұзсыздандыруды қамтамасыз етеді, яғни судың құрамындағы тұздарды бөліп алуға мүмкіндік береді.

Ионалмасу реакциялары қайтымды, сондықтан иониттердің алмастырғыш қасиеттерін қалпына келтіру үшін регенерация жүргізіледі. Натрий катиониттерін қалпына келтіру үшін ас тұзы, ал сутегі катиониттерін қалпына келтіру үшін минералдық қышқылдар қолданылады. Катиониттерді регенерациялау реакцияларының теңдеулері:

$$Ca[Кат] + 2NaCl = Na_2[Кат] + CaCl_2$$

$$Na[Кат]+HCl=H[Кат]+NaCl$$

Анионалмасу мысалы ретінде OH^- аниондарын алмастыру реакциясын алуға болады:

$$[Ан]OH+HCl=[Ан]Cl+H_2O$$

Аниониттерді регенерациялау үшін сілтілі ерітінділер қолданылады:

$$[Ан]Cl+NaOH=[Ан]OH+NaCl$$

Н-катиондау және ОН-аниондау процестерін тізбекті жүргізу суды тұзсыздандырудың қазіргі кездегі экономикалық тиімді тәсілі болып саналады. Осы процестердің нәтижесінде пайда болатын H^+ және OH^- иондары өзара әрекеттесіп су молекуласын құрайды.

Өнеркәсіптік судайындау процесіне судың құрамындағы ерітілген газдарды ажырату жатады. Судың құрамындағы газдар сорбция, табиғи суда және тазарту сатыларында жүретін химиялық реакциялардың нәтижесінде пайда болады. Олар сумен химиялық әрекеттеспейтін (H_2, O_2, CH_4), сумен және оның құрамындағы қоспалармен химиялық әрекеттесетін (NH_3, CO_2, Cl_2), сонымен қатар коррозийлі-белсенді (O_2, CO_2, NH_3, Cl_2, H_2S) және инертті (N_2, H_2, CH_4) болып бөлінеді. Судың құрамындағы газдардың концентрациялары көптеген факторларға байланысты болады: судың табиғаты, қанығу дәрежесі, жүйедегі қысым және судың температурасы. Судағы еріген газдарды бөліп алудың негізгі тәсіліне десорбция (термиялық деаэрация) жатады. Бұл процесті жүзеге асыру үшін деаэраторлар деген аппараттар қолданылады. Олар вакуумді, атмосфералық және тұрақты қысымды болып бөлінеді. Вакуумді деаэраторлардағы жұмысшы қысым 0,0075-0,05МПа құрайды.

Кей жағдайларда химиялық тазарту әдістері қолданылады. Бұл әдістерде химиялық реагенттер қолданылады. Мысалы, қышқылдар мен сілтілерді бейтараптандыру, оттегіні ажырату үшін күшті тотықсыздандырғыштар (натрий сульфиті), ал H_2S бөліп алу үшін хлорлау қолданылады.

Тұмыстық жағдайда қолданылатын ауыз суын залалсыздандыру үшін сұйық немесе газды хлор, гипохлориттер ($NaClO$, $Ca(ClO)_2$, Cl_2O), озон және ультракүлгін саулелендіру қолданылады.

Адамдардың тіршілігінің нәтижесінде және барлық өнеркәсіптік өндірістерде қолданылған қалдық сулар пайда болады, оларды **ағызынды сулар** деп атайды. Өндірістік ағызынды сулар келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) шығу тегі бойынша, яғни өнеркәсіп салаларына байланысты (химия өнеркәсібінің, мұнай-химия, синтетикалық полимерлер мен пластмассалар, коксхимия, синтетикалық каучук және т.б. өндірістердің ағызынды сулары);
2) технологиялық процесстердің сипаты бойынша;
3) фазалы-дисперсиялық белгісі бойынша;
4) химиялық құрамы бойынша (бейорганикалық және органикалық қоспалар).

Өнеркәсіптік ағызынды сулардың құрамында көп мөлшерде бейорганикалық және органикалық қосылыстар болады. Ағызынды сулардағы органикалық қоспалар ең зиянды болып саналады. Өнеркәсіптік ағызынды сулардың құрамындағы органикалық қосылыстар суда ерітілген оттегімен әрекеттеседі, соның нәтижесінде оттегінің су тоғандарындағы тірі жәндіктердің және өсімдіктердің тіршілігіне қажет мөлшері азаяды.

Ағызынды суларды тазарту әдістері төрт топқа бөлінеді:

1) **Механикалық (физикалық)** әдістерге негізінен тұндыру, мөлдірлендіру және сүзу жатады. Бұл әдістер ағызынды суларды іридисперсті қоспалардан тазарту үшін қолданылады және жалпы тазартудың бірінші сатысы болып табылады. Бұл процестерді жүзеге асыру үшін мөлдірлегіштер, торлар, сүзгілер және әртүрлі гидроциклондар қолданылады.

2) **Физика-химиялық** әдістер ағызынды суларды майда дисперсиялық, коллоидтық және ерітілген заттардан тазарту үшін қолданылады. Бұларға флотация, коагуляция және флокуляция, еріткіштермен экстракциялау, адсорбция, кері осмос (гиперсузу), электродиализ және т.б. жатады.

Кері осмос (гиперсүзу) процесінде сүзгілер ретінде диаметрі шамамен 1нм құрайтын полимерлі мембраналар (ацетилцеллюлозалық, полиамидті және т.б.) қолданылады. Процесс 5-10МПа қысымда жүргізіледі.

Электродиализ ағызынды сулардың құрамындағы ерітілген минералды тұздарды, қышқылдарды, сілтілерді, радиоактивті заттарды бөліп алу үшін қолданылады. Бұл процес тұрақты электр тогының әсерімен жұмыс жасайтын көпкамералы мембраналы аппараттарда (электродиализаторларда) жүзеге асырылады. Инонитті мембраналар термопластикалық полимерлерлі байланыстырғыштар (полиэтилен, полипропилен) мен ионалмасу шайырларының ұнтағынан, ал электродтар платиналы титаннан жасалады.

Ағызынды суларды физика-химиялық тазарту нәтижесінде тұзды ерітінділер пайда болады, бұл ерітінділерді қатты тұздар, қышқылдар мен сілтілерді тауарлы өнім ретінде бөліп алу мақсатымен қайта өңдеу қажет.

3) **Химиялық** әдістер көбінесе ағызынды суларды бейорганикалық қоспалардан тазарту үшін қолданылады. Бұларға қышқылдардың және сілтілердің бейтараптануы, иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы, бейорганикалық заттардың қоса тұнуы жатады. Химиялық әдістердің кемшіліктеріне химиялық реагенттердің шығыны, өте үлкен қолайсыз қондырғылардың қолданылуы, жаңа қосылыстардың (тұнбалардың) пайда болуы жатады. Пайда болған тұнбалар жинағыштарға және қоймаларға жіберіледі, ал бұл жер қыртысының қосымша ластануына алып келеді және олардың үйінділері көптеген жер телімдерін алып жатады. Сонымен қатар, химиялық әдістерге хлорлау және озондау жатады. Бұл процесстер қаланың су станцияларында ауыз суын қайта тазалау және залалсыздандыру үшін қолданылады.

4) **Биологиялық** әдістер көп жағдайда ағызынды суларды органикалық қосылыстардан тазарту үшін қолданылады. Бұл әдістер органикалық және кейбір бейорганикалық заттардың микроағзалардың әсерінен биологияық тотығуына негізделген. Бұл әдісте микроағзалар ағызынды сулардың қоспасын қоректі субстракт ретінде қолданады. Тотығу нәтижесінде зиянсыз өнімдер - су, көміртек диоксиді, нитрат және сульфат иондары, сонымен қатар биологиялық масса, яғни әртүрлі бактериялардан тұратын активті ылай пайда болады.

Сонымен қатар, ағызынды суларды тазартудың термиялық және сұйықфазалы тотықтыру әдістерін атап өтуге болады. **Термиялық** әдісте органикалық қоспалар толық тотығу нәтижесінде CO_2, H_2O, N_2 және күлді қалдыққа айналады. Термиялық әдіс көлемі аз, құрамында минералды уытты заттар мен жанатын қалдықтары бар ағызынды суларды тазарту үшін қолданылады. Бұл процесс циклонды немесе қайнау қабатты пештерінде жүзеге асырылады. Әдістің негізгі кемшіліктеріне жоғары энергия шығындары және пештердің үлкен көлемдері жатады. **Сұйықфазалы тотықтыру** (ылғал жандыру) әдісінде ағызынды сулардың құрамындағы органикалық қосылыстар 15МПа қысымда және 350^0С-де ауадағы оттегімен тотықтырылады. Бұл шарттарда оттегінің суда ерігіштігі және тотығу процестерінің жылдамдығы жоғарылайды. Органикалық қосылыстардың концентрациялары 6%-дан жоғары болғанда, тотығу процесінде бөлінетін жылудың мөлшері процестің температурасын берілген деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді. Бұл әдістер тиімсіз болып табылады, сондықтан уытты қосылыстардың концентрациясы 6%-дан жоғары және биологиялық ыдырамайтын болғанда қолданылады.

1.3 Химиялық өндірістегі энергия

1.3.1 Энергетикалық қорлардың жалпы сипаттамасы

Химиялық өнеркәсіпте көп мөлшерде отын және электрэнергиясы қолданылады. Барлық технологиялық процестерде энергия шығындалады немесе бөлінеді, кей жағдайда энергия бір күйден басқа бір күйге айналады.

Химиялық өндірісте жылулық, электрлік, ядролық, химиялық, сәулелік және т.б. энергиялар қолданылады. Химиялық өнеркәсіптерде электрэнергиясының қолданылуы 40%-ды, жылулық (бу және ыстық су) - 50%-ды, ал тікелей қолданылатын отын 10%-ды құрайды.

Электр энергиясы электрохимиялық процестерде (ерітінділер мен балқымалардың электролизі), электротермиялық процестерде (қыздыру, балқыту, айдау, жоғары температурада синтездеу), электромагниттік опреацияларды (кендерді байыту) және электростатикалық процестерде (электросүзгілерде) қолданылады. Сонымен қатар, электрэнергиясы механикалық энергияны қажет ететін көмекші операцияларда (электрқозғалтқыштардың жұмысында) және ғимараттарда жарық көзі ретінде қолданылады. Өнеркәсіптер жылулық электростанцияларда (ЖЭС) өндірілетін электрэнергиясымен қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар электрэнергиясы гидроэлектрстанцияларында (ГЭС) және атомдық электрстанцияларында (АЭС) өндіріледі.

Жылулық энергия жоғары потенциалды (630К-нен жоғары), орташа (373-623К) және төмен (323-423К) потенциалды болып бөлінеді. Жоғары потенциалды жылулық энергияны әртүрлі отындарды тікелей пештерде немесе басқа технологиялық аппараттарда жағу арқылы алады. Ол күйдіру, балқыту процестерінде, эндотермиялық реакциялар мен физика-химиялық процестерді (металлургия, отын өңдеу, силикат материалдарын өндіру) жүзеге асыру үшін қолданылады. Орташа және төмен потенциалды жылулық энергия химиялық, физика-химиялық процестерде, сонымен қатар механикалық операцияларда (кептіру, буландыру, дистилдеу, ұнтақтау, араластыру, центрифугалау, заттарды тасымалдау) қолданылады. Төмен потенциалды энергия ғимараттарды жылыту және желдету үшін қолданылады. Орташа және төмен потенциалды жылулық энергияның көзі ретінде ыстық су және төмен (0,6 МПа-ға дейін), орташа (0,6 - 4 МПа) және жоғары (4 МПа-дан жоғары) қысымды су буы қолданылады.

Ядролық энергия тікелей радиация-химиялық процестерде, кейбір полимеризация, полимерлерден жасалған заттарды қатыру немесе беріктеу

үшін (мысалы, каучуктерді вулканизациалау), кейбір органикалық синтез процестері үшін (галогендеу, сульфирлеу, тотықтыру және т.б.) қолданылатын радиация-химиялық процестерде қолданылады. Ядролық энергия қазіргі кезде көп жағдайда электрэнергиясын алу үшін қолданылады. Атом электрстанцияларының пайдалы әсер коэффициенті өте жоғары және олар электрэнергиясының маңызды көзі болып табылады. Мысалы, 1г уран–235 ыдыраған кезде бөлінетін жылулық энергиядан 1000 кВт·сағ электрэнергиясын өндіруге болады. Басқа сөзбен айтқанда, 1т уран–235 ыдыраған кезде бөлінетін жылудың мөлшері шамамен 300 000т жоғары сапалы тас көмірді жандырған кезде бөлінетін жылу мөлшеріне эквивалентті.

Сәулелік энергия (ультракүлгін, инфрақызыл, лазерлік сәулелер) органикалық синтез реакцияларын (көмірсутектерді галогендеу, жоғарымолекулалық қосылыстарды синтездеу, парафиндерді сульфохлорлау, изомеризация және т.б.) үдету үшін қолданылады. Бұл фотокатализдік процестер сәулелік энергия мен катализатордың кешенді әсер етуінің нәтижесінде жүреді. Сәулелік энергияны электрлік энергияға алмастыру үшін қолданылатын фотоэлектрлік қондырғылар химия-технологиялық процестерді автоматты бақылау және басқару үшін қолданылады.

Энергияның болашақты көзі ретінде **күн энергиясын** санауға болады. Күн өте көп мөлшерде сәулелік және жылулық энергия бөледі. Қазіргі кезде күн батареялары космос кемелерінде қолданылады. Күннің жылулық энергиясы Оңтүстік аймақтарда тұрмыстық жағдайда (суды немесе басқа да сұйықтарды жылыту үшін) қолданылады.

Экзотермиялық химиялық реакциялардың нәтижесінде бөлінетін **химиялық энергия** эндотермиялық процестерде қолданылатын реагенттерді қыздыру үшін қолданылады. Мысалы, аммоний силитрасының өндірісінде бөлінетін жылу реакциялық қоспаны буландыру және кристалдандыру үшін қолданылуы мүмкін.

Химиялық энергия гальваникалық элементтерде және аккумуляторларда электрлік энергияға айналады. Бұл энергияның пайдалы әсер коэффициенті өте жоғары болады.

1.3.2 Отын-энергетикалық қорларын жіктеу

Отын-энергетикалық қорлар келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) құрамы бойынша: отындық және отындық емес;
2) қоры бойынша: қалпына келетін және қалпына келмейтін;

3) агрегаттық күйі бойынша: қатты, газ және сұйық;
4) шығу тегі бойынша: табиғи және жасанды;
5) қолданылу реті бойынша: бірінші реттік және екінші реттік;
6) қолданылуы бойынша: энергетикалық және технологиялық болып бөлінеді.

Отындық қорларға жанатын қазбалар (көмір, мұнай, шым тезек, сланецтер және табиғи газ) жатады. Отындық емес қорларға атомдық және термоядролық энергия, күн энергиясы, гидроэнергия (өзендердің энергиясы), жер қойнауының жылулық энергиясы (геотермиялық), мұхиттардың толу және сарқылу энергиясы, жел энергиясы жатады.

Қалпына келетін энергия көздеріне барлық отындық емес қорлар (атомдық энергиядан басқалары) және биомасса (ағаш және басқа да өсімдік шикізаттар) жатады. Қалпына келмейтін энергия көздеріне пайдаланған сайын қоры таусылатын энергия қорлары жатады, олар барлық отындық энергия қорлары мен атом энергиясының «отыны» - уран. Жоғарыда аталған энергия көздерінің барлығы бірінші реттік энергия көздеріне жатады.

Екінші реттік энергия қорларына (ЕЭҚ) химия-технологиялық жүйедегі соңғы, жанама және жартылай өнімдердің энергетикалық потенциалдары жатады. Екінші реттік энергия қорлары өндірісті энергиямен жартылай немесе толық қамтамасыз ете алады.

Химиялық өнеркәсіпте көп жағдайда отындық қалпына келмейтін энергия қорлары қолданылады.

Отын дегеніміз химиялық өнеркәсіпте жылулық энергияның көзі және шикізат ретінде қолданылатын табиғи немесе жасанды жанғыш органикалық зат.

Отын агрегаттық күйі бойынша қатты (көмір, тас көмір, шым тезек), сұйық (мұнай және мұнай өнімдері) және газ тәріздес (табиғи газ, мұнай өндірісіндегі жолшыбай газдар) болып бөлінеді. Шығу тегі бойынша табиғи және жасанды болып бөлінеді. Табиғи отындарға барлық өңделмеген отындар жатады. Жасанды отындарға табиғи отындарды өңдеу нәтижесінде алынған отындар жатады. Мысалы, кокс, ағаш көмірі, бензин, керосин, генератор газы, кокс газы және т.б. Қолданылуы бойынша отын энергетикалық және технологиялық болып бөлінеді. Энергетикалық отын жылулық энергия станцияларында (ЖЭС) және қазандықтарда электрлік және жылулық энергия алу үшін қолданылады. Технологиялық энергия өнеркәсіптік қондырғылар мен пештерде тікелей технологиялық процестерді және операцияларды жүргізу үшін қолданылады.

Мысалы, қатты отынды кокстеу және газдандыру, шойын мен болатты балқыту, силикат материалдарды күйдіру, кептіру, буландыру және т.б.

Отынның негізгі технологиялық сипаттамаларына жылуберу қабілеті және энергиясыйымдылығы жатады.

Отынның **жылуберу қабілеті** (жану жылуы) дегеніміз – қатты немесе сұйық отынның салмақ бірлігінің (кДж/кг) немесе газды отынның көлем бірлігінің (кДж/м^3) толық жанып және жану өнімдерінің қалыпты температураға дейін салқындағанда бөлінетін жылудың мөлшері.

1.1 кесте – Отындардың жылуберу қабілетінің орташа мәндері.

Отынның түрі	Жылуберу қабілеті, кДж/кг
Шикі мұнай	41 900
Бензин	44 000
Керосин	43 900
Тас көмір	27 000
Қоңыр көмір	16 300
Шымтезек	12 500
Ағаш (құрғақ)	13 800
Кокс	31 400
Мазут	40 800
Сутек	121 000

Отынның **энергиясыйымдылығы** дегеніміз отынның көлем бірлігіндегі потенциалды жылулық энергияның мөлшері. Ол жану жылуы 29,33 МДж/кг құрайтын 1т шартты отынға сәйкес отынның көлемімен (м^3) өлшенеді.

Қатты және сұйық отындар жанатын органикалық бөліктен және жанбайтын заттардан (балластан) тұрады. Отынның органикалық бөлігі негізінен көміртегінен, оттегіден және сутегіден тұрады, сонымен қатар отынның органикалық бөлігінде азот және күкірт болуы мүмкін. Ал отынның жанбайтын бөлігі минералды заттардан және судан тұрады. Минералды заттарға металдардың (кальций, темір, магний, алюминий және т.б.) карбонаттары, сульфаттары және силикаттары жатады. Минералды заттар отынды жандырған кезде оксидтерге айналып күл түзеді. Отындағы күкірт - өте зиянды қоспа болып саналады. Себебі ол жанған кезде атмосфераны ластайтын күкірт диоксидін түзеді.

Табиғи газды отындар ең бағалы отындарға жатады, олар тек қана көмірсутегіден және сутектен тұрады, жылуберу қабілеті өте жоғары болады және толық жанған кезде тек қана H_2O мен CO_2 түзеді.

1.3.3 Энергияны және екінші реттік энергия қорларын тиімді пайдалану

Химиялық өнеркәсіпте энергияны тиімді қолдану бірінші реттік энергия көздерін барынша толық қолданудан және екінші реттік энергия қорларын қайта пайдаланудан тұрады. Екінші реттік энергия қорларын қолдану химиялық технологияның ең маңызды мәселесі болып табылады. Химиялық және мұнайөңдеу өнеркәсіптерінде, металлургияда, силикат материалдарының өндірісінде екінші реттік энергия қорлары өте көп мөлшерде қолданылады. Қалдықты және технологиялық газдардың, өнімдердің жылуы кеңінен қолданылады.

Өндірістің экономикалық тиімділігін бағалау үшін энергияны қолдану коэффициенті (μ) қолданылады, ол өндіріске қажет энергияның теориялық мөлшерінің ($W_{теор}$) оның нақты шығындалған мөлшеріне ($W_{нақты}$) қатынасымен анықталады:

$$\mu = W_{теор.}/W_{нақты} \qquad (1.31)$$

Энергияны қолдану коэффициентін жоғарылату үшін екінші реттік энергия қорлары қолданылады.

Энергияны түріне байланысты екінші реттік энергия қорлары үш топқа бөлінеді:

1) жанғыш (отынды) екінші реттік энергия қорлары – көміртекті және көмірсутекті шикізаттарды термиялық және термияхимиялық өңдеу қалдықтарының химиялық энергиясы;

2) жылулық екінші реттік энергия қорлары – өндірістің қалдықты газдарының физикалық жылуы;

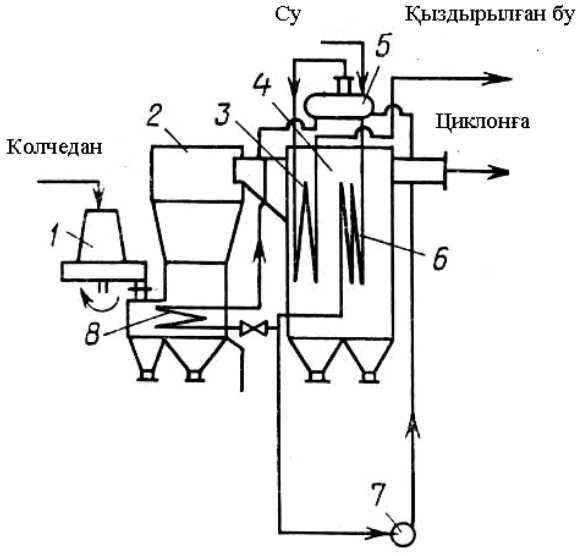
3) артық қысымды екінші реттік энергия қорлары – артық қысымда жұмыс істейтін технологиялық агрегаттардан шығатын газдар мен сұйықтықтардың потенциалдық энергиясы.

Екінші реттік жылу қорлары ең алдымен реакторға берілетін шикізаттарды қыздыру үшін қолданылады. Реакция өнімдері мен шикізаттардың және жартылай өнімдердің арасындағы жылуалмасу процестері

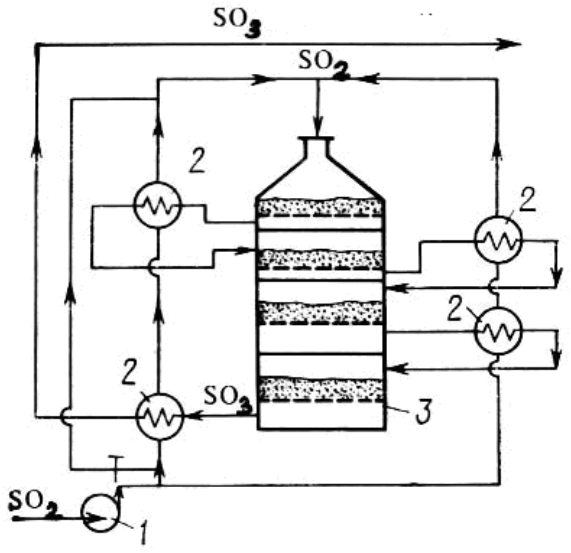
жылуалмастырғыштарда жүзеге асырылады, бұл реакторларды жылу рекуператорлары деп атайды.

Химиялық реакциялардың жылуын қолдану үшін бу қазандықтары және экономайзерлер қолданылады. Бу қазандықтарында түтін және технологиялық газдарды қолдану нәтижесінде су буы өндіріледі. Су экономайзерлерінде және ауа қыздырғыштарда түтін газдары қазандықтарда қолданылатын қоректі суды және үрлеуге берілетін ауаны қыздыру үшін қолданылады.

Жылуды қайта қолдану қондырғыларының кеңінен қолданылатын түріне бу қазандары жатады. Бу қазандарында өнеркәсіптік пештердің жоғарыпотенциалды түтінді газдары және химиялық өндірістердің технологиялық газдары пайдаға асырылып су буы алынады. Мысал ретінде күкірт қышқылы өндірісінде колчеданды күйдіру процесінің жылуын пайдаға асыруды келтіруге болады (1.3 сурет).



1–бункер, 2-қайнау қабатты пеші, 3–буқыздырғыш, 4–бу қазаны, 5–барабан-сепаратор, 6,8–салқындатқыш элементтер, 7 – циркуляциялық айдағыш.
1.3 сурет - Бу қазаны қондырғысының сызбасы.



1–газүрлегіш,2–газды жылуалмастырғыштар, 3–түйістіру аппараты.
1.4 сурет - Күкірт қышқылы өндірісінің түйістіру бөлімінің сызбасы.

Көптеген химиялық өндірістерде химиялық реакцияның жылуы салқын реагенттерді жылыту үшін қолданылады. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісінде SO_2-ні SO_3-ке тотықтыру реакциясының жылуы жылуалмастырғыштарда салқын газды қыздыру үшін қолданылады (1.4 сурет).

Жалпы әлемдік энергетика мәселесі белгілі энергия көздерін толық қолданумен қатар энергияның балама басқа да түрлерін игеру арқылы

шешілетін болады. Қазіргі кезде табиғатта игерілмеген көптеген энергия көздері бар. Мысалы, күн сәулесінің жылу энергиясы, геотермалды энергия, мұхит және теңіз толқындарының энергиясы, ағынды сулардың энергиясы, жел энергиясы және т.б. Осы аталған энергия көздерінің болашағы өте зор, оларды игеру үшін ең алдымен күрделі техникалық және экономикалық мәселелерді шешу қажет. Болашақта энергияның басқа да түрлері, оларды тиімді қолдану жолдары табылып, адамзаттың алдында тұрған энергетикалық мәселе шешімін табатын болады.

1.3.4 Энерготехнологиялық жүйелер

Химиялық өндірісте энергиямен қамтамасыз етудің тиімділігі тікелей технологиялық процестің жетілу дәрежесіне байланысты:

1) тиімді шикізат көзін және оларды дайындау тәсілдерін таңдау;
2) шикізатты кешенді қолдану;
3) белсенділігі жоғары катализаторларды таңдау;
4) энерготехнологиялық қондырғыларды және жүйелерді ұйымдастыру;
5) энергияны үнемдеп жұмсайтын қондырғыларды қолдану.

Энергияны тиімді пайдаланудың негізгі бағыты – энерготехнологиялық қондырғыларды және жүйелерді ұйымдастыру. Энерготехнологиялық жүйелерде химиялық реакциялар мен физика-химиялық процестердің жылуы толық қолданылады. Энергия қолданатын қондырғыларды энергия шығаратын қондырғылармен қиыстыру арқылы кешенді энерготехнологиялық жүйелер құру өте тиімді болып саналады. Мысалы, аммиак, метанол, карбамид синтезі, сұйытылған азот қышқылы өндірісі және т.б.

Химиялық және мұнай химиялық өнеркәсіптің дамуының негізгі бағыты - шикізаттың және энергияның толығымен қолданылуын қамтамасыз ететін үлкен қуаты жүйелер, яғни энерготехнологиялық жүйелер құру. Олардың ерекшілігіне өндірістің қатаң теңестірілуі және энергетикалық будың қолданылуы жатады. Олар екінші реттік энергетикалық қорларды, атап айтқанда экзотермиялық реакциялардың жылуын қолдануға негізделген. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісінде қолданылатын шикізаттың түріне байланысты бөлінетін жылудың жалпы мөлшері 1 т қышқылға шаққанда 5000-нан 8000 МДж-ға дейін болады. Өнімділігі тәуелілігіне 6000т H_2SO_4 өндірісінде 480мың кВт (орташа ҚЭС қуаты) қуаттағы жылу ағыны бөлінеді. Шығарылатын жылу ағынының тек 5%-ын қолдану қышқыл өндірісіндегі энергия шығынын толығымен толтыруға мүмкіндік береді. Қалған энергия жоғары потенциалды бу алу үшін қолданылылады. Демек, энергетика мен технологияны үйлестіру

химиялық реакцияның жылуын және энергия қорларын толық қолдануға, өнімнің сапасын жоғарылатуға және энерготехнологиялық қондырғылардың өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

1.4 Бақылау сұрақтары

1. Химиялық технология мен механикалық технологияның өзарабайланысын түсіндіріңіз.
2. Химиялық технологияның дамуының негізгі бағыттары.
3. Химиялық өндірістің жалпы технологиялық құрылымы.
4. Химиялық технологияның негізгі процестері.
5. Химиялық технологияның негізгі технологиялық компоненттер.
6. Химиялық өндірістің тиімділігін сандық және сапалық бағалу көрсеткіштері.
7. Өнімінің шығымы, айналдыру дәрежесі және таңдаушылықтың арасындағы байланысты көрсетіңіз.
8. Химиялық өндірістерде шикізаттарды қолданудың негізгі ерекшіліктері.
9. Шикізат мәселесін шешудің негізгі бағыттары.
10. Шикізаттарды кешенді қолдану дегеніміз не?
11. Шикізатты дайындау сатысының өнімнің өзіндік құны мен сапасына әсері.
12. Шикізаттарды байыту әдістері.
13. Химия өнеркәсіптерінде суды қолдану, судың негізгі сапалық көрсеткіштері.
14. Өндірістегі судайындау әдістері.
15. Суды жұмсартудың әдістері мен тәсілдері.
16. Ағызынды суларды жіктеу және оларды тазарту әдістері.
17. Отын-энергетикалық қорларын жіктеу белгілері.
18. Отынның негізгі технологиялық сипаттамалары.
19. Энергияны тиімді пайдалану принциптері.
20. Энерготехнологиялық жүйелерді құрастыру әдістері.

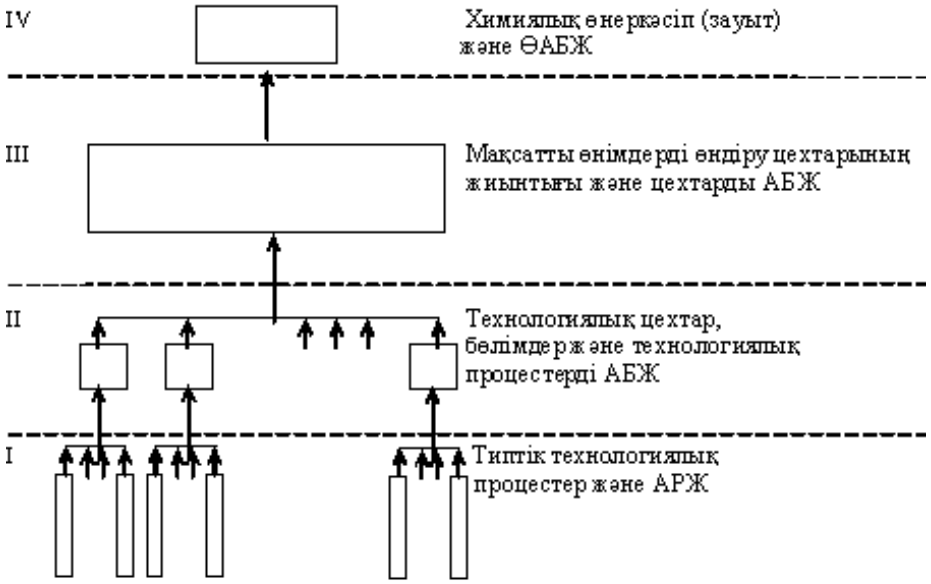
2 бөлім. Химиялық өндіріс – химия-технологиялық жүйе (ХТЖ)

2.1 Химиялық технологияның әдістері

2.1.1 Химиялық өндірістің иерархиялық ұйымдастырылуы

Химиялық өнеркәсіпті жүйе ретінде қарастыру оны өзарабайланысқан жүйешелерге бөлуге мүмкіндік береді. Жүйешелердің арасында иерархиялық құрлыспен (төменгі шенділерінің жоғары шенділерге бағыну тәртібі бойынша) сипатталатын өзара бағыныс болады. Иерархиялық құрылыс төрт деңгейден немесе сатыдан тұрады (2.1 сурет).

Иерархиялық құрылыстың бірінші төменгі сатысы типтік химия-технологиялық процестерден (химиялық, жылулық, гидродинамикалық, диффузиялық, механикалық) және оларды автоматты реттеу жүйелерінің (АРЖ) жиынтығынан тұрады. Типті технологиялық процестер ішінде физика-химиялық өзгерістер жүретін аппараттарда жүзеге асырылады.



2.1 сурет - Химиялық өндірістің иерархиялық құрылымы.

Иерархияның екінші сатысы - бұл агрегаттар мен комплекстер, яғни белгілі операцияларды жүзеге асыру үшін қолданылатын типтік технологиялық процестер мен аппараттардың өзарабайланыстарының жиынтығы. Оларға цехтар немесе олардың бөлек бөлімдері жатады. Екінші сатыда технологиялық процестерді автоматты басқару жүйелері (АБЖ) қолданылады.

Иерархияның үшінші сатысына бірнеше цехтардан тұратын химиялық өндіріс, сонымен қатар өндірістің технологиялық және ұйымдастыру функцияларының АБЖ-і кіреді.

Төртінші саты - жалпы химиялық өнеркәсіп және өнеркәсіпті автоматты бақылау жүйесінен (ӨАБЖ) тұрады.

Химиялық өнеркәсіптің иерархиялық құрылымының айрықша белгісі - иерархияның сатыларының арасындағы өзарабағыныс қана емес, сонымен қатар бір сатының жүйешелерінің арасында өзарабайланыстың болуы.

2.1.2 ХТЖ-і дайындау барысындағы жүйелік талдау әдістері

Нақты химиялық өндіріс көптеген өзарабайланысқан аппарттардың жиынтығыныан тұрады. Мысалы, күкірт қышқылы өндірісі технологиялық және гидродинамикалық ережелері ерекше бірнеше кезектескен сатылардын тұрады: колчеданды күйдіру, өнімдік газды құрғақ және ылғал тазарту, газды кептіру, SO_2-ні SO_3-ке тотықтыру және SO_3-ті сіңіру (абсорбция) сатылары. Сондықтан өндірістің жұмысының жалпы тиімділігі әрбір қондырғының жұмысының тиімділігіне байланысты болады. ХТЖ технологиялық ағындар мен аппараттардың өзарабайланысымен анықталатындықтан химия-технологиялық процесс жалпы түрде қарасытырылуы керек. Сондықтан, химиялық технологияда зерттеудің жүйелік талдау әдістері қолданылады. Жүйелік талдау химиялық өндірісті жүйе ретінде қарастырудан басталады.

Жүйе дегеніміз сыртқы ортамен әрекеттесетін, технологиялық ағындармен өзарабайланысқан құрамды бөліктер мен элементтерден (аппараттардан) тұратын, бүтін бірлік ретінде әрекет жасайтын объект.

Элемент дегеніміз еркін және шартты бөлінбейтін бірлік. Химиялық технологияда элемент ретінде ішінде қандайда бір типтік процесс (химиялық, диффузиялық, жылулық және т.б.) жүретін аппарат қарастырылады.

Жүйеше дегеніміз белгілі бүтіндігі және мақсаты бар элементтердің жиынтығы. Бұл жүйенің еркін жұмыс жасайтын бөлігі. Жүйешелердің арасында элементтердің арасындағыдай байланыстар болады: материалдық, энергетикалық, жылулық, ақпараттық.

Элементтердің арасындағы байланыс **ағындардың** көмегімен жүзеге асырылады. Олар заттардың, жылудың, энергияның элементтен элементке ағынмен жылжуын көрсетеді. Ал ағынның өзгеруі элементтің ішінде жүреді.

Элементтер мен олардың арасындағы байланыстардың жиынтығын **жүйенің құрылымы** деп атайды.

Жүйелік талдаудың негізгі принциптеріне объектіні жүйе ретінде қарастыру және оны көрсетілген жүйе тұрғысында зерттеу жатады. Бұл зерттеу стратегиясы бүтіннен-бөлікке, жүйеқұрамдас қатынастар мен қасиеттерден, құрылымнан - элементке бағытында жүргізілуі керек деген сөз.

ХТЖ-і зерттеу кезінде элементтің ішкі қасиеттері мен құрылымы ескерілмейді. Элементтің ХТЖ-ң басқа элементтерімен әрекетін анықтайтын немесе жүйенің қасиеттеріне әсер ететін маңызды қасиеттері ғана ескеріледі.

ХТЖ-ң элементтерінің арасында көптеген байланыстар мен қатынастар болады. Осы байланыстар мен қатынастардың дәрежесі олардың маңыздылығына байланысты болады. **Жүйелік зерттеудің мақсаты** осы байланыстардың қайсысы мағаналы, анықтаушы екенін анықтау. Бұл жүйелік зерттеудің басы болып табылады. Жалпы алғанда, жүйелік зерттеу жүйенің жалпы жүйелік қасиеттерін анықтаудан, оның түрін анықтаудан, осы жүйенің ішінде жүретін жалпыжүйелік заңдылықтардың түрлерін анықтаудан басталады. Жүйелік талдаудың негізгі белгісі мен артықшылығына жалпыжүйелік заңдылықтардың қолданылуы және жүйелік бағыттың жүйелердің жалпы теориясымен байланысы жатады. Бұл бағыт жүйелердің арасындағы терең құрылымдық және функционалдық ұқсастықтарды қолдануға мүмкіндік береді.

2.1.3 Химиялық өндіріс нысандарын математикалық моделдеу

Аппараттың өнімділігі оның ішінде жүретін физика-химиялық айналдыруларға және оның құрылысына, яғни реактордың түріне тәуелді болады. Бірақ химиялық айналдыруды кинетиканың заңдарының түріне қарай талдау жылдамдық туралы тек қана жалпы түсінік береді де, өнеркәсіптік жағдайларда процесті жүзеге асыру жолдарын көрсетпейді. Реактордың түрін таңдау және оның өнімділігін анықтау үшін тәжірибелік зерттеулер жүргізіп, алынған нәтижелерді өнеркәсіптік жағдайларға ауыстыру керек. Процесті зертханалық немесе тәжірибелік-өнеркәсіптік жағдайларға ауыстыру моделдеудің көмегімен жүзеге асырылады.

Процесті және оған сәйкес реакторды моделдеу құбылыстың физикалық мәнін оқып зерттеуден, зерттелетін құбылысқа әсер ететін айнымалы шамаларды тағайындаудан басталады. Ол үшін жалпы функционалды тәуелділік құрастырылады. Мысалы, технологиялық процестің жылдамдығы көптеген факторларға тәуелді: әрекеттесуші заттардың ($С_б$) және реакция өнімдерінің ($С_ө$) концентрацияларына, реагенттердің нәтижелі диффузиялық

коэфициентеріне ($D_б$ және $D_ө$); температураға (Т), қысымға (Р), реагенттердің ағындарының жылдамдықтарына ($\omega_б$ және $\omega_ө$); олардың тығыздығына ($\rho_б$ және $\rho_ө$), тұтқырлығына ($\mu_б$ және $\mu_ө$), беттік керілуге коэффициентіне немесе адгезияға (σ), жылуөткізу коэффициенттеріне (λ), қолданылатын катализатордың активтілігіне (A_k), аппараттың геометриялық өлшемдеріне (Г) және т.б. Сондықтан процестің жылдамдығының аталған параметрлерге жалпы функционалды тәуелділігін мына түрде көрсетуге болады:

$$\omega = f\ (C_б;\ C_ө;\ Д_б;\ Д_ө;\ T;\ P;\ \omega_б;\ \omega_ө;\ \rho_б;\ \rho_ө;\ \mu_б;\ \mu_ө;\ \sigma;\ \lambda;\ A_k,\ Г;...) \qquad (2.1)$$

(2.1)-ші тәуелдік оған кіретін негізгі параметрлерді байланыстыратын теңдеулер жүйесі түрінде көрсетілуі мүмкін. Қандай да болсын технологиялық процесті, яғни осы процесті жүзеге асыру үшін қолданылатын аппаратты сипаттау үшін әдетте келесі негізгі теңдеулер қолданылады:

1) химиялық реакцияның стехиометриялық теңдеуі;
2) химиялық реакцияның жылдамдығының теңдеуі;
3) заттың салмағының сақталу теңдеуі (материалдық баланс);
4) энергияның сақталу теңдеуі (жылулық баланс);
5) гидродинамика теңдеуі.

Бұл теңдеулердің жүйесі талдау түрінде өте сирек шешілуі мүмкін. Әдетте бастапқы және шекті шарттарды қарапайым түрге енгізетін жорамалдар енгізіледі, сондықтан теңдеулерді шешу шартты болып саналады.

Моделдеу үш түрге бөлінеді: **негізгі шартты қатынастардың теңдігі бойынша, физикалық** және **математикалық.**

Химиялық реакторларды есептеу және жобалау реакторлар мен олардың ішіндегі процестерді моделдеуге негізделген. Жалпы алғанда моделдеу дегеніміз әртүрлі обьектілерді оқып зерттеу тәсілі. **Физикалық моделдеуде** зерттеулер моделде жүргізіледі де, ал нәтижелері санды түрде түп нұсқада қолданылады. **Модель** дегеніміз айқын обьектінің белгілі заңдылықтары бойынша кішірейтілген (кей кезде үлкейтілген) көшірмесі. Бұл кезде әртүрлі факторлардың әсері зерттеледі (көбіне физикалық факторлардың әсері: ағындардың жылдамдығы, араластыру қарқындылығы, температура, қысым, аппараттың геометриялық өлшемдері және т.б.). Егер қандай да болсын химия-технологиялық процестің жылдамдығы зерттелетін болса, химиялық айналдырудың кинетикасы белгілі, яғни сәйкесті кинетикалық теңдеулермен сипатталған деп саналады. Эксперименттер тікелей зерттелетін моделде жүргізіледі, ал зерттеу нәтижелері өлшемсіз көрсеткіштер теңдеулері түрінде

қорытындалады. Бұл өлшемсіз түрде алынған тәуелділіктерді бір-біріне ұқсас құбылыстарда қолдануға мүмкіндік береді. Көрсеткішті теңдеулердің құрамына бірқатар ұқсастық көрсеткіштер мен симплекстер кіреді: кинетикалық, диффузиялық, жылулық және гидродинамикалық ұқсастық көрсеткіштері. Бұл көрсеткіштер «Химиялық өндірістердің процестері және аппараттары» деген пәнде қарастырылады, сондықтан бұл жерде талданбайды.

Физикалық моделдеу әдісі инженерлік тәжірибеде зертханалық зерттеулерді өнеркәсіптік шарттарға өткізу үшін қолданылады.

Күрделі, көпкүйлі жүйелерді талдау кезінде ұқсастық теориясы масштабты ауыстырудың күрделілігімен, анықтаушы көрсеткіштер мен симплекстердің көп санымен, жүйеде байланыстардың көп болуымен, қапарайымдаушы жорамалдарды енгізу қажеттігімен және т.б. байланысты қиындықтар кездеседі.

Математикалық моделдеуде құбылысты оқып зерттеу математикалық моделде жүргізіледі. **Математикалық модель** дегеніміз осы процесті құрайтын барлық құбылыстардың жиынтығын сипаттайтын теңдеулер жүйесі. Бұл кезде құбылыстың физикалық негізі белгілі және оны сипаттау үшін қажет модель табылған деп саналады. Математикалық моделде процеске әсер ететін негізгі факторлардың барлығы ескерілуі қажет.

Модель ретінде айқын обьектіні сипаттайтын математикалық құрылымдардың жиынтығы да қолданылуы мүмкін: теңдеулер, теңсіздіктер, кестелер, графиктер. Мұндай моделді обьектінің **математикалық сипаттамасы** немесе оның **математикалық моделі** деп атайды. Математикалық модель дегеніміз айқын обьектінің ең маңызды қасиеттерін сақтап, оларды математикалық түрде көрсететін реактордағы процестің қарапайымдалған суреттемесі. Қойылатын талаптарға байланысты математикалық моделде обьектінің белгілерінің әртүрлі саны ескеріледі, сондықтан да ол күрделі немесе қарапайым болуы мүмкін.

Математикалық модель бір жағынан қарапайым болуы қажет, яғни нақты құбылыстың барлық сапалы қасиеттері ескерілуі қажет, ал екінші жағынан процестердің сандық заңдылықтарының барлығы мүмкіндігінше дәл ескерілуі қажет. Бұл қойылған талаптар бір-бірімен қарама-қайшы байланыста болады, себебі жүйенің қасиеттерін толық зерттемей олардың қайсысы маңызды екенін анықтау өте қиын. Сондықтан математикалық моделді құрастыру өте қиын болып табылады.

Анықтаушы және анықталушы параметрлердің арасындағы тәуелділіктің түрін табу үшін процесті (реакторды) математикалық сипаттайтын

теңдеулерден алгоритм, яғни процесті ЭЕМ-да талдау үшін қодланылатын шешудің бағдарламасы құрастырылады. Бұл кезде ұсынылған моделдің моделденетін процеске сәйкестігі анықталады, ол үшін моделде алынған нәтижелерді нақты ұқсас процесте алынған мәліметтермен салыстырады. Моделдің сәйкестігі анықталғаннан кейін ЭЕМ-ң көмегімен моделдің негізгі параметрлері анықталады.

Математикалық моделдеу кезінде қолайландыру есептерінде шешуге болады. Яғни, өнімнің берілген сапасында аппараттың ең жоғары өнімділігін қамтамасыз ететін процестің параметрлерін анықтауға болады. Математикалық моделдеудің мүмкіндігі көп және есептеуіш техниканың түрлерінің дамуына байланысты бұл әдіс жаңа өндірістер құру кезінде, сонымен қатар жұмыс істеп жатқан өндірістерді жетілдіру үшін кеңінен қолданылады.

2.2 ХТЖ-ң құрылымы мен сипаттамасы

2.2.1 Химиялық өндіріс – ХТЖ

Химия-технологиялық жүйе (ХТЖ) дегеніміз жоғары сапалы және керекті мөлшердегі өнім алу үшін қолданылатын физика–химиялық процестердің және оларды жүзеге асыруға қолданылатын құралдардың жиынтығы.

Химия-технологиялық жүйелердің **сипаттамалы белгілері:**

1) жалпы мақсатының болуы - өнім өндіру;

2) жүйенің үлкен өлшемдері - жүйеге кіретін элементтердің және олардың арасындағы байланыстардың көп саны;

3) жүйенің жұмысын сипаттайтын параметрлердің көп болуы;

4) жүйенің жұмысының күрделілігі - бір аппараттағы технологиялық ереженің бұзылуы барлық өндірістің жұмысына әсер етеді;

5) өндірісті басқару процестерін жоғары автоматтандыру дәрежесі;

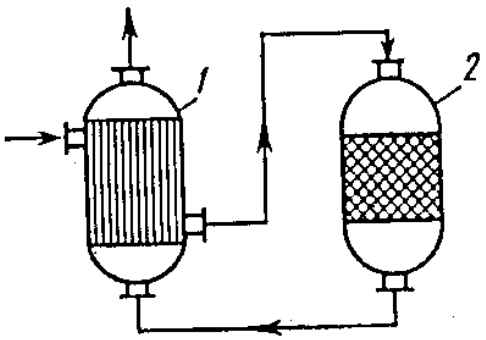
6) ХТЖ-ң элементтері мен басқару қондырғыларының арасында хабарлаушы және басқарушы ақпараттар ағынын құру қажеттілігі.

Осы белгілер химиялық өндірісті күрделі жүйе ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Химия-технологиялық жүйе ішінде ХТЖ-нің негізгі мақсатын жүзеге асыру үшін қажет технологиялық операциялар жүретін элементтерден, жеке бөлшектерден тұрады.

ХТЖ-ні зерттеу жұмыс істеп және жобаланып жатқан өндірістерді оптимизациялау кезінде жоғары нәтижелерге жетуге көмектеседі, себебі ХТЖ-

ні құрайтын жүйелер бір-бірімен функционалды байланыста болады. Мысалы: 2.2-ші суретте көрсетілген жүйеде шикізаттың бастапқы ағыны реакциялық қоспаның жылуымен жылынады, ал реакторда бөлінетін жылудың мөлшері ағынның жылуалмастырғыштың шығысындағы температурасына байланысты болады.



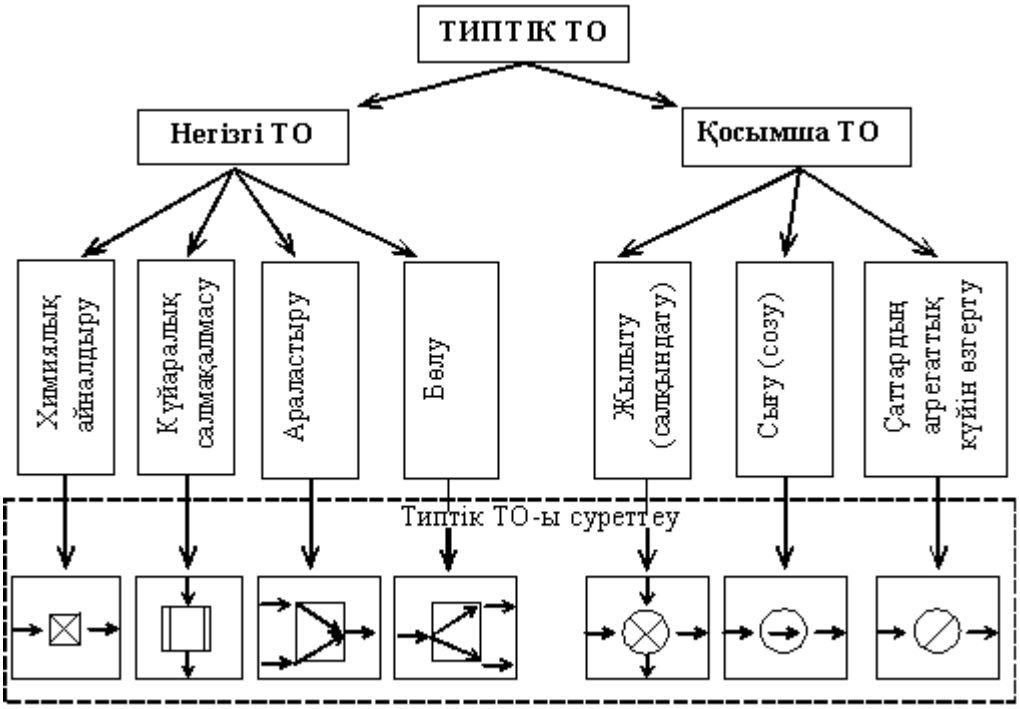
2.2 сурет - Жылуалмастырғыш (1) және реактордан (2) тұратын технологиялық үлгі.

«Жүйе» және «элемент» деген түсініктер салыстырмалы ғана, себебі қандайда бір жүйе басқа жүйенің элементі болуы мүмкін, ал жүйенің элементі (мысалы, көп сөрелі реактор) жеке бөлшектерге бөлінуі мүмкін. Дегенмен, көбінесе ХТЖ-ң элементі деп ішінде химия-технологиялық процесс (ХТП) жүретін аппаратты айтады. ХТП-ң нәтижесінде кіріс ағынның физикалық айнымалыларының (x_1, x_2.....x_n) шығыс ағынының физикалық айнымалыларына (y_1, y_2,.... $y_п$) сапалық және сандық алмасуы жүреді. Мысалы: күкірт қышқылы өнердірісінде SO_2-нің SO_3-ке контактілік тотықтыру кезінде кіріс параметрлерінің сапалық (реактордың шығысында жаңа компонент SO_3 пайда болады) және сандық (заттардың концентрациясы өзгереді, экзотермиялық реакцияның нәтижесінде температура өзгереді) өзгерістері жүреді.

Элементтің кіріс және шығыс параметрлерінен басқа құрылымдық және технологиялық параметрлері болады. Құрылымдық параметрлерге аппараттың геометриялық өлшемдері, реактордағы катализатордың көлемі, ректификациялық мұнарадағы тәрелкелердің саны, жылуалмасу бетінің ауданы және жылуалмастырғыштағы түтікшелердің орналасуы және т.б. жатады. Ал технологиялық параметрлерге химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы, абсорбердегі ылғалдандыру тығыздығы, флегма саны және т.б. жатады. Құрылымдық және технологиялық параметрлерді **басқарушы параметрлер** деп атайды, себебі олар процесті басқаруға мүмкіндік береді.

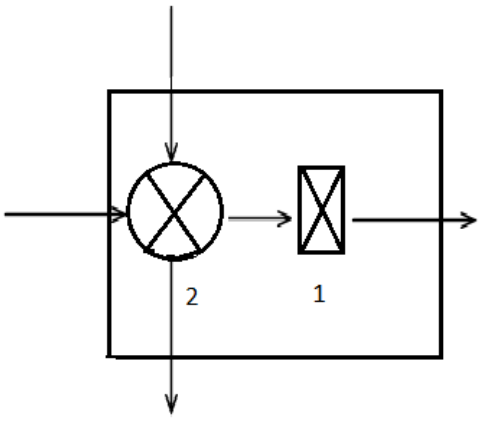
2.2.2 Технологиялық операторлар, олардың жіктелуі

Аппараттарда жүретін процесстер технологиялық үлгілерде типтік технологиялық операторлар түрінде көрсетіледі. Типтік технологиялық операторлар (ТО) негізгі және көмекші болып екіге бөлінеді. Типтік технологиялық операторларды жіктеу 2.3-ші суретте көрсетілген.



2.3 сурет - Типтік технологиялық операторларды жіктеу.

Осындай типтік технологиялық операторлардың көмегімен операторларды әртүрлі технологиялық байланыстармен қосу арқылы ХТЖ-ң әртүрлі құрылымдарын құрастыруға болады.



2.4 сурет - Екі типтік технологиялық оператордан тұратын химиялық реактор.

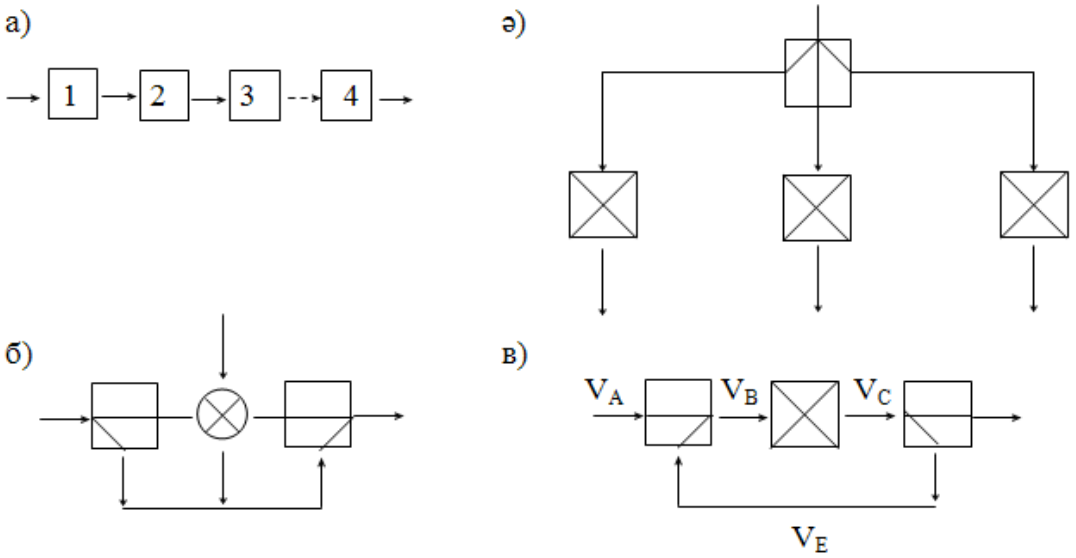
ХТЖ-ң құрамына кіретін жеке аппараттар бірнеше технологиялық операторлардың функциясын орындауы мүмкін, мысалы, химиялық реактор бір уақытта химиялық өзгеріс және жылуауыстырғыш элементтерінің фунциясын орындай алады (2.4 сурет).

2.2.3 ХТЖ-ң элементтерінің технологиялық байланыстары, олардың қолданылуы мен сипаттамасы

ХТЖ-нің бөлек элементтерінің арасындағы технологиялық байланыстар бірнеше түрге бөлінеді: тізбектелген, қосарланған, тізбекті - айналмалы және қайтымды. Енді бұл байланыстарды бөлек-бөлек қарастырып өтейік.

Тізбектелген технологиялық байланыста (2.5а сурет) бір элементтің шығыс ағыны келесі элементтің кіріс ағыны болады және технологиялық ағын жүйенің әрбір элементі арқылы тек қана бір рет өтеді. Тізбектелеген технологиялық байланыс химиялық технологияда кеңінен қолданылады.

Қосарланған технологиялық байланыста (2.5ә сурет) жүйенің қандайда бір элементінен шығатын ағын бірнеше қосарланған ағындарға бөлінеді. Қосарланған технологиялық байланыс ХТЖ-нің өнімділігін, тиімділігін арттыру үшін және де бір шикізаттан екі немесе бірнеше өнім алу мақсатымен қолданылады.



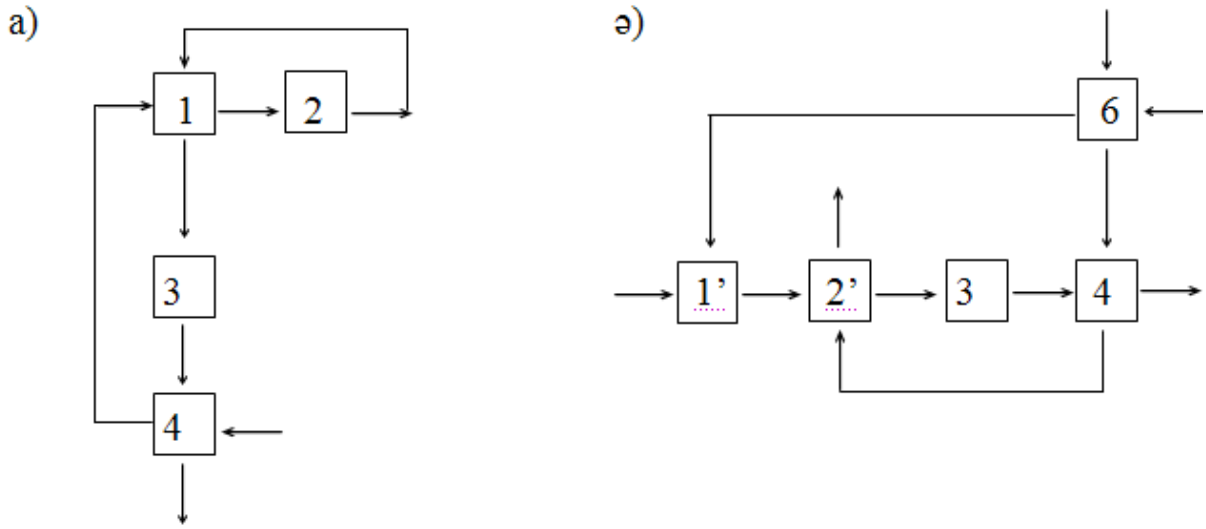
а - тізбектелген; ә - қатарласқан; б - тізбекті-айналмалы; в - қайтымды.
2.5 сурет - Технологиялық байланыстардың түрлері.

Тізбекті - айналмалы технологиялық байланыста (2.5б сурет) шығыс ағынының бір бөлігі ХТЖ-ң аппараттарының тізбегіндегі қандайда бір элеметтерді айналып өтіп, негізгі ағынмен қайта қосылады. Мұндай

байланыстың мысалы ретінде жылуалмастырғыштың шығысындағы температурыны реттеуге қолданылатын аппараттардың тізбегін келтіруге болады. Бұл тізбек ағындарды бөлгіштен, жылуауыстырғыштан және ағындарды араластырғыштан тұрады. Сонымен қатар, мұндай байланыс берілген сапалы өнім алу үшін қолданылады. Бұл жүйелерде өнімнің берілген құрамын және сапасын қамтамасыз ету үшін ағынның қандайда бір бөлігі өңделіп соңында негізгі ағынмен араластырылады.

Қайтымды технологиялық байланыста (2.5в сурет) шығыс ағынының бір бөлігі жүйенің басына қайтарылады. Мысал ретінде аммиак, метанол, барий сульфатының синтезін және дизель отындарын тазалау жүйелерін келтіруге болады.

Қайтымды байланысты қолдану кезінде шикізаттарды толық қолдану нәтижесінде ХТЖ-ң тиімділігі жоғарылайды. Қайтымды байланысты қолдану қайтымды процестердегі айналдыру дәрежесін жоғарылатудың дара әдісі болып табылады. Қайтымды байланыстар әртекті қайтымды процестердің тиімді технологиялық ережесін қамтамасыз ету үшін де қолданылады. Мысалы, экстрациялық фосфор қышқылы өндірісінде қоймалжыңның қозғалмалылығын, кальций сульфатының кристалдану шарттарын қамтамасыз ету және процестің температуралық ережесін реттеу мақсатымен қоймалжыңды бірінші реакторға қайтару қарастырылған.



а – энергия ағындары бойынша; ә - қиылыстырылған; 1,4,6-жылуалмастырғаштар; 2,3-реакторлар; 5-сепаратор; 1’-араластырғыш; 2’-компрессор.
2.6 сурет - Тұйық ХТЖ.

Қайтымды байланысты сипаттау үшін рециркуляциялық қатынастар (R) және рециркуляция коэффициенттері ($К_ц$) қолданылады:

$$R=V_E/V_B=V_E/V_C \quad (2.2)$$

$$К_ц=V_B / V_A= V_C / V_D \quad (2.3)$$

мұндағы: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E - кіріс (А), ішкі (В,С), шығыс (Д) және қайтымды (Е) технологиялық ағындардың салмақтық шығындары (2.5в сурет).

Технологиялық құрылымдардың ерекшеліктеріне байланысты ХТЖ ашық және тұйық болып бөлінеді. Ашық ХТЖ-де технологиялық ағындар жүйенің қандайда бір элементі арқылы тек қана бір рет өтеді. Тұйық ХТЖ-де салмақ (2.5в сурет), энергия (2.6а сурет) және қиылыстырылған (2.6ә сурет) ағындар бойынша ең болмаса бір қайтымды технологиялық байланыс болуы керек.

2.2.4 ХТЖ-ң моделдерін жіктеу, олардың қолданылуы мен сипаттамасы

ХТЖ-ң барлық моделдерін екі түрге бөлуге болады: сапалы (қорытынды) және математикалық. Олардың да бірқатар түрлері болады (2.7 сурет).

Біз сапалы (қорытынды) моделдерді қарастырамыз. Олар екі түрге бөлінеді операциялы-сипаттамалы және иконографикалық.



2.7 сурет - Химия-технологиялық жүйелердің моделдерін жіктеу.

Операциялы-сипаттамалы моделдер - бұл жүйеде жүретін процестердің сөзбен сипаттамасы. Операциялы-сипаттамалы моделде негізгі химиялық реакциялар (процестің химиялық үлгісі), аппараттарда жүретін процестердің сипаттамасы, шикізаттың құрамы, технологиялық ереженің параметрлері және т.б. мәліметтер беріледі. Іс жүзінде операциялы-сипаттамалы моделдерге әртүрлі жобалы-конструкциялық іс-қағаздары, технологиялық регламенттер жатады.

Иконографикалық моделдер әрқашан графикалық суреттемелермен, сызбалармен байланысты болады. Қорытынды иконографикалық моделдер жүйенің жұмысы туралы тек қана сапалы сипаттама береді. Олар сызба түрінде көрсетіледі және төрт түрге бөлінеді: функционалдық (принциптік), құрылымдық, операциялық (операторлық) және технологиялық.

Моделдерді құрастыру мысалы ретінде азотсутекті қоспадан аммиак алу өндірісін қарастырамыз. Алдымен процестің химиялық үлгісі құрастырылады. Метанның су буымен және оттегімен конверсиялану нәтижесінде сутегі түзіледі:

$$CH_4+H_2O(бу)\Leftrightarrow CO+3H_2-Q_1$$

$$CH_4+0{,}5O_2\Leftrightarrow CO+2H_2+Q_2$$

Реакциялар нәтижесінде түзілген көміртек оксидінің (II) су буымен конверсиялану нәтижесінде сутегі түзіледі:

$$CO+H_2O(бу)\Leftrightarrow H_2+CO_2+Q_3$$

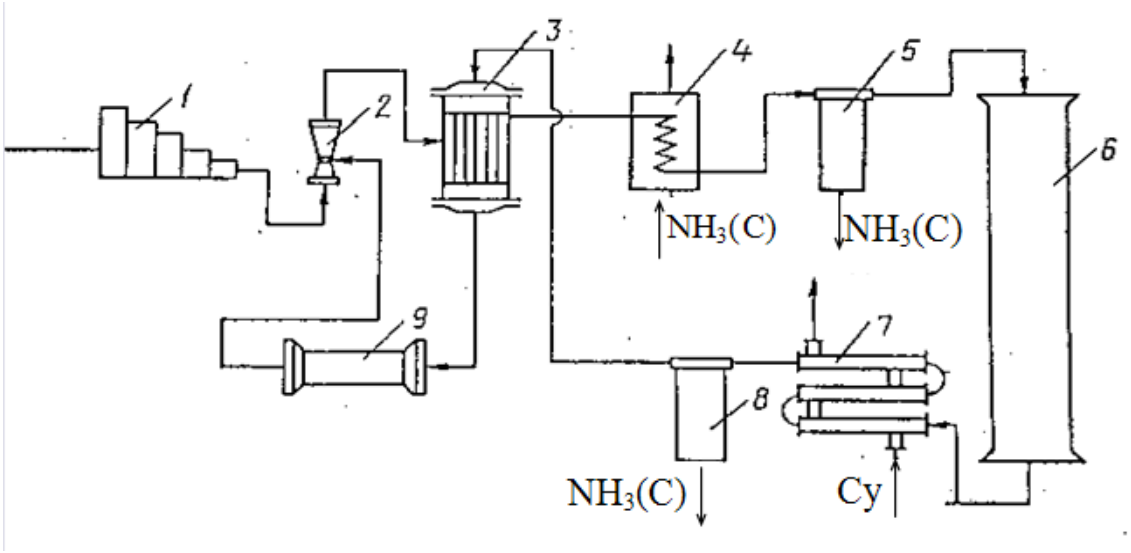
Конверсия су буы және ауаның қоспасымен жүретін болғандықтан процестің нәтижесінде азотсутекті қоспа (АСҚ) пайда болады. Содан кейін аммиак синтезі жүреді:

$$N_2+3H_2\Leftrightarrow 2NH_3+Q_4$$

2.8 суретте аммиак синтезі өндірісінің қысқартылған технологиялық үлгісі (2.8 сурет) көрсетілген. АСҚ компрессорда (1) 30МПа-ға дейін сығылып инжекторға (2) беріледі. Бұл жерде ол реакцияға түспеген АСҚ-мен араласытырылып жылуалмастырғыш (3) пен буландырғышта (4) салқындатылады. Бұл кезде АСҚ-дан шамалы сұйық аммиак конденсацияланады. Сепараторда (5) сұйық NH_3 бөлініп, АСҚ синтез мұнарасына (6) беріледі. Синтез мұнарасында негізгі реакция жүреді. - Өндірілген NH_3 реакцияға түспеген АСҚ-дан алдымен сулы мұздатқышта (7) салқындатылып, содан кейін сепараторда (8) бөлінеді. Реакцияға түспеген АСҚ

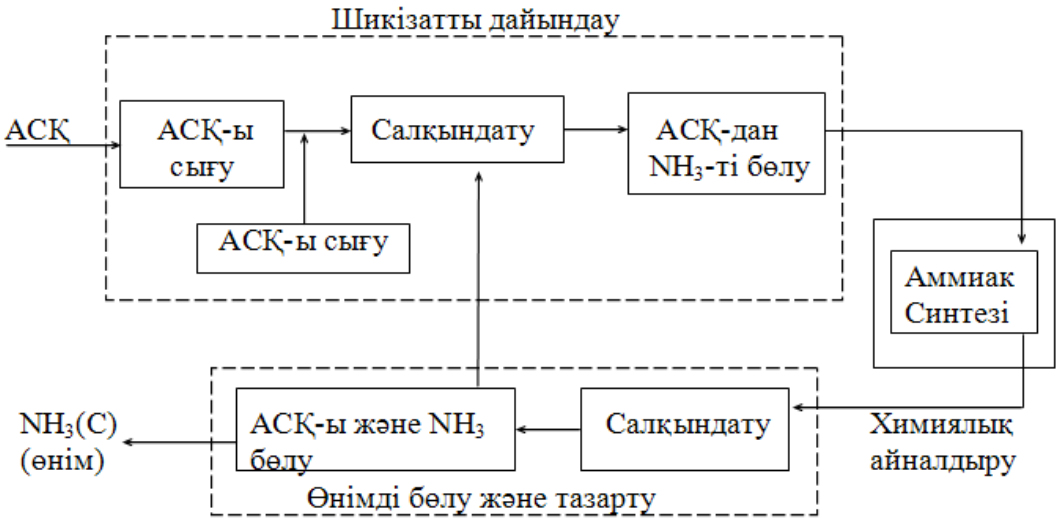
циркуляциялық компрессорда (9) 28МПа-дан 30МПа-ға дейін сығылып, қайтадан үлгіге қайтарылады.

Технологиялық үлгі процесс туралы толық сапалы көрініс береді. Онда процестің әрбір элементі шартты жалпы қабылданған стандартты кескін түрінде, ал технологиялық байланыстар тілшесі бар сызық түрінде көрсетіледі. Үлгіде элементтердің түрлері және олардың қосылу тәсілі, бөлек технологиялық процестердің жүру тәртібі көрсетіледі. Кейбір кезде үлгіде бастапқы шикізаттың, аралық және соңғы өнімдердің химиялық құрамы туралы мәліметтер беріледі. Кейбір жағдайларда аппараттар, олардың өлшемдері мен құрылысы туралы мәліметтер алу үшін масштабының сақталуымен кескінделеді. Технологиялық үлгі ХТЖ-ні жұмыс жасау және жобалау сатыларында кеңінен қолданылады.



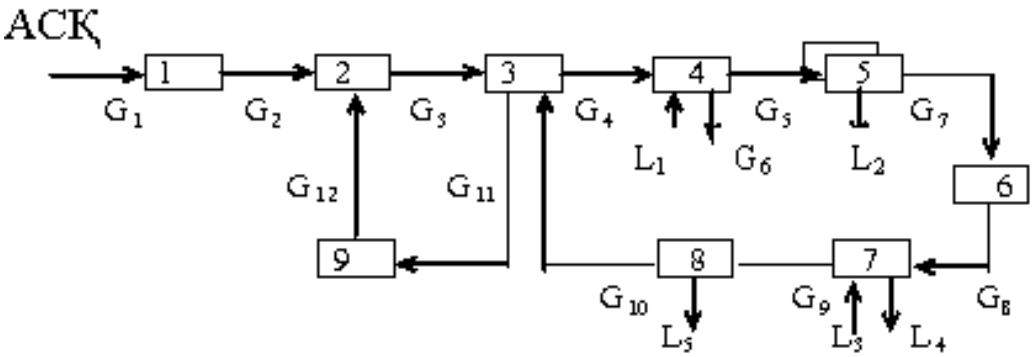
1-компрессор; 2-инжектор; 3-жылуалмастырғыш; 4-сұйық аммиакты бұландырғыш; 5,8-сепараторлар; 6-синтездеу мұнарасы; 7-сулы мұздатқыш; 9-циркуляциялық компрессор.
2.8 сурет - Аммиак синтезінің технологиялық үлгісі.

Функционалдық үлгі (2.9 сурет) ХТЖ-ң жұмысы туралы жалпы мағлұматтар береді. Үлгіде белгілі технологиялық операцияларды орындайтын негізгі бөлімдер және олардың арасындағы технологиялық байланыстар көрсетіледі. Үлгі бойынша өндірісте қандай операциялар және қандай тәртіппен орындалатынын анықтауға болады. Функционалдық үлгіде бөлек элементтердің түрлері туралы мәліметтер берілмейді.



2.9 сурет - Аммиак синтезінің функционалдық (принциптік) үлгісі.

ХТЖ-ң құрылымдық үлгісі (2.10 сурет) ХТЖ-ң барлық элементтерін бірнеше кіріс және шығыс ағындары бар блоктар түрінде кескіндейді және олардың арасындағы технологиялық байланыстарды көрсетеді. Функционалдық үлгі сияқты құрылымдық үлгі де бөлек элементтер туралы ақпарат бермейді, бірақ бұл үлгіде технологиялық байланыстар жүйенің материалдық және жылулық ағындарының жылжу бағытын көрсетеді.



1-компрессор; 2-инжектор; 3-жылуалмастырғыш; 4-сұйық аммиакты буландырғыш; 5,8-сепараторлар; 6-синтездеу мұнарасы; 7-сулы мұздатқыш; 9-циркуляциялық компрессор; G_1-G_{12} - газ ғындары; L_1-L_5 - сұйықтықтың ағындары.

2.10 сурет - Аммиак синтезінің құрылымдық үлгісі.

Операторлық үлгі (2.11 сурет) жүйенің технологиялық процестерінің физика-химиялық негіздері туралы мәліметтер береді. Бұл үшін ХТЖ-ң әрбір элементі белгілі типтік технологиялық оператор ретінде көрсетіледі. Бұл

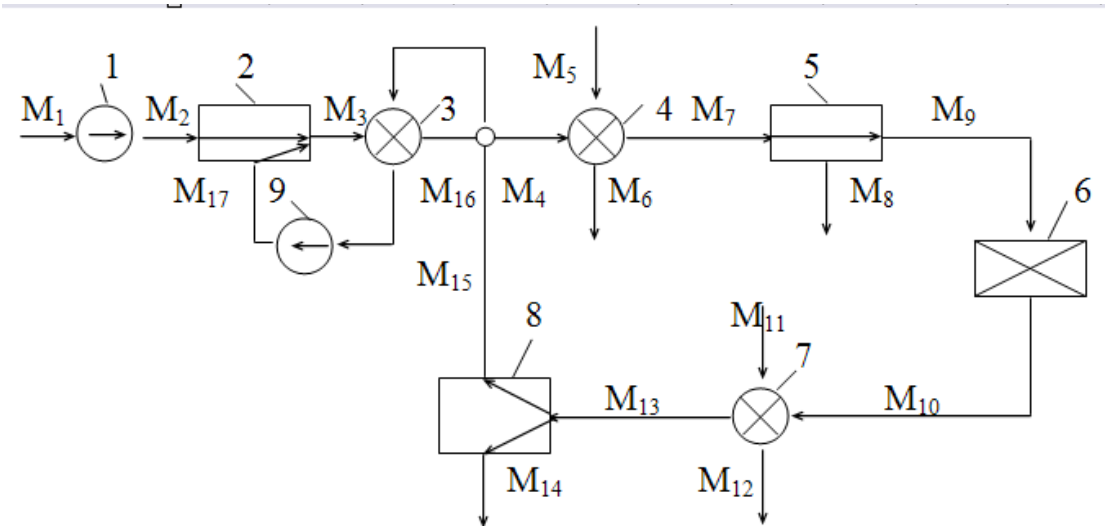
операторлар материалдық және жылулық кіріс ағындарының физикалық параметрлерінің сапалық және сандық өзгеруін көрсетеді.

Математикалық моделдер процеске сандық сипаттама береді. Олар екі түрге бөлінеді: символикалық және иконографикалық.

Символикалық (аналитикалық) модель - бұл математикалық қатынастардың жиынтығы: формулалар, теңдеулер, теңсіздіктер. Бұл қатынастар жүйенің шығысындағы технологиялық ағынның физикалық параметрлерінің осы жүйеге әсер ететін факторларға байланысын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл факторларға кіріс технологиялық ағынының параметрлері ($\overline{X}$), қоршаған ортаның параметрлері ($\overline{V}$), жүйенің элементтерінің технологиялық ($\overline{D}$) және құрылымдық ($\overline{K}$) параметрлері жатады.

ХТЖ-ң бөлек элементтері үшін бұл қатынас келесі тәуелділікпен анықталады:

$$\overline{Y} = f(\overline{X}, \overline{V}, \overline{D}, \overline{K}) \qquad (2.4)$$



1-компрессор; 2-инжектор; 3-жылуалмастырғыш; 4-аммиакты мұздатқыш (сұйық аммиакты буландырғыш); 5,8-сепараторлар; 6-синтездеу мұнарасы; 7-сулы мұздатқыш; 9-циркуляциялық компрессор; M_1-M_{17} - физикалық ағындар.

2.11 сурет - Аммиак синтезінің операторлық үлгісі.

Иконографикалық математикалық моделдер жүйенің сандық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік беретін ХТЖ-ң технологиялық құрылымының сапалық қасиеттерін, немесе ХТЖ-ң символикалық математикалық моделіне кіретін параметрлер мен айнымалылардың арасындағы функционалдық математикалық қатынастарды, немесе символикалық

математикалық моделдің теңдеулері мен ақпаратты айнымалыларының арасындағы байланыстарды көрнекті графикалық суреттеме түрінде көрсетеді.

Қорытынды иконографикалық моделдер процесс туралы сапалы ақпарат береді, ал математикалық иконорафикалық моделдер жүйенің сандық сипаттамаларымен байланысты болады. Сондықтан олар күрделі ХТЖ-ң талдау, синтездеу және оптималдау есептерін шешуде қолданылады.

2.3 ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау

2.3.1 ХТЖ-і талдау есептері, талдау түрлері

ХТЖ-і талдау математикалық моделдің негізінде ХТЖ-ң қасиеттерін және жұмысының нәтижелілігін зерттеуден тұрады. Бұл сатыда элементтердің арасындағы технологиялық байланыстарды ескере отырып жүйенің толық математикалық моделі құрастырылады. ХТЖ құрудың бірінші деңгейінде бөлек элементтердің немесе жүйелердің математикалық моделдері құрастырылады.

ХТЖ-і талдау нәтижесінде элементтер мен жүйешелердің арасындағы технологиялық байланыстардың құрылысын, элементтердің технологиялық және құрылымдық параметрлерін өзгерту және жүйенің толық есебін жүргізу арқылы әртүрлі варианттарды есептеу нәтижелерін салыстырып, ХТЖ-ның жетістіктері мен кемшіліктері туралы бірінші мағлұматтар алынады.

ХТЖ-і талдау есебі бөлек элементтердің математикалық үлгілерінің және технологиялық топологияның негізінде кіріс ағынының параметрлері берілген жағдайда шығыс ағынының параметрлерін анықтау мақсатымен ХТЖ-ң толық математикалық үлгісін есептеуден тұрады.

Бірақ толық модель тек қана ХТЖ синтездеуден кейін ғана есептелінеді, яғни талдау есептерін синтездеуден бөлек жүргізу мүмкін емес.

ХТЖ-ні талдау есептері ХТЖ-ң құрылымын талдау және жұмысының сапасын талдау есептеріне бөлінеді. ХТЖ-ң құрылымын талдау мақсатына оның құрылымдық ерекшеліктерін және элементтерді есептеу тәртібін анықтау жатады. ХТЖ-ң жұмысының сапасын талдау мақсаты оның негізгі қасиеттеріне сандық баға беру: сезімталдығына, тұрақтылығына және т.б.

Салмақ- және жылуалмасу процестерінің ішкі байланыстарының, шикізаттардың шығынының, қондырғыны құруға кеткен күрделі шығындардың және т.б. әсерінен ХТЖ әртүрлі қасиеттермен сипатталады. Олардың әсер етуі дәрежесіде әртүрлі болады. Осы қасиеттерге сандық баға беру үшін ХТЖ-ң қасиеттерін бағалау әдістері қолданылады. ХТЖ-ң қандайда бір қасиетіне баға беруші параметр сапа немесе қасиет параметрі, сапа немесе қасиет көрсеткіші,

ХТЖ-ң сапасының көрсеткіші, ал оптимизациялауға байланысты тиімділік көрсеткіші деп аталады. Көрсеткіштер келесі үлкен топтарға бөлінеді:

1) шикізаттың, энергияның қолданылу дәрежелерін және өнімнің сапасын бағалайтын көрсеткіштер (айналдыру дәрежесі, таңдаушылық, ПЭК және т.б.);

2) ХТЖ-ң жұмысының сапасын бағалайтын көрсеткіштер (тұрақтылық, сезімталдық, төзімділік және т.б.);

3) экологиялық көрсеткіштер;

4) әлеуметтік-психологиялық көрсеткіштер (ол жүйенің қызметін, жұмыс жағдайларын және т.б. сипаттайды);

5) экономикалық көрсеткіштер (өнімнің өзіндік құны, келтірілген шығындар, түсетін пайда және т.б.).

2.3.2 ХТЖ-ң материалдық және энергетикалық баланстарын есептеу және құрастыру әдістемесі

Материалдық және жылулық баланстар жаңа өндірістерді жобалау және жұмыстағы өндірістерді талдау кезінде қолданылады.

Материалдық баланс заттың салмағының сақталу заңына негізделіп құрастырылады: қандайда болсын жабық жүйеде реакцияға түскен заттардың салмағы реакция нәтижесінде пайда болған заттардың салмағына тең. Қандайда болсын технологиялық процестің материалдық балансына қатысты: технологиялық операцияға түскен заттардың салмағы - кіріс, оның нәтижесінде пайда болған заттардың салмағына - шығысқа тең.

Материалдық баланс мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\Sigma G = \Sigma G_{шығ.} + \Sigma G' \qquad (2.5)$$

мұндағы: ΣG - өңделетін шикізаттар мен материалдардың салмағы; $\Sigma G_{шығ.}$ - өндірістік шығындар; $\Sigma G'$- өндірілетін өнімдердің салмақы.

Материалдық баланс негізгі реакциялардың теңдеуі бойынша жанама реакцияларды ескеріп құрастырылады. Тәжірибе жүзінде химиялық және механикалық құрамы күрделі шикізат қолданылатын болғандықтан материалдық баланс құрастырған кезде барлық компоненттердің салмағын ескеру қажет. Материалдық баланс көп жағдайда негізгі өнімнің салмақ бірлігіне (кг, т) және химиялық реакцияның стехиометриялық теңдеуінің негізінде құрастырылады. Материалдық баланс құрастыру барысында өнімнің тепе-теңдік және нақты шығымын, процестің жылдамдығын және т.б. анықтайтын теңдеулер жүйелері де пайдаланылады. Матриалдық баланс теориялық және тәжірибелік болып екіге бөлінеді.

Теориялық материалдық балансты құрастыру барысында реакцияның стехиометриялық теңдеуі қолданылады. Яғни, теориялық материалдық балансты құрастыру үшін реакцияның стехиометриялық теңдеуін және реакцияға қатысатын заттар мен реакцияның нәтижесінде пайда болатын заттардың молекулалық салмағын білген жеткілікті.

Тәжірибелік материалдық балансты құрастырған кезде шикізат пен дайын өнімнің құрамын, шикізаттардың салмағының артық мөлшерін, айналдыру дәрежесін, өнімнің шығымын және т.б. жағдайларды ескеру қажет.

Материалдық баланс құрастыру нәтижелері бойынша шикізаттар мен көмекші материалдардың шығын коэффициенттерін, өнімнің өзіндік құнын, өнімнің шығымын, реакциялық аймақтың көлемін, реактордың геометриялық өлшемдерін, стандартты реакторлардың санын және өндірісітік шығындарды (шикізаттың, көмекші материалдардың өндірілмейтін шығынын, дайын өнімнің өндіріске қатысы жоқ шығынын) анықтауға болады.

Материалдық баланс есептеу нәтижелері жалпы кесте (2.1 кесте) түрінде көрсетіледі.

2.1 кесте - Технологиялық процестің материалдық балансы.

№	Кіріс	Салмақ, кг	№	Шығыс	Салмақ, кг
1.	1 реагент, с.і.: а) негізгі зат ә) қоспалар (немесе су)		1.	Негізгі өнім, с.і.: а) негізгі зат ә) қоспалар (немесе су)	
2.	2 реагент, с.і.: а) негізгі зат ә) қоспалар (немесе су) ……		2.	Жанама өнім (немес қалдық), с.і.: а) негізгі зат ә) қоспалар (немесе су)	
			3.	Шикізаттардың өндірістік шығындары	
			4.	Өнімнің өндірістік шығындары	
			5.	Реакция түспеген шикізаттар	
			6.	Шикізаттардағы қоспалар (су немесе бу)	
	Барлығы:			Барлығы:	

№1 мысал. Өнімділігі 2т/сағ Na_2SO_4 тұз-сульфат өндірісінің материалдық балансын құрастырыңыздар. Өндірісте құрамында 95% NaCl бар ас тұзы және 92,5% H_2SO_4 купорос майы қолданылады. NaCl-ң ыдырау дәрежесі 92%, H_2SO_4–ң өндірістік шығыны 1%.

Шешуі:

1. Шикізаттар бойынша теориялық шығын коэффициенттерін есептейміз.

Есептеулерді химиялық реакцияның стехиометриялық теңдеуі бойынша жүргіземіз:

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

1) NaCl-ң реакция бойынша шығыны:

$X_1=117\cdot2000/142=1647,9$ кг/сағ NaCl

2) H_2SO_4-ң реакция бойынша шығыны:

$X_2=98\cdot2000/142= 1380,3$ кг/сағ H_2SO_4

II. Тәжірибелік шығын коэффициенттерін есептейміз.

1) Айналдыру дәрежесін ескергендегі NaCl-ң шығыны:

$X_3=1647,9\cdot100/92=1791,2$ кг/сағ NaCl

2) NaCl-ң реакцияға түспеген мөлшері:

$X_4=1791,2-1647,9=143,3$ кг/сағ

3) 95% NaCl бар ас тұзының шығыны:

$X_5=1791,2\cdot100/95=1885,5$ кг/сағ

4) Ас тұзындағы қоспалардың мөлшері:

$X_6=1885,5-1791,2=94,3$ кг/сағ

5) H_2SO_4-ң өндірістік шығыны:

$X_7=1380,3\cdot1/100=13,8$ кг/сағ

6) H_2SO_4–ң жалпы шығыны:

$X_8=1380,3+13,8=1394,1$ кг/сағ

7) Купорос майының шығыны:

$X_9=1394,1\cdot100/92,5=1507,14$ кг/сағ

8) Купорос майындағы судың мөлшері:

$X_{10}=1507,14-1394,1=113,04$ кг/сағ

III. Реакция бойынша пайда болған хлорсутектің мөлшері:

$X_{11}=73\cdot2000/142=1028,2$ кг/сағ

IV. Алынған мәліметтерді кестеге енгіземіз (2.2 кесте).

2.2 кесте - Тұз-сульфат өндірісінің материалдық балансы.

№	Кіріс	Салмақ, кг	№	Шығыс	Салмақ,кг
1.	Ас тұзы, с.і.	885,5	1.	Na_2SO_4	2000
	а) NaCl	791,2	2.	HCl	1028,2
	ә) қоспалар	4,3	3.	H_2SO_4-ң өндірістік шығыны	13,8
2.	Купорос майы, с.і.	507,14	4.	Реакцияға түспеген шикізат	143,3
	а) H_2SO_4	394,1	5.	Ас тұзындағы қоспалар	94,3
	ә) су	13,04	6.	Су буы	113,04
	Барлығы:	3392,64		Барлығы:	3392,64

Жылулық баланс материалдық баланс нәтижелері бойынша энергияның сақталу заңына негізделіп құрастырылады: жабық жүйеде барлық энергиялардың жиынтығы тұрақты болады. Химия-технологиялық процестерде жылулық балансқа қатысты энергияның сақталу заңын келесі түрде тұжырымдауға болады: өндірістің белгілі жүйесіндегі жылудың кірісі оның осы жүйедегі шығысына тең. Жылулық баланс құрастыру барысында аппаратқа енгізілетін және химиялық реакция немесе физикалық өзгеру нәтижесінде бөлінетін (сіңірілетін), аппаратқа немесе процеске әрбір компонентпен енгізілетін және шығарылатын жылулар, сонымен қатар қоршаған ортамен жылуалмасу ескеріледі. Жылулық баланс материалдық баланс сияқты формулалар, кестелер және диаграммалар түрінде көрсетіледі.

Жылулық баланс теңдеуінің кіріс бөлігіне енгізілетін шамалар:

1) $Q_ф$– процеске немесе аппаратқа келіп түсетін заттардың физикалық жылуы;
2) $Q_р$ –химиялық реакция нәтижесінде бөлінетін жылу;
3) $Q_{ф.ө.}$–заттардың физикалық өзгеруі нәтижесінде бөлінетін жылу (физикалық абсорбция, адсорбция, кристалдану және т.с.с.);
4) $Q_к$ –аппаратқа немесе процеске сырттан енгізілетін жылу.

Жылудың шығысы келесі шамалардан тұрады:

1) $Q'_ф$-аппараттан немесе процестен шығарылатын өнімдердің физикалық жылуы;
2) $Q'_р$-эндотермиялық реакцияға жұмсалатын жылу;
3) $Q'_{ф.о.}$-физикалық өзгеру нәтижесінде сіңірілетін жылу (балқу, булану, десорбция және т.б.);
4) $Q_ж$ -қоршаған ортаға жоғалатын жылу.

Сонымен, жылулық баланстың толық теңдеуі:

$$Q_ф + Q_р + Q_{ф.ө.} + Q_к = Q'_ф + Q'_р + Q'_{ф.о.} + Q_ж \qquad (2.6)$$

(2.6)-шы теңдеудің әрбір шамасының мәнін анықтау технологиялық процестерді есептеу және химиялық аппараттарды жобалаудың негізгі мақсаттарының бірі болып саналады.

Жылулық баланс нәтижелері бойынша отынның шығынын, жылу алмастыру бетінің ауданын, жылытқыш немесе суытқыш агенттерінің шығынын анықтауға болады.

Жалпы алғанда, материалдық және жылулық баланстардың мәліметтері бойынша шикізаттардың және жанама материалдардың, судың, жылу

тасымалдағыштардың және электрэнергиясының шығынын, аппараттардың, өнеркәсіптік ғимараттардың, шикізат пен өнім қоймаларының геометриялық өлшемдерін анықтайды.

№2 мысал. Метанды катализді конверсиялау арқылы сутегіні алуға қолданылатын реактордың жылулық балансын құрастырыңыздар. Жылудың жоғалуы жылудың кірісінен 6% құрайды. CH_4:H_2O қатынасы 1:2. Реакторға түсетін реагенттердің температурасы 105^0C, реакция аймағындағы температура 900^0C. Есептеуді 1000м^3 H_2-ге жүргізіңіздер.

Жылусыйымдылық [кДж/(кмоль, ^{0}C)]:

	CH_4	H_2O	CO	H_2
100^0C	36.72	33.29	28.97	29.10
900^0C	-	38.14	31.36	29.90

Шешуі. 1. Есептеу мына реакция бойынша жүргізіледі:

$$CH_4 + H_2O \Leftrightarrow CO + 3H_2 - 206\ 200 \text{ кДж}.$$

1) Есептің шарты бойынша (CH_4:H_2O=1:2) 1000м^3 H_2-ге керек заттардың және пайда болған өнімдердің көлемі:

Кіріс		Шығыс	
Компонент	м^3	Компонент	м^3
CH_4	333	CO	333
H_2O	667	H_2O H_2	334 1 000
Барлығы:	1 000	Барлығы:	1 667

2) Жылудың кірісі (кДж):

CH_4-пен $Q_1 = 333 \cdot 36{,}72 \cdot 105/22{,}4 = 57\ 318$

H_2O-мен $Q_2 = 667 \cdot 33{,}29 \cdot 105/22{,}4 = 104\ 083$

Барлығы: 161 401 кДж.

3) Жылудың шығысы (900^0C-да), кДж:

CO-мен $Q_3 = 333 \cdot 31{,}36 \cdot 900/22{,}4 = 419\ 679$

H_2-мен $Q_4 = 1000 \cdot 29{,}90/22{,}4 = 1\ 201\ 330$

H_2O-мен $Q_5 = 334 \cdot 900 \cdot 38{,}14/22{,}4 = 511\ 825$

4 Реакцияның жылуы:

$$Q_p = 333 \cdot 206\ 200/22{,}4 = 3\ 065\ 384 \text{ кДж},$$

5) Жылудың жоғалуы:

$$Q_Ж = 161\ 401 \cdot 0{,}06 = 9\ 684 \text{ кДж}.$$

6) Есептеулер нәтижелерін жылулық баланс кестесіне (2.3 кесте) енгіземіз:

7) Жылулық баланс есептеу нәтижелері бойынша жылудың жетіспеушілігі: $\Delta Q = 5\ 207\ 811 – 161\ 401 = 5\ 046\ 410$ кДж.

8) Реакция аймағына жылу табиғи газдағы метанды (98%CH_4; 2%N_2) жандыру арқылы беріледі, бұл процесс келесі реакция бойынша жүреді:

$$CH_4 + 2O_2 \Leftrightarrow CO_2 + 2H_2O + 890\ 950 \text{ кДж/кмоль}$$

Қажет мөлшердегі жылуды алу үшін 5046410/890950=5,66кмоль немесе $5{,}66 \cdot 22{,}4 = 127 м^3 CH_4$, яғни 127/ 0,98 = 129,5$м^3$ табиғи газ жандыру қажет.

2.3 кесте - Метанды конверсиялау реакторының жылулық балансы:

Кіріс	кДж	Шығыс	кДж
Q_1	57 318	Q_3	419 579
Q_2	104 083	Q_4	1 201 339
		Q_5	11 825
		$Q_р$	9 684
		$Q_Ж$	3 065 384
Барлығы:	161 401	Барлығы:	5 207 811

2.3.3 ХТЖ-і синтездеу және оптималдау есептері

ХТЖ-і синтездеу есебі жоғары нәтижелікпен жұмыс істейтін ХТЖ–і құрудан тұрады. Бұл үшін алдымен тиімді технологиялық топологияны таңдап алу қажет (яғни элементтердің түрін және санын, олардың арасындағы байланыстардың түрлерін таңдап алу қажет), ал содан кейін кіріс айнымалыларының мағыналарын анықтау қажет.

ХТЖ-і синтездеудің негізгі мақсаты - шикізаттардың, энергияның, технологиялық қондырғылардың, айналдырудың түрлері белгілі болған жағдайда қажетті ХТЖ құру (2.12 сурет).

Синтездеу есебі көпвариантты болып табылады, себебі жүйенің құрылымы және оның элементтерінің жұмыс ережесі әртүрлі болған жағдайда бірдей шығыс параметрлерін қамтамасыз ететін жүйені зерттеп дайындауға болады.

Жаңа ХТЖ–ді құру және жұмыстағы ХТЖ-і қайта құру барысында қолданылатын синтездеу есептерінің белгілі ерекшіліктері болады. Атап айтқанда, жаңа ХТЖ құру кезінде элементтерді және олардың арасындағы байланыстарды таңдау мүмкіндігі көп болады. Ал қайта құру кезінде элементтер мен олардың арасындағы байланыстардың барлығын немесе бір бөлігін сақтап қалу қажет.



2.12 сурет - ХТЖ-ні синтездеу есебінің мақсаты

ХТЖ-і оптималдау есебі жинақты болып саналады, оған ХТЖ-ң құрылымын оптималдау мен элементтердің жұмысының ережесін оптималдау кіреді. Оптималдау мақсаты – ХТЖ-ң барынша жоғарғы технико-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ету.

Оптималдау, синтездеу және талдау есептерінің арасында өте тығыз байланыс бар. Жаңа ХТЖ-і құрған кезде бірнеше белгілі варианттар синтезделіп, олардың техника–экономикалық көрсеткіштері талданып, оптималды тәсілін таңдау жүргізіледі.

ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау есептерінің мақсаты жаңа жоғары нәтижелі химиялық өнеркәсіптер құру, жұмыстағы өндірістердің қарқындылығын жоғарылату және жұмысын оптималдау болып табылады. Бұл жағдайда күрделі ХТЖ-де құрудың жаңа бағыттары мен технологиялық принциптері ескерілуі қажет.

2.3.4 ХТЖ-і дайындаудың негізгі кезеңдері

Баста айтып өткендей, қазіргі замандағы химиялық өнеркәсіп – көптеген аппатарттардан және олардың арасындағы байланыстардан тұратын күрделі ХТЖ. ХТЖ-ні жобалаудың ең соңғы мақсаты – тиімді әдіспен жоғары нәтижелі химиялық өндіріс құру.

ХТЖ-ң жобасына келесі мәліметтер кіреді:

1) Жүйенің технологиялық топологиясын анықтау. Жүйенің **технологиялық топологиясы** дегеніміз технологиялық үлгідегі бөлек аппараттардың бір-бірімен қосылу түрі мен тәртібі. Үлгінің аппараттарын таңдау, аппараттардың арасындағы байланыстардың түрін анықтау және жүйенің бөлек аппараттарының технологиялық үлгідегі бір–бірімен қосылуының тиімді тәртібін анықтау жүйенің жұмысының нәтижелігіне жалпы әсер етеді.

2) Кіріс айнымалыларының мәндерін анықтау. Оларға шикізаттардың кіріс ағындарының физикалық параметрлері және жұмысына әсер ететін қоршаған ортаның әртүрлі физика-химиялық параметрлері (Т,Р және т.б) жатады.

3) ХТЖ-нің технологиялық параметрлерінің мәндерін анықтау (шикізаттың айналдыру дәрежесі, химиялық компоненттерді бөлу дәрежесі, химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы және т.с.с.).

4) ХТЖ-нің құрылымдық параметрлерін анықтау (аппараттардың геометриялық өлшемдері, реактордағы катализатордың көлемі, қондырғының қабатының қалындығы және т. с.).

5) ХТЖ-нің аппараттарындағы (элементтеріндегі) технологиялық ереженің параметрлерін анықтау, яғни технологиялық процесстің жылдамдығына, өнімнің шығымы мен сапасына әсер ететін негізгі факторлардың жиынтығын анықтау (Т, Р, қолданылатын катализатордың активтілігі, гидродинамикалық араластыру шарттары және т.б.).

6) Технологиялық ағындардың жүйені берілген ережедегі жұмысын қамтамасыз ететін параметрлерін анықтау (салмақтық шығын, Т, Р, ағындағы заттардың концентрациялары және т.с.с.).

Сонымен қатар, ХТП-ні және жалпы өндірісті автоматты басқарудың шарттарын анықтау, конструкциялық материалдарды анықтау, талдауды бақылаудың әдістерін жобалау, еңбекті қорғау, қоршаған ортаны қорғау және т.б. сұрақтарды шешу қажет.

Тағыда айтып өтетін жағдай, жоғарғы нәтижелі өнеркәсіпті химиялық технологияның дамуының прогрессивті бағыттарын ескермей құруға болмайды.

Оларға шикізатты, энергияны тиімді қолдану проблемалары, энерготехнологиялық үлгілер құру, аппараттардың өнімділігін жоғарылату және т.с.с. жатады.

ХТЖ-ні талдау, синтездеу және оптималдау есептері қалай жүргізілетіні қарастырайық. Алдымен жүйенің алғашқы нұсқасы құрастырылады, яғни өндірістің технологиялық үлгісі құрастырылады. Содан кейін осы моделдің негізінде ХТЖ-нің таңдап алынған нұсқасының толық есептеуі жүргізіледі. Матриалдық және жылулық баланс есептеулерінің нәтижелері бойынша өндірістің негізгі нәтижелік көрсеткіштері анықталады. Осы талдау нәтижелері бойынша синтездеудің екінші жоғары деңгейлі кезеңі жүргізіледі. ХТЖ-нің жетілдірілген нұсқасы құрастырылып талданады. Осы нұсқаның нәтижелік көрсеткіштері бойынша нәтижелік көрсеткіштердің тиімді мәндері анықталады, яғни ХТЖ-ні талдау және синтездеумен қатар оптималдау кезеңдері де жүргізіледі. Жоғарынәтижелі химиялық өндірістер құру үшін тиімді жобалау қолданылады. Бұл жағдайда ХТЖ-ң тиімді нұсқасы автоматтандырылған жобалау жүйелерінің көмегімен, яғни ЭЕМ–да математикалық модель теңдеулерін шешу алгоритмін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Химиялық өндірістің тиімді нәтижелік көрсеткіштерін анықтау барысында күрделі ХТЖ-ні құрудың технологиялық прициптері ескеріледі:

1) Шикізатты толық қолдану.
2) Энергияны толық қолдану.
3) Өндірістік қалдықтарды азайту.
4) Аппараттардың өнімділігін жоғарлату.
5) Қоршаған ортаны қорғау.
6) Аз қалдықты және қалдықсыз өндірістер құру және т.б.

Осындай технологиялық принциптерді ескеру техника және экономика жағынан тиімді өндірістер құруға мүмкіндік береді.

Қорыта келе ХТЖ-ң құрудың негізгі сатыларын атап өтуге болады:

1) Жүйенің алғашқы нұсқасын синтездеу.
2) ХТЖ-ң осы нұсқасын талдау (толық есептеу).
3) Талдау нәтижелері бойынша ХТЖ-і жоғары деңгейде синтездеу.
4) ХТЖ техника-экономикалық негіздеу және нәтижелілігінің экономикалық көрсеткіштерін анықтау.
5) ХТЖ-ң нәтижелілігінің технологиялық және экологиялық көрсеткіштерін анықтау.

6) Тәжірибе және есептеу нәтижелері бойынша өндірістің тиімді технологиялық ережесін анықтау.
7) Өндірістің жобалауға қажет бастапқы мәліметтерді тағайындау.

2.4 Бақылау сұрақтары

1. Химиялық өндірістің төменгі шенділердің жоғарғы шенділерге бағыну (иерархиялық) құрылымы.
2. ХТЖ-і жүйелік талдау әдістері.
3. Жүйелі талдаудың математикалық моделдеумен байланысы.
4. Физикалық және математикалық моделдеудің байланысы.
5. ХТЖ және оның құрылымы.
6. Технологиялық операторлар, оларды жіктеу және қолдану.
7. ХТЖ-нің элементтерінің технологиялық байланыстары және олардың қолданылуы.
8. ХТЖ-нің моделдерін жіктеу.
9. Операциялы-сипаттамалы модель дегеніміз не?
10. Функционалдық үлгілер және олардың қолданылуы.
11. Құрылымдық үлгілер және олардың қолданылуы.
12. Операторлық үлгілер және олардың қолданылуы.
13. Технологиялық үлгілер және олардың қолданылуы.
14. ХТЖ-і талдау мақсаттары және түрлері.
15. Материалдық баланс және оның құрастыру әдістемесі.
16. Жылулық баланс және оның құрастыру әдістемесі.
17. ХТЖ-і синтездеу және оптималдау мақсаттары.
18. ХТЖ-і жобасының құрамы.
19. ХТЖ-і құрудың технологиялық принциптері.
20. ХТЖ-і құрудың технологиялық негізгі сатылары.

3 бөлім. Химия-технологиялық процестер

3.1 Негізгі жағдайлар

3.1.1 Химия-технологиялық процестер (ХТП), ХТП-і жіктеу

Химия-технологиялық процесс (ХТП) дегеніміз шикізаттардан өнім алу мақсатымен белгілі бір тәртіппен жүретін химиялық, физика-химиялық, физикалық және механикалық операциялардың жиынтығы. ХТП өзарабайланысқан үш сатылардан тұрады: 1) Әрекеттесуші заттарды реакция аймағына тасымалдау; 2) Химиялық реакция; 3) Өндірілген өнімді реакция аймағынан шығару.

Енді, ХТП-ң әр сатысын бөлек қарастырып өтейік:

Реагенттерді реакция аймағына тасымалдау молекулалық диффузияның немесе конвекцияның көмегімен жүзеге асырылады. Әрекеттесетін заттарды қатты араластырған кезде жүретін конвективті тасымалдауды **турбулентті диффузия** деп атайды. Бір немесе бірнеше фазалық жүйелерде әрекеттесуші компоненттерді тасымалдау газдардың абсорбциясы немесе десорбциясы, булардың конденсациясы, қатты заттардың балқуы немесе олардың сұйықтарда еруі, сұйықтардың буланuы немесе қатты заттардың айдалуы арқылы жүзеге асырылады. Фазааралық ауысу - ол өте күрделі диффузиялық процесс.

ХТП-ң екінші сатысы –**химиялық реакция.** Әрекеттесуші жүйеде әдетте бірнеше кезектескен немесе қатарласқан күрделі химиялық реакциялар жүреді. Себебі бастапқы шикізаттың құрамында негізгі затпен қатар әртүрлі қоспалар болуы мүмкін, сондықтан негізгі реакциямен қатар жанама реакциялар да жүреді. Бірақ өндірістік процестерді талдау кезінде тек қана өндірілетін негізгі өнімнің шығымы мен сапасына әсер ететін реакциялар ғана ескеріледі.

Өндірілген өнімді реакция аймағынан шығару реагенттерді реакция аймағына тасымалдау сияқты диффузия, конвекция және заттардың бір фазадан екінші фазаға өтуі арқылы жүзеге асырылады.

Процестің **жалпы жылдамдығы** осы сатылардың жылдамдықтарына байланысты болады және ең жәй жүретін сатының жылдамдығымен анықталады. Егер ең жай саты ретінде химиялық реакция болса, онда процесс **кинетикалық** аймақта жүреді. Кинетикалық аймақта жүретін процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылататын факторлар қолданылады. Егер процестің жалпы жылдамдығы әрекеттесуші заттарды реакция аймағына тасымалдау немесе өндірілген өнімді реакция аймағынана шығару сатыларының жылдамдығымен анықталса, онда

процесс **диффузиялық** аймақта жүреді. Мұндай процестерді үдету үшін диффузияның жылдамдығын жоғарылату керек. Ал егер технологиялық процестің барлық сатыларының жылдамдықтары бірдей болса, онда процесс **ауыспалы (аралас) аймақта** жүреді. Мұндай процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін химиялық реакцияның да диффузияның да жылдамдықтарына әсер ететін факторларды өзгерту керек.

Технологиялық процестерді жіктеу барысында технологиялық ереженің маңызы өте зор.

Технологиялық ереже дегеніміз процестің жылдамдығына, өнімнің шығымына, сапасына және өзіндік құнына әсер ететін негізгі параметрлердің жиынтығы. Технологиялық ереженің параметрлеріне температура, қысым, катализатордың қолданылуы және оның активтілігі, әрекеттесу заттардың концентрациялары, әрекеттесуші заттарды араластыру дәрежесі және т.б. жатады.

Тиімді технологиялық ереже дегеніміз процестің барынша жоғары жылдамдығын, өнімнің барынша жоғары шығымы мен сапасын және барынша төмен өзіндік құнын қамтамасыз ететін технологиялық ереже.

Технологиялық ереженің параметрлері сәйкесті реакторларды құру принципін анықтайды. Сондықтан химия-технологиялық процестерді жіктеу негізіне технологиялық ереженің параметрлерінің түрі мен мағынасы қойылған. Бірақ технологиялық ереженің параметрлері өзарабайланысқан және бірін-бірі анықтайды, яғни бір параметрдің өзгеруі ереженің басқа параметрлерінің тиімді мағанасының өзгеруіне алып келеді. Сондықтан технологиялық процестерді технологиялық ереженің барлық параметрлері бойынша жіктеу өте күрделі және қажетсіз болып саналады. Яғни, ХТП-і жіктеу барысында маңызды және шешімді әсер ететін параметрлерді таңдап алған жөн. Осыған байланысты ХТП келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) Әрекеттесуші заттардың және өнімдердің агрегаттық күйлері бойынша: біртекті және әртекті процестер.

Біртекті процестерге барлық әрекеттесуші заттар қандайда бір күйде болатын жүйелер жатады: газ-газ (Г-Г) және сұйық-сұйық (С-С) (араласпайтын). Біртекті жүйелерде әдетте реакция өте жылдам жүреді, технологиялық процестің механизмі қарапайым және процесті басқару жеңілдеу болады. Сондықтан тәжірибеде біртекті процестерді жүргізуге тырысады, яғни қатты заттарды балқыту немесе еріту арқылы сұйық күйге өткізеді, дәл осы мақсатпен газдардың абсорбциясы немесе олардың конденсациясы қолданылады.

Әртекті жүйелердің құрамына екі немесе одан да көп күйелер кіреді: газ-сұйық (Г-С), газ-қатты (Г-Қ), сұйық-сұйық (араласпайтын) (С-С), сұйық-қатты (С-Қ), қатты-қатты (Қ-Қ). Өндірістік жағдайда көбінесе «Г-С», «Г-Қ», «С-Қ» жүйелері кездеседі. Көптеген жағдайда өндірістік процестер көпкүйлі әртекті жүйелерде жүреді, мысалы, «Г-С-Қ», «Г-Қ-Қ», «С-Қ-Қ», «Г-С», «Қ-Қ» және т.с.с. Өндірістік жағдайда әртекті процестер біртектілерге қарағанда көп кездеседі.

2) Температуралық ереже бойынша: изотермиялық, адиабаттық және политермиялық процестер.

3) Гидродинамикалық ереже, яғни ағындардың қозғалу ережесі бойынша: араластыру және ығыстыру процестері.

4) Процесті ұйымдастыру ережесі бойынша: мерзімді және үздіксіз процестер.

5) Процестің параметрлерінің уақыт аралығында өзгеруі бойынша: тұрақты және тұрақсыз процестер.

6) Арнайы заттардың қолдананылуы бойынша: катализдік және катализдік емес процестер.

7) Процестің жылулық нәтижесі бойынша: экзо- және эндотермиялық процестер.

8) Процестің температурасы бойынша: төмен- және жоғарытемпературалық процестер.

9) Процестің қысымы бойынша: төмен, атмосфералық және жоғары қысымды процестер.

10) Әрекеттесуші заттардың концентрациялары бойынша: төмен- және жоғары-концентрациялы процестер.

11) Ағындардың бағыты бойынша: бір бағытты, қарама-қарсы және қиылысқан бағытты процестер.

12) Реакцияның бағыты бойынша: қайтымсыз және қайтымды процестер.

Сонымен, химиялық технологияда қабылданған процестерді жіктеу өте күрделі, бірақ химия-технологиялық процестерді жан-жақты зерттеуге мүмкіндік береді. Десекте, химиялық технологияда оқып зерттелетін негізгі объектілер химия-технологиялық процестердің тепе-теңдігі мен жылдамдығы болып саналады.

3.1.2 ХТП-і термодинамикалық талдау

Химиялық реакциялардың термодинамикалық есептеулері технологиялық процестерді жобалау барысында маңызды орын алады. Термодинамикалық

есептеулердің нәтижелері бойынша химиялық айналдырудың нақты жүретіндігін анықтауға, процестің тиімді шарттарын таңдауға, өнімнің тепе-теңдік құрамы мен шығымын анықтауға және жылулық нәтижелерді анықтауға болады. Термодинамикалық талдау нәтижелері бойынша техникалық жобаны құрастыру алдында процестің экономикалық маңыздылығын немесе болашағының жоқ екендігін анықтауға болады. Осының нәтижесінде өндірісті жобалауға жұмсалатын еңбек пен уақытты үнемдеуге болады.

Термодинамика энергияның өзгеруін зерттейді (жылудың жұмысқа және керісінше жұмыстың жылуға). Егер жүйенің барлық бөліктерінде оның қасиеттері бірдей болса **термодинамикалық жүйе біртекті** деп аталады. Жүйенің жағдайын сипаттайтын мәндерді **термодинамикалық параметрлер** деп атайды. Термодинамикалық параметрлер экстенсивтік және қарқындылық деп екіге бөлінеді.. **Экстенсивті параметрлер** салмаққа пропорционал болады. Оларға көлем, жылусыйымдылық және энтропия жатады. **Қарқындылық параметрлері** термодинамикалық жүйенің салмағына тәуелсіз болады. Оларға температура мен қысым жатады. Осы параметрлерді өзгерту арқылы химия-технологиялық процесті үдетуге, яғни оны қарқындатуға болады.

Химиялық технологияда реакциялардың көп бөлігі қайтымды болады. Қайтымды реакциялар тепе-теңдік жағдайға ығысады. Уақыт өтуімен тура және кері реакциялардың жылдамдықтары теңеседі де химиялық тепе-теңдік орын алады. Химиялық тепе-теңдік сыртқы шарттар өзгермейтін жағдайда жүйедегі заттардың молекулалар санының тұрақтылығымен сипатталады. Температура және қысым тұрақты болған жағдайда тепе-теңдік шартына Гиббс энергиясының (изобара-изотермиялық потенциал) ең төмен мәні жатады, яғни $\Delta G=0$. Гиббс энергиясының стандартты мәндері анықтамаларда беріледі және де келесі теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0, \qquad (3.1)$$

мұндағы ΔH^0, ΔS^0 – стандартты энтальпия мен энтропия, олардың мәнін анықтамалардан да табуға болады.

Процестің жүру ықтималдығы стандартты Гиббс энергиясының ($\Delta G_{P,T}$) Т температурада және Р қысымда өзгеру мәнінің таңбасымен анықталады:

$\Delta G_{P,T} < 0$ болғанда реакция жүреді;

$\Delta G_{P,T} > 0$ болғанда реакция жүрмейді;

$\Delta G_{P,T} = 0$ болғанда реакциялық жүйе тепе-теңдік жағдайда болады.

Стандартты температура ретінде 25^0C (298K) қолданылады. ΔG^0 және ΔF^0 мәндерін соңғы және бастапқы заттардың түзілуіннің Гиббс энергиясының айырмасы түрінде анықтайды. Бұл есептеулер үшін қажет энтропияның, химиялық реакция компоненттерінің түзілу жылулықтарының және стандартты жағдайлардағы интегралдау тұрақтыларының мәндерін анықтамалар және физикалық химия курсында берілетін кестелердің көмегімен анықтайды.

3.1.3 Химиялық реакциялардың тепе-теңдігін есептеу

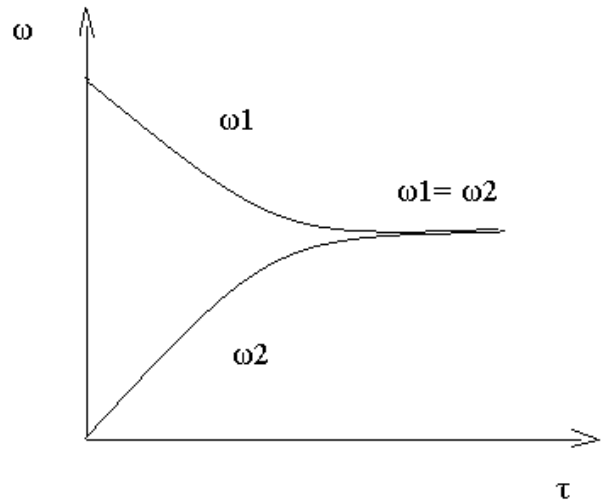
Алдында айтып өткендей, химия-технологиялық процестер қайтымды және қайтымсыз болып екіге бөлінеді. Қайтымсыз процестер тек қана бір бағытта жүреді. Қайтымды процестер реакцияның жүру жағдайларына байланысты тура және кері бағытта жүруі мүмкін. Бірақ, өндірістік жағдайларда көбінесе химиялық реакциялар қайтымсыз болып келеді.

Енді қайтымды және қайтымсыз реакцияларға мысал келтірейік:

1) $Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$ - қайтымсыз реакция.

2) $N_2+3H_2\Leftrightarrow 2NH_3$ - қайтымды реакция.

Тура және кері реакциялардың жылдамдығының уақытқа тәуелділігі 3.1-ші суретте көрсетілген. Алғашқы уақыт аралығында тура реакцияның жылдамдығы өте жоғары, ал кері реакция жылдамдығы 0-ге тең болады. Реакцияның жүруімен бастапқы реагенттердің концентрациялары азаяды, реакцияның өнімдері пайда болады және олардың концентрациясы ұлғая түседі. Яғни тура реакцияның жылдамдығы төмендеп кері реакцияның жылдамдығы жоғарылайды. Қандайда бір уақыт аралығында тура және кері реакциялардың жылдамдықтары теңеседі, бұл жағдайды **химиялық тепе-теңдік** деп атайды.



3.1 сурет - Реакцияның жылдамдығының уақытқа тәуелділігі.

Химиялық тепе-теңдікке сандық сипаттама беру үшін **«химиялық тепе-теңдік тұрақтысы»** немесе жәй **«тепе-теңдік тұрақтысы»** деген шама қолданылады.

$N_2+3H_2 \Leftrightarrow 2NH_3$ реакциясы үшін әрекеттесуші заттар заңына байланысты тура реакцияның жылдамдығы:

$$\omega_1=k_1[N_2][H_2]^3 \qquad (3.2)$$

және кері реакцияның жылдамдығы:

$$\omega_1=k_2[NH_3]^2 \qquad (3.3)$$

Тепе-теңдік жағдайда тура және кері реакциялардың жылдамдықтары өзара тең болады: $\omega_1=\omega_2$, яғни

$$k_1[N_2][H_2]^3=k_2[NH_3]^2 \qquad (3.4)$$

немесе

$$\frac{k_1}{k_2}=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \qquad (3.5)$$

Тура және кері реакциялардың жылдамдық тұрақтылықтарының қатынасы **тепе-теңдік тұрақтысы** деп аталады:

$$k_T=\frac{k_1}{k_2} \qquad \text{немесе} \qquad k_T=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \qquad (3.6)$$

Тепе-теңдік тұрақтысын тепе-теңдік концентрациялар (C), парциалды қысымдар (P), тепе-теңдік мольдік үлестер (n) және молярлық үлестер (N) арқылы көрсетуге болады.

Мысал ретінде aA+bB→dD+qQ реакциясын қарастырайық. Егер реакция газды фазада жүретін болса тепе-теңдік тұрақтысын парциалды қысым арқылы өрнектеуге болады:

$$К_P=\frac{p_D^{d^*}\,p_Q^{q^*}}{p_A^{a^*}\,p_B^{b^*}} \qquad (3.7)$$

Менделеев-Клайперон теңдеу бойынша p=CRT болғандықтан:

$$К_P=К_C(RT)^{\Delta n}, \qquad (3.8)$$

мұндағы: Δn - реакция нәтижесінде газды реагенттердің мольдер санының өзгеруі:

$$\Delta n=d+q-a-b \qquad (3.9)$$

Нақты жүйелерде газды фазадағы реакциялар үшін тепе-теңдік тұрақтысы ұшқыштық (f) арқылы анықталады:

$$К_f=\frac{f_D^{d^*}\,f_Q^{q^*}}{f_A^{a^*}\,f_B^{b^*}} \qquad (3.10)$$

Ерітінділерде жүретін реакциялар үшін тепе-теңдік тұрақтысы активтілік (a) арқылы анықталады:

$$K_a = \frac{a_D^{d*} a_Q^{q*}}{a_A^{a*} a_B^{b*}} \qquad (3.11)$$

Тепе-теңдік тұрақтысының температураға тәуелділігі Вант-Гофф теңдеуі бойынша анықталады:

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \pm \frac{Qp}{RT^2} \qquad (3.12)$$

мұндағы: Q_p – реакцияның жылулық нәтижесі, Дж/моль; R – универсал газ тұрақтысы, Дж/мольК; Т – температура, К.

$$\lg \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \pm \frac{Qp}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \qquad (3.13)$$

(3.13)-ші теңдеу бойынша K_{T_1} және T_1 белгілі болған жағдайда, K_{T_2} және T_2-ні табуға болады. Яғни, осы теңдеуге сүйеніп кез-келген температура кезіндегі тепе-теңдік тұрақтысын анықтауға болады.

Идеал газ қоспасы үшін K_p қысымға байланысты емес, ал нақты газдар үшін байланысты болады. Зерттеулер нәтижесінде жоғары қысымда жүретін процестер үшін тепе-теңдік тұрақтысы қысымның жоғарылауымен азаятындығы анықталған. Бұл жағдайда тепе-теңдік тұрақтысын есептейтін теңдеуге қысым бойынша түзету коэффициентін (β) енгізеді. Мысалы, жоғары қысымда жүргізілетін аммиак синтезі процесі үшін Ларсон мен Додж әр түрлі қысым кезіндегі тепе-теңдік тұрақтысы (β) коэффициенті мен интегралдау тұрақтысы (I) арасындағы өзара байланысты анықтаған:

$$\lg \sqrt{K_p} = - (2074{,}8/T) + 2{,}4943 \lg T + \beta T - 1{,}8564 \cdot 10^{-7} T^2 + I \qquad (3.13)$$

Сонымен қатар компоненттердің ұшқыштығын ескере отырып, жоғары қысымдар кезіндегі тепе-теңдік тұрақтыларын есептеуге болады. Жоғары қысымдар кезіндегі нақты газдардың идеал жағдайдан ауытқуын заттардың активтілігімен сипаттауға болады. Заттардың активтілігі стандартты жағдайдан тепе-теңдікке өтетін заттың Гиббс энергиясын анықтайды. Заттардың активтілік коэффициенті ұшқыштыққа пропорционал:

$$\gamma = f / P \qquad (3.14)$$

Төмен қысымдар кезінде ұшқыштықты қысымға теңестіруге болады. Ұшқыштық нақты газдың идеал жағдайдан ауытқуын сипаттайды. Нақты газдар үшін идеал газдың теңдеуіндегі қысымның орнына ұшқыштықтың мәнін қоюға болады. Газдың активтілік коэффициенті (γ) газдардың сығылу коэффициентіне

(λ) байланысты, ол мына формула бойынша анықталады:

$$\lambda = PV/(RT) \quad \text{немесе} \quad V = \lambda \cdot R \cdot T/P \qquad (3.15)$$

Нақты жүйе үшін қысым (30-40) $\cdot 10^4$Па-дан жоғары болғанда тепе-теңдік тұрақтысын мына теңдеумен анықтауға болады:

$$K_f = K_j \cdot P \qquad (3.16)$$

K_f тұрақтысы қысымға тәуелсіз, нақты газдардың тепе-теңдік қоспасы үшін K_P тұрақтысы қысымға тәуелді және оның төмендеуімен K_f-тың мәніне ұмтылады, себебі қысымның төмендеуі идеал жағдайға жақындағанды көрсетеді.

Технологиялық есептеулер жүргізген кезде тепе-теңдік тұрақтысы қысым (G) және көлем (F) тұрақты болған кездегі Гиббс энергиясы бойынша анықталады. Стандартты жағдай кезінде (газды компоненттердің активтілік коэффициенті γ=1) тепе-теңдік тұрақтысын Гиббс энергиясының өзгеруімен байланыстыратын реакция изотермиясының теңдеуін былай көрсетуге болады.

$$\Delta G^0 = - RT\ln K_P \qquad (3.17)$$

$$\Delta F^0 = - RT\ln K_c \qquad (3.18)$$

(3.17) және (3.18) теңдеулері қандай да болсын температура үшін қолданылуы мүмкін.

Тепе-теңдік жағдайда әрекеттесетін жүйедегі компоненттердің қатысы сыртқы жағдайлар өзгергенге дейін өзгеріссіз қалады. Компоненттердің біреуінің температурасы, қысымы немесе концентрациясы өзгерген кезде тепе-теңдік бұзылады және жүйеде жаңа жағдайларда тепе-теңдікті қалпына келтіретін емін-еркін диффузиялық және химиялық процестер жүреді.

Әрбір химия-технологиялық процестердің жүргізген кезде мынадай жағдайлар қамтамасыз етілуі қажет:

1) Өнімнің жоғары шығымы;
2) Процестің жоғары жылдамдығы;
3) Өнімнің неғұрлым төмен өзіндік құны;
4) Өнімнің жоғары сапасы.

Яғни, процестің статикасын (процесті керекті бағытта жүргізу жолдарын) және кинетикасын (процесті жоғары жылдамдықпен жүргізу жолдарын) үйреніп білу қажет.

Процестің статикасын анықтау үшін химиялық тепе-теңдік тұрақтысын анықтау қажет. Яғни, процесті жүргізудің ең ыңғайлы жағдайларын

температураның тепе-теңдік тұрақтысына байланысын анықтау үшін $К_Т=f(Т)$ функциясын анықтау керек.

Температура едәуір өзгерген жағдайда $К_Т=f(Т)$ анықтау үшін келесі теңдеу қолданылады:

$$\ln K_T = \frac{d}{T} \pm d, \lg T \pm d_2 T \pm d_3 T^2 \pm \beta \qquad (3.19)$$

Әртүрлі процестер үшін бұл теңдеу монографияларда, анықтамаларда, мақалаларда кесте немесе график түрінде беріледі.

Егер мұндай теңдеулер жоқ болса, онда $К_Т=f(Т)$ байланысы ғылыми тәжірибе жүргізу арқылы анықталады.

Тепе-теңдік тұрақтысын және Гиббс энергиясының өзгеруін біле отыра реакциялық қоспаның тепе-теңдік құрамын және өнімнің шығымын есептеуге болады.

Реакциялық қоспаның тепе-теңдік құрамын анықтау тәртібі:

1. Изобара немесе изотерма теңдеулері бойынша реакцияның тепе-теңдік тұрақтысын анықтау (егер белгісіз болса).
2. Белгісіз ретінде тепе-теңдік айналдыру дәрежесін қолданып, реагенттердің артық мөлшерін ескере отырып бастапқы және тепе-теңдік қоспаның құрамын анықтау.
3. Тепе-теңдік жағдайда жүйедегі мольдердің жалпы санын (Σn) анықтау.
4. Жүйедегі барлық компоненттердің мольдік үлесін анықтау $N=n_i/\Sigma n$.
5. Жүйедегі барлық компоненттердің парциалды қысымын тепе-теңдік айналдыру дәрежесі және жүйенің жалпы қысымы Р арқылы анықтау: $p_i=N_iP$
6. Стехиометриялық коэффициенттерді ескере отырып реакцияның тепе-теңдік тұрақтысының теңдеуін құрастыру.
7. Теңдеуді шешу арқылы тепе-теңдік айналдыру дәрежесін және өнімнің тепе-теңдік шығымын есептеу.

Егер қоспаның тепе-теңдік құрамы белгілі болса, онда дәл осылай реакцияның тепе-теңдік тұрақтысын есептеуге болады.

№1 мысал. $CO+H_2O \Leftrightarrow CO_2+H_2$ реакциясы бойынша көміртек оксидінің (II) су буымен конверсиясы кезінде тепе-теңдік тұрақтысының мағынасы $К_С=[CO_2]/([C0][H_2O])=1$-ге тең. Бастапқы қоспада 1моль CO-ға 2моль H_2O болғандағы газдың тепе-теңдік құрамын анықтаңыздар.

Шешуі. Конверторленген газдағы CO_2-ні тепе-теңдік айналдыру дәрежесін $Х_Т$-арқылы белгілейміз. Тепе-теңдік жағдайдағы компоненттердің молдік үлестері: CO - $1-Х_Т$; H_2O - $2- Х_Т$; CO_2 - $Х_Т$; H_2 - $Х_Т$. Осыларды тепе-теңдік тұрақтысының

теңдеуіне қоямыз, яғни $К_С=Х_Р^2/[(1-Хр)(2-Хр)]=1$. Бұл теңдеуді шешу нәтижесінде Хр=2/3. $\sum n=(1-Х_Т)+(2-Х_Т)+Х_Т+Х_Т=3$моль. Сонда тепе-теңдік қоспаның компоненттерінің шоғырлары: $С_{СО}=((1-Х_Т)/\sum n)100=11,1\%$; $С_{Н2О}=((2-Х_Т)/\sum n)100=44,4\%$: $С_{СО2}=(Х_Т/\sum n)100=22,23\%$: $С_{Н2}=(Х_Т/\sum n)100=22,23\%$.

№2 мысал. Азот оксидінің (ll) диоксидке дейін тотығуы димердің N_2O_4 пайда болуы қатарласа жүреді. Бастапқы газдың құрамында 5% (көл.) NO_2 бар. Газды қоспа үшін NO_2-нің полимеризациялану дәрежесін есептеңіздер. Газдың қысымы 0,1МПа, температурасы 40^0С. Тепе-теңдік тұрақтысының мағынасы: $К_Р=P_{NO2}^2/P_{N2O4}=0,435$.

Шешуі. NO-ның NO_2-ге тотығуы және NO_2-нің димерге (N_2O_4) жартылай полимеризациялануы аммиакты тотықтыру арқылы алынған нитрозды газдарды азот қышқылына айналдырған кезде жүретін реакциялар. Нитрозды газдарды өңдеуді төмен температурада және атмосфералық немесе жоғары (1МПа-ға дейін) қысымда жүргізеді.

Құрамында 5%NO_2-сі бар 100м^3 бастапқы газ қоспасы үшін полимеризация нәтижесінде көлемнің өзгеруі былай анықталады:

$$2NO_2 \Leftrightarrow N_2O_4$$

$$5\text{-}2x \qquad x$$

$$V_{тепе\text{-}тең} = 100 + x\text{-}2x = 100 - x$$

Бұл жағдайда (Р = 0,1МПа) мольдік үлестер мономер мен димердің тепе-теңдігі кезіндегі парциалдық қысымына тең:

NO_2 - $(5 - 2x)/(100- x)$ және N_2O_4 - $x/(100-x)$

$К_р = 0,435 = (5–2x)^2\cdot(100-x)/ x(100-x)^2=(5-2x)^2/x(100-x)$;

$x= 0,413$; $2x= 0,826$;

NO_2 -нің полимеризациялану дәрежесі мынаған тең:

$0,826\cdot100/5 = 16,5$ %.

3.1.4 Тепе-теңдікті ығыстыру заңдары

Химиялық тепе-теңдікке сыртқы шарттарға байланысты болады және оған температура, қысым және концентрация әсер етеді. Негізгі термодинамикалық параметрлердің біртекті және әртекті жүйелердегі тепе-теңдікке сапалы әсері термодинамиканың 2-ші заңымен көрсетілетін Ле-Шателье принципімен анықталады.

Ле-Шаталье принципіне байланысты сыртқы әрекеттермен тепе-теңдік жағдайдан шығарылған жүйеде осы әрекетті азайтатын және жүйені басқа тепе-теңдік жағдайға алып келетін емін-еркін өзгерістер жүреді.

Енді осы параметрлердің тепе-теңдікке әсерін қарастырамыз.

Тепе-теңдікке температураның әсері

Ле-Шаталье принципіне байланысты температураның жоғарылауы тепе-теңдікті эндотермиялық, яғни жылу сіңіріп жүретін реакциялардың бағытына қарай ығыстырады, ал температураның төмендеуі – экзотермиялық, яғни жылу бөліп жүретін реакциялардың бағытына қарай ығыстырады. Мысалы, $N_2+3H_2 \Leftrightarrow 2NH_3+Q$ реакциясы үшін Ле-Шаталье принципіне байланысты тепе-теңдікті оң бағытқа ығыстыру үшін температураны төмендету қажет, яғни жүйеден жылуды шығару қажет.

Ле-Шаталье принципі температураның тепе-теңдікке сапалы әсерін ғана көрсетеді, ал температураның сандық әсерін көрсету үшін Вант-Гофф теңдеуі (3.12 теңдеуі) қолданылады.

Тепе-теңдікке қысымның әсері

Қысымның тепе-теңдікке әсерін анықтау үшін мынадай үш реакцияны қарастырайық:

$N_2+3H_2 \Leftrightarrow 2NH_3+Q_1$ (а) $K_{T_1} = \dfrac{P^2_{NH3}}{P_{N_2} * P^3_{H_2}}$

$CH_4 \Leftrightarrow C+2H_2 - Q_2$ (ә) $K_{T_2} = \dfrac{P^2_{H_2}}{P_{CH_4}}$

$CO+H_2O \Leftrightarrow H_2+CO_2+Q_3$ (б) $K_{T3} = \dfrac{P_{H_2} * P_{CO_2}}{P_{CO} * P_{H_2O}}$

Ле-Шаталье принципі сәйкесті қысымның тепе-теңдікке әсері реакциялық қоспаның көлемінің (мольдер санының) өзгеруіне байланысты болады. (а) реакциясы реакциялық көлемнің азаюымен жүреді, яғни тепе-теңдікті оң бағытқа ығыстыру үшін қысымды жоғарылту қажет. Өндірістік жағдайда бұл процесс (280-350)атм-1000 атм аралығында жүргізіледі. (ә) реакциясы реакциялық қоспаның көлемінің көбеюімен жүреді, яғни тепе-теңдікті оң бағытқа ығыстыру үшін қысымды төмендету қажет. Өндірістік жағдайда бұл процесті вакуумде жүргізеді. (б) реакциясы кезінде көлем өзгермейді. Яғни, бұл реакцияның тепе-теңдігіне қысым әсер етпейді.

Тепе-теңдікке концентрацияның әсері

Реакцияның тепе-теңдігін оң бағытқа ығыстыру үшін әрекеттесетін заттардың концентрациясын өзгерту қажет. Ле-Шаталье принципіне сәйкесті реакцияның тепе-теңдігін негізгі өнімді алу бағытына қарай ығыстыру үшін:

1) бастапқы заттардың концентрацияларын жоғарылату қажет;

2) реакциялық жүйедегі реакция өнімдерінің концентрацияларын төмендету қажет.

Бірінші жағдайды қарастырайық:

Тепе-теңдікті негізгі өнімді алу бағытына қарай ығыстыру үшін әрекеттесуші заттардың біреуінің концентрациясын жоғарылатады, көбінесе ең арзан және көп мөлшерде кездесетін заттың концентрациясын жоғарылатады. Мысалы:

$$CH_4+H_2O \xleftrightarrow{800–900^0C} CO+3H_2-Q; \qquad K_T = \frac{P_{CO} * P^2{}_{H_2}}{P_{CH_4} * P_{H_2O}}$$

$$CO+H_2O \xleftrightarrow{250–300^0C} CO_2+H_2+Q; \qquad K_T = \frac{P_{CO_2} * P_{H_2}}{P_{CO} * P_{H_2O}}$$

Бұл реакциялардағы ең арзан зат – су. Судың парциалды қысымын жоғарылату $К_т$-ның жоғарылауына алып келеді, яғни өнімнің тепе-теңдік шығымы өседі. Мысалы, SO_2-ні SO_3-ке, NO-ны NO_2-ге контактілі тотықтырған кезде ең арзан реагент болып – ауаның оттегісі табылады, яғни бұл процестерді жүргізген кезде оттегінің артық мөлшері қолданылады.

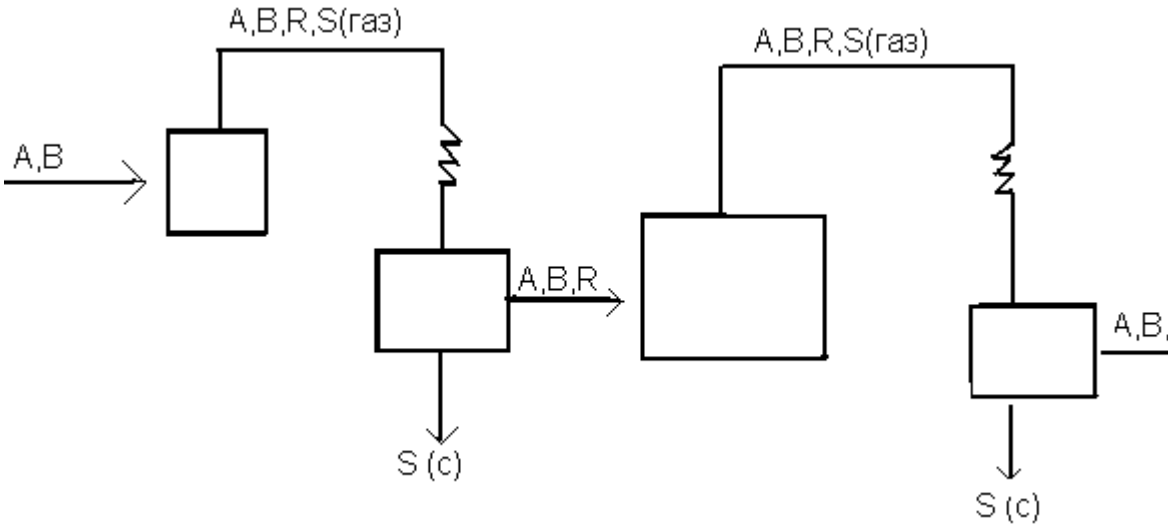
Енді екінші тәсілді қарастырайық, яғни реакциялық жүйедегі реакция өнімдерінің концентрацияларын төмендету. Бұны жүзеге асыру үшін реакция өнімдерінің біреуін немесе бірнешеуін реакция аймағынан шығару керек, бұл кезде тепе-теңдік оң бағытқа, яғни негізгі өнімді алу бағытына ығысады.

Бұл жағдай екі тәсілмен жүзеге асырылады:

1) өнімді қандай да бір затпен байланыстыру арқылы. Мысалы: $CO + H_2O \xleftrightarrow{250–300^0C} H_2 + CO_2$ реакциясы үшін CaO енгізіледі, ол CO_2-мен әрекеттесіп ($CO_2+CaO \rightarrow CaCO_3$) $CaCO_3$ түзіп реакция аймағынан шығарылады:

$K_T = \frac{P_{H_2} * P_{CO_2}}{P_{CO} * P_{H_2O}}$; яғни P_{CO_2} азайған кезде тепе-теңдік оң бағытқа ығысады.

2) Өнімді басқа фазалық жағдайға өткізіп реакция аймағынан шығаруға болады (3.2 сурет).



3.2 сурет - Реакция өнімдерін реакция аймағынан шығару үлгісі.

Бұл жағдайда өнімдердің біреуін (S) конденсациялау арқылы сұйық жағдайға өткізеді, ал қалған газды қоспа екінші реакторға бағытталады, осылай қажетті айналдыру дәрежесіне жеткізгенге дейін қайталана береді.

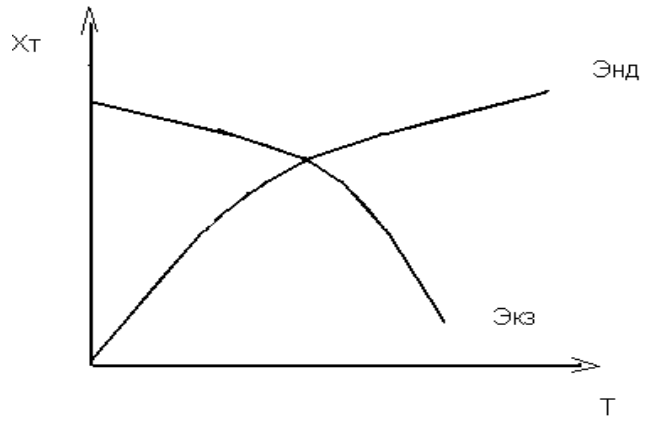
Сонымен, біз негізгі термоднамикалық параметрлердің біртекті және әртекті жүйелердегі тепе-теңдікке әсерін, яғни ХТП-ның статикасын қарастырып өттік. Бірақ бұл жерде, ХТП-ның статикасы мен кинетикасы бір-біріне қарама-қайшы келетінін айтып өту қажет. Мысалы, $CO+H_2O=CO_2+H_2O+Q$ конверсия реакциясы өндірістік жағдайда 250-300^{0}С-де жүргізіліледі. Ал статика, яғни Ле-Шаталье принципі бойынша, төмен температуралар кезінде жүргізілуі керек. Бұл қарама-қайшылықтар нендей жағдайлармен негізделетінін білу үшін ХТП-ның кинетикасын зерттеп білу қажет.

3.1.5 Ле-Шаталье принципіндегі температура, қысым және реагенттердің артық мөлшерлері бойынша шектеулер

Тепе-теңдікті ығыстыру мақсатымен сыртқы факторларды қолдану осы фактордың құнды шикізатты толық қолдану дәрежесін және өндірістің экономикалық және технологиялық нәтижелігін қамтамасыз ететін белгілі бір мәнімен шектеледі.

Эндотермиялық реакциялар үшін, яғни $Q_p>0$ болған жағдайда, температура жоғарылаған кезде тепе-теңдік тұрақтысы (K_T) көбейеді, ал K_T көбейген кезде айналдыру дәрежесі де ($X_т$) көбееді, демек температураның өсуімен $X_т$-де өседі. Эндотермиялық реакцияларға температураның жоғарылауы өте елеулі әсер

етеді. Бұл реакциялар үшін температура жоғарылаған кезде реакция жылдамдығының тұрақтысы да, тепе-теңдік тұрақтысы да көбееді. Бірақ бұл кезде өнімнің шығымы өшуге жуық қисық бойынша өседі (3.3 сурет). Яғни, температураны шексіз жоғарылату орынсыз болып саналады.



3.3 сурет - Айналдыру дәрежесінің ($X_т$) температураға тәуелділігі.

Температураны шектен тыс жоғарылатқан жағдайда келесі жағдайлар орын алады:

1) кейбір процестерде, әсіресе органикалық заттар технологиясында, температураның жоғарылауы жанама реакциялардың пайда болуына алып келеді. Бұл реакциялардың температуралық коэффициенттері негізгі реакцияға қарағанда жоғары болады;

2) температураның жоғарылауы әрекеттесуші заттардың реакцияға қатыспай реакция аймағынан шығуына алып келеді. Мысалы, заттардың сұйық реакциялық ортадан десорбциясы;

3) қатты заттардың бөлшектерінің үлкен кесектерге бірлесуі әсерінен газдардың қатты заттармен әрекеттесу беті төмендейді;

4) қондырғыларды аранайы жылуға төзімді конструкциялық материалдардан жасау керек;

5) энергия шығыны жоғарылайды.

Егер айналдыру дәрежесінің қысымға байланысын қарастырсақ (3.4 сурет), қысымның мөлшері аз болғанда оның көбейуі $X_т$-ның өсуіне мағыналы әсер етеді. Ал қысымның мөлшері үлкен болған жағдайда, яғни қысымды P_2-ден P_3-ке дейін үлкейткен кезде, $X_т$-ның өсуі өте аз, мағынасыз.

Қысымды шектен тыс жоғарылату мынадай жағдайларға алып келеді:

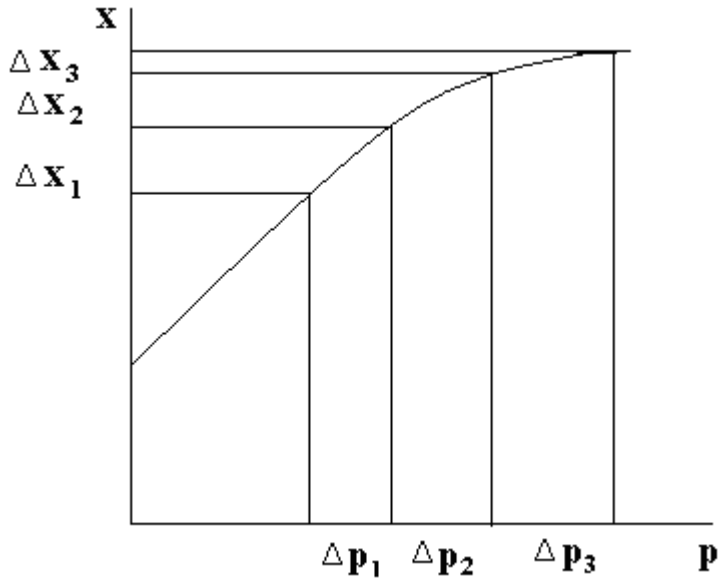
1) технологиялық үлгінің өзіндік құны жоғарылайды;

2) технологиялық үлгі күрделі болады;

3) қондырғылардың, аппараттардың және т.б. жұмысын басқару қиындалады;

4) аппараттарды, қондырғыларды және т.б. жасау үшін арнайы материалдар қажет;

5) энергия шығыны жоғарылайды.



3.4 сурет - Айналдыру дәрежесінің ($X_т$) қысымға тәуелділігі.

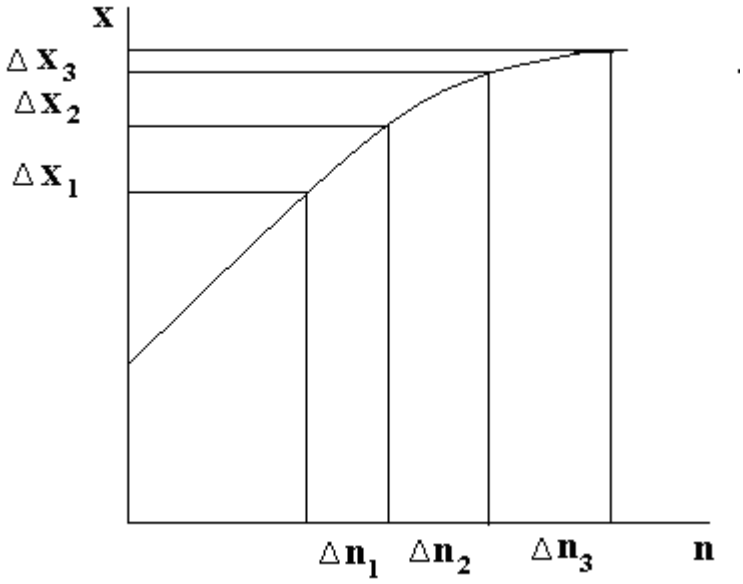
Әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату өнімнің шығымын белгілі бір шекке дейін ғана жоғарылатады, яғни X_i-ден (заттардың стехиометриялық қатынасы кезінде) $X_{мах}$–ға дейін. Бұл шек қайтымсыз процестер үшін $X_{мах\sim1}$ жағдайда, ал қайтымды реакциялар үшін $X_{мах}$ жағдайда болады.

3.5 суреттен әрекеттесуші заттардың қатынасы (n) жоғары болғанда $X_т$ өте аз көбейетінін көруге болады. Әрекеттесуші заттардың қатынасын (n) шектен тыс жоғарылауы келесі жағдайларға алып келеді:

1) реакциялық аймақтың көлемінің өсуіне, ал бұл реакциялық аппараттың көлемінің үлкейуіне алып келеді;

2) энергия шығыны жоғарылайды.

Реакциялық қоспаның көлемі үлкейген кезде реакцияның жылуы процестің жоғары жылдамдықпен жүруіне жетпеуі мүмкін. Тәжірибелік жағдайда заттардың артық мөлшерін тәжірибе жүзінде экономикалық есептеулерді ескеру арқылы анықтайды.



3.5 сурет - Айналдыру дәрежесінің әрекеттесуші заттардың (n) тәуелділігі.

Сонымен, Ле-Шаталье принципіндегі температура, қысым және реагенттердің артық мөлшерлері бойынша шектеулерді ескере отырып процестің барынша жоғары жылдамдығын, өнімнің барынша жоғары шығымы мен төмен өзіндік құнын қамтамасыз ететін тиімді технологиялық ережені таңдап алуға болады.

3.2 Біртекті химиялық процестер

3.2.1 Біртекті химиялық процестердің жылдамдығы

Біртекті химиялық процестерде әрекеттесуші заттар мен реакция өнімдері бірдей фазада болады: «газ-газ» және «сұйық-сұйық» (араласатын).

Біртекті химиялық процестің жылдамдығы дегеніміз бір мезгіл уақыт аралығында бір реакциялық көлемде реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған заттың мөлшері:

$$\omega_б = \pm \frac{1}{V} \frac{dn_J}{d\tau} \qquad (3.20)$$

мұндағы: V - реакциялық көлем; n_J - реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған заттың мөлшері; τ - уақыт.

Процестің жылдамдығы реакцияға қатысатын компоненттердің немесе өнімдердің біреуінің мөлшерімен есептеледі. Процестің жылдамдығы әрқашанда оң таңбалы болады. Ал (3.20)-ші теңдеудің таңбасы «J» затының түріне байланысты болады. Егер «J» бастапқы зат болса теңдеудің таңбасы «-» болады, ал өнім болса – «+» болады.

Егер реакция көлемнің өзгеруінсіз жүрсе, онда жылдамдықты бір мезгіл уақыт аралығында молярлық концентрацияның C_J өзгеруі арқылы анықтайды:

$$\omega_б = \pm\frac{d\left(n_J / V\right)}{d\tau} = \pm\frac{dC_J}{d\tau} \qquad (3.21)$$

«J» компонентінің стехиометриялық коэффициентін ескеру үшін жылдамдықты мына теңдеу арқылы анықтайды:

$$\omega_б = \pm\frac{1}{j}\cdot\frac{1}{V}\cdot\frac{dn_J}{d\tau} = \pm\frac{1}{j}\frac{dC_J}{d\tau} \qquad (3.22)$$

мұндағы: j – «J» компонентінің стехиометриялық коэффициенті.

Реакцияның жылдамдығы уақыт мөлшеріне бөлінген концентрацияның мөлшері арқылы көрсетіледі, мысалы: $кмоль\cdot м^{-3}\cdot сек^{-1}$; $моль\cdot л^{-1}\cdot сек^{-1}$ және т.б.

Химиялық айналдырудың жылдамдығы көптеген өзгерістерге байланысты болады. Тәжірибелік ізденудің қорытындылары реакцияның жылдамдығына тек қана химиялық тепе-теңдікті анықтайтын факторлар (концентрация, температура, қысым) ғана емес, сонымен қатар басқа да себептер әсер ететінін көрсетті. Мысалы: қоспалардың бар жоғы, реагенттерді реакция аймағына тасымалдау әдістері және т.б.

Химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер ететін факторлар екі топқа бөлінеді:

1) **микрокинетикалық факторлар** - әсерлесу жылдамдығын молекулалық деңгейде анықтайды. Оларға температура, концентрация және қысым жатады;

2) **макрокинетикалық факторлар** - реакцияның жылдамдығына реагенттерді реакция аймағына тасымалдау шарттарының, араластырудың бар-жоғынының, реактордың геометриялық өлшемдерінің әсерін анықтайды.

Енді, химиялық реакцияның жылдамдығына микрокинетикалық факторлардың әсерін қарастырамыз.

Химиялық кинетиканың заңдары екі қарапайым принциптермен анықталады:

1) химиялық реакцияның жылдамдығы әрекеттесуші заттардың концентрацияларына пропорционал;

2) бірнеше күрделі реакциялардың жалпы жылдамдығы ең жай жүретін реацияның жылдамдығымен анықталады.

Химиялық реакцияның жылдамдығының реакциялық қоспаның компоненттерінің концентрациясына функционалды тәуелділігі $\omega_r=\omega_r(C_A,C_B,...,C_J)$ реакцияның **кинетикалық теңдеуі** деп аталады.

Химиялық кинетикада химиялық реакциялар қарапайым және күрделі болып екіге бөлінеді.

aA+bB=rR+sS қарапайым қайтымсыз реакцияның кинетикалық теңдеуі мына түрде көрсетіледі:

$$\omega_б = kC_A^a C_B^b \qquad (3.23)$$

мұндағы: k – пропорционалдық коэффициент, ол химиялық реакцияның **жылдамдық тұрақтысы** деп аталады; a және b – реакцияның сәйкесінше A және B заттары бойынша реті; n=a+b - реакцияның жалпы реті.

Кинетикалық теңдеудегі A және B реагенттерінің концентрацияларының дәрежелері **реакцияның реті** деп аталады. Ал n=a+b реакцияның **жалпы реті** деп аталады.

Химиялық кинетикада «реакцияның молекулалығы» деген түсінік қолданылады. **Реакцияның молекулалығы** дегеніміз бір уақытта реакцияға түсетін молекулалар саны. Қарапайым реакциялар үшін реакцияның реті оның молекулалығына тең және 1, 2, 3 бүтін сандарына тең болуы мүмкін. Қарапайым реакциялардың реті 3-тен көп болуы мүмкін емес, себебі физика заңдары бойынша кеңістікте үш молекуладан артық молекулалардың соқтығысуы, яғни әсерлесуі мүмкін емес.

Күрделі реакциялар бірнеше қарапайым сатылар арқылы жүреді. Күрделі реакцияның стехиометриялық теңдеуі осы реакциялық жүйенің тек қана бастапқы және соңғы жағдайын көрсетеді, ал реакцияның механизмін сипаттамайды. Әдетте күрделі реакцияны салыстырмалы қарапайым реакция ретінде, яғни бір саты арқылы жүреді деп қарастырады. aA+bB+cC=rR+sS+qQ салыстырмалы қарапайым реакция үшін кинетикалық теңдеу мынадай түрде жазылады:

$$\omega_б = kC_A^\alpha C_B^\beta C_C^\gamma \qquad (3.24)$$

мұндағы: α, β, γ - реакцияның сәйкесінше A, B және C заттары бойынша жекешелік реті, олар тәжірибе жүзінде анықталады.

Жалпы жағдайда α≠a; β≠b; γ≠c, яғни реакцияның молекулалығы реакцияның ретіне тең болмайды. Реакцияның жалпы реті n=α+β+ γ, ол тек қана бүтін сан емес, сонымен қатар бөлшек санда болуы мүмкін.

Күрделі реакциялар қатарласқан және кезектескен реакциялар болып екіге бөлінеді. Қатарласқан реакцияларда бірдей реагенттерден әртүрлі өнімдер алынады.

Ал кезектекен реакцияларда алдыңғы реакцияның өнімі келесі реакция үшін бастапқы реагент ретінде қолданылады. Күрделі реакциялар бір немесе бірнеше сатыдан тұруы мүмкін. Күрделі реакциялар үшін реагенттердің концентрациясының әсері бірқалыпты емес.

Мысалы, екі қатарласа жүретін реакциядан тұратын жүйені қарастырайық:

$$a_1 A \xrightarrow{k_1} rR \quad \text{(негізгі өнім)}$$

$$a_2 A \xrightarrow{k_2} sS \quad \text{(жанама өнім)}$$

Бұл күрделі реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін алдымен қай реакция маңызды екенін, яғни қай өнім негізгі екенін біліп алу керек. Бұл жерде бізге «А» реагентінің жұмсалу жылдамдығы емес, тек негізгі өнімді өндіру жылдамдығы маңызды. Қарастырылып отырған мысалда R-негізгі өнім, ал S-жанама өнім. Негізгі және жанама процестердің жылдамдықтарының ара қатынасын анықтау үшін жылдам немесе дифференциалды таңдаушылық деген шама қолданылады.

Дифференциалды таңдаушылық (φ^I) дегеніміз шикізаттың негізгі өнімге шығындалған мөлшерінің оның жалпы шығындалған мөлшеріне қатынасы:

$$\varphi^I = \frac{\omega_{r(A\to R)}}{\omega_{rA}} \tag{3.25}$$

мұндағы: $\omega_{r(A\to R)}$ - «А» шикізатының негізгі өнімге шығындалу жылдамдығы;

ω_{rA} - «А» шикізатының жалпы шығындалу жылдамдығы;

Дифференциалды таңдаушылықтың шамасы процесс кезінде тұрақты болып қалмайды, себебі ол жылдамдықтардың қатынасымен анықталады. Ал реакцияның жылдамдығы уақыт аралығында өзгеріп отырады. Процестердің параметрлері уақыт аралығында өзгермеген кезде ғана дифференциалды таңдаушылық тұрақты шама болып қалады.

Негізгі реакцияның реті n_1, ал жанама реакцияның реті n_2 болғанда:

$$\omega_{r(A\to R)} = k_1 C_A^{n1} \tag{3.26}$$

$$\omega_{rA} = k_1 C_A^{n1} + k_2 C_A^{n2} \tag{3.27}$$

$$\varphi^1 = \frac{k_1 C_A^{n1}}{k_1 C_A^{n1} + k_2 C_A^{n2}} \qquad (3.28)$$

Ыңғайлы болу үшін (3.28)-ші теңдеудің оң жағын $k_1 C_A^{n1}$ - ге бөліп, мынадай түрге келтіреміз.

$$\varphi^1 = \frac{1}{1 + \frac{k_2}{k_1} C_A^{n2-n1}} = \frac{1}{1 + \lambda C_A^{\Delta n}} \qquad (3.29)$$

мұндағы: $\lambda = \frac{k_1}{k_2}$ - бұл «А» реагентінің концентрациясына тәуелсіз шама;

$\Delta n = n_2 - n_1$ жанама және негізгі реакциялардың реттерінің айырмасы.

Яғни φ^I концентрацияға байланысты өсіп немесе кеміп отыратын функция. (3.29)-шы теңдеудің бірінші туындысының таңбасы бойынша $\varphi^1(C_A)$ функциясы қалай өзгеретінін анықтаймыз.

$$\frac{d\varphi^1}{dC_A} = -\frac{\Delta n \lambda \cdot C_A^{\Delta n - 1}}{\left(1 + \lambda C_A^{\Delta n}\right)^2} \qquad (3.30)$$

$\lambda = \frac{k_1}{k_2}$ және C_A әрқашанда оң таңбалы болады. Яғни (3.30)-шы теңдеудің таңбасы Δn -ның таңбасына байланысты болады.

Егер $\Delta n < 0$ болса, онда $n_1 > n_2$ (негізгі реакцияның реті жанама реакцияның ретінен жоғары болғанда), яғни – $\varphi^1(C_A)$ өсетін функция. Бұл жағдайда негізгі реакцияның жылдамдығы бастапқы реагенттердің концентрацияларына байланысты болады. Әрекеттесуші заттардың концентрацияларының жоғарылауымен негізгі реакцияның жылдамдығы жанама реакцияның жылдамдығына қарағанда тезірек өседі және жалпы жылдамдықтағы негізгі реакцияның жылдамдығының үлесі өседі. Бұл жағдайда негізгі реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін бастапқы реагенттердің концентрацияларын жоғарылату керек.

Егер $\Delta n > 0$ болса, онда $n_1 < n_2$ (негізгі реакцияның реті жанама реакцияның ретінен төмен болғанда), яғни - $\varphi^1(C_A)$ кемитін функция. Бұл жағдайда бастапқы реагенттердің концентрациялары төмендеген сайын дифференциалды

таңдаушылық өседі. Яғни, барлық жағдайда реагенттердің концентрацияларын жоғарылатудың қажеті жоқ.

Δn=0 болғанда дифференциалды таңдаушылық бастапқы реагенттердің концентрациялары әртүрлі болған жағдайда тұрақты шама болып қалады және дифференциалды таңдаушылықты өзгерту үшін «$\frac{k_1}{k_2}$» қатынасын өзгерту керек. Бұл қатынасты өзгерту үшін реакцияның температурасын өзгерту қажет.

Енді температураның реакцияның жылдамдығына әсерін қарастырамыз.

Жоғарыда айтып өткендей, температура химиялық реакцияның жылдамдығына әсер ететін негізгі технологиялық параметрлердің бірі болып табылады. Тәжірибе жүзінде Вант-Гофф заңы бойынша температураны 10^0C жоғарылатқан кезде реакцияның жылдамдығы 2-4 есе өсетіні дәлелденген. Температураның реакцияның жылдамдығына әсерін Аррениус теңдеуінен көруге болады:

$$k = k_0 e^{-E/RT} \qquad (3.31)$$

мұндағы: k - химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы; R- универсал газ тұрақтысы; T - температура; k_0 - экспотенциал алдындағы көрсеткіш; E- реакцияның активтілік энергиясы.

Реакцияның активтілік энергиясы (Е) дегеніміз химиялық реакцияның жүруі үшін қажет энергияның ең аз мөлшері. Қайтымды реакциялар үшін тура және кері реакциялардың активтілік энергияларының айырмасы реакцияның жылулық нәтижесін көрсетеді. Аррениус теңдеуіне (3.31) сәйкесті температура неғұрлым жоғары және реакцияның активтілік энергиясы неғұрлым төмен болса, соғұрлым химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы жоғары болады, яғни реакцияның жылдамдығы да жоғары болады. Ал реакцияның активтілік энергиясын азайту үшін катализаторлар қолданылады.

3.2.2 Процестің ең жәй сатысы туралы түсінік

Жоғарыда айтып өткендей, процестің **жалпы жылдамдығы** оның элементарлы сатыларының жылдамдықтарына байланысты болады және ең жәй жүретін сатының жылдамдығымен анықталады. Егер процестің жалпы жылдамдығы химиялық реакция сатысының жылдамдығымен анықталатын болса, онда процесс **кинетикалық** аймақта жүреді. Кинетикалық аймақта жүретін процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылататын факторларды қолданылады. Мысалы, бастапқы

заттардың концентрацияларын, температураны, қысымды жоғарылатады және катализаторлар қолдананылады.

Егер процестің жалпы жылдамдығы әрекеттесуші заттарды реакция аймағына тасымалдау немесе өндірілген өнімді реакция аймағынан шығару сатыларының жылдамдығымен анықталса, онда процесс **диффузиялық** аймақта жүреді. Мұндай процестерді үдету үшін диффузияның жылдамдығын жоғарылату керек. Ол үшін араластыру дәрежесін жоғарылату (әрекеттесуші жүйені турбуленттеу), күйлерді дисперсиялау, ағындардың сызықтық жылдамдықтарын жоғарылату, температура мен бастапқы заттардың концентрацияларын жоғарылату, жүйені біртектілеу (яғни көп фазалы жүйені бір фазалық жүйеге ауыстыру) және т.б. қажет.

Егер технологиялық процестің барлық сатыларының жылдамдықтары бірдей болса, онда процесс **ауыспалы (аралас) аймақта** жүреді. Мұндай процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін химиялық реакцияның да диффузияның да жылдамдықтарына әсер ететін факторларды өзгерту керек. Мысалы, әрекеттесуші заттардың концентрацияларын және температураны жоғарылату керек.

Реакцияның жылдамдығының температураға тәуелділігі температуралық коэффициенттің (α_T) мәнімен анықталады. **Температуралық коэффициент** температураны 10 градусқа жоғарылатқанда реакцияның жылдамдығы неше есе жоғарылайтындығын көрсетеді:

$$\alpha_T = \frac{\omega_{(T+10)}}{\omega_T} \qquad (3.32)$$

Егер α_T=2,0÷4,0 болса процесс кинетикалық аймақта, α_T=1,2-1,4 процесс диффузиялық аймақта жүреді. Ал егер де α_T мәні 1,4 пен 2,0 аралығында болса процесс ауыспалы (аралас) аймақта жүреді.

3.2.3 Тиімді температуралар туралы түсінік

Қайтымды эндотермиялық реакциялардың тиімді температуралық ережесі қайтымсыз эндотермиялық реакциялардың тиімді температуралық ережесін анықтау шарттармен сәйкес келеді. Температураның жоғарылауымен реакцияның жылдамдық тұрақтысы және тепе-теңдік айналдыру дәрежесі артады. Яғни, айналдыру дәрежесі тұрақты болғанда қайтымды эндотермиялық реакцияның жылдамдығы температураның жоғарылауымен біркелкі жоғарылайды.

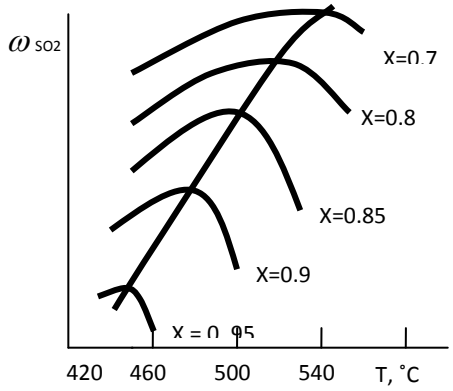
Қайтымды экзотермиялық реакцияларға келетін болсақ, олардың жылдамдығы бірнеше айнымалылардың (кем дегенде екі айнымалының – температура мен айналдыру дәрежесінің) функциясы болып табылады. Бұл функцияны талдау үшін оның бір параметрлерден басқасы тұрақты болған жағдайдағы қиындысын қолданған ыңғайлы болып табылады. Бұл бағыт функцияны график түрінде қарастыруды жеңілдетеді. Тиімді температураны анықтау үшін келесі теңдеу қолданылады:

$$T_{\text{тиім}} = \frac{T_{\text{т.т.}}}{1 + \frac{2{,}3RT_{\text{т.т.}}}{mg_p} \lg \frac{E + mg_p}{E}} \qquad (3.33)$$

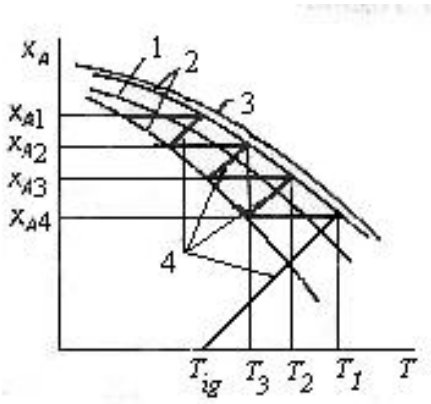
мұндағы: Т – температура,К; R– молярлық газды тұрақты, кДж /(моль·К); m - стехиометриялыққа қарағанда аз мөлшерде алынған заттың химиялық реакция теңдеуіндегі коэффициенті; g_p-реакцияның жылуы, кДж/моль; Е – реакцияның активтілік энергиясы, кДж/моль; $T_{\text{т.т.}}$ – тепе-теңдік айналдыру дәрежесіндегі ($x_{\text{т.т.}}$) тепе-теңдік температура.

(3.33)-ші теңдеуді қолдану қандайда болсын айналдыру дәрежесіндегі тиімді температураны анықтауға мүмкіндік береді (тек X_A=0 және X_A=1, яғни $\omega_{r_A}(T, X_A)$ функциясының максимумы жоқ болған жағдайда қолданылмайды). Әртүрлі айналдыру дәрежесі кезінде реакцияның жылдамдығының температураға тәуелділігін анықтап, $\omega_{r_A}(T)$ қиындысындағы максимум нүктелерін қосу арқылы тиімді температуралар сызығын алады. Процесті **тиімді температуралар сызығы (ТТС)** бойынша жүргізу дегеніміз реакцияның жылдамдығы мүмкіндігінше жоғару болуы үшін айналдыру дәрежесінің жоғарылауымен реактордағы температураны төмендету. Тәжірибелік есептерді шешу үшін тиімді температуралар сызығын X_A-Т координатасында салады. Абсисса нүктелері температураны, ал ордината нүктелері айналдыру дәрежесін көрсетеді. Тиімді температуралар сызығы реактордың жұмысының мүмкіндігінше жоғары қарқындығын қамтамасыз етуі керек.

Процесті ТСС бойынша жүргізудің мысалы ретінде күкірт қышқылы өндірісіндегі күкірт диоксидін тотықтыру процесін қарастыруға болады (3.6 сурет). Процесс адиабатты ережеде катализатордың 4-5 қабатында жүргізіледі. 3.6 суреттен процестің максималды жылдамдығын қамтамасыз ету үшін айналдыру дәрежесін жоғарылауымен реактордағы температураны төмендету қажет екенін көруге болады.



3.6 сурет - Әртүрлі айналдыру дәрежесіндегі күкірт диоксидінің тотығу жылдамдығының температураға әсері.



1-ТСС, 2 - $\omega \geq 0{,}8\omega_{ТСС}$ сәйкесті сызықтар, 3–тепе-теңдік қисық, 4 – процестің жұмыс сызығы.
3.7 сурет - Күкірт диоксидінің ванадий катализаторларында тотығу процесі.

Қайтымды ХТП есептеу үшін көп жағдайда $X_A=f(T)$ тәуелділігі қолданылады (3.7 сурет). Бұл суретте тиімді температуралар сызығы 1, тепе-теңдік қисығы 2, процестің жұмысшы сызығы 3 және реакцияның жылдамдығы максималдыдан 80% құрайтын сызықтар 2 көрсетілген.

Күкірт диоксидін ванадий катализаторларында тотықтыру $T_{ig}=420^0$C (бұл катализатордың жұмыс температурасы) басталады. Экзотермиялық реакцияның нәтижесінде реакциялық қоспаның температурасы $T_1=580^0$C, ал айналдыру дәрежесі $X_{A1}=0{,}7$ жоғарылайды. Бұл жағдайда реакцияның жылдамдығы төмендей бастайды (3.6 сурет). Процестің барынша жоғары жылдамдығын жоғарылату үшін катализатордың әрбір сатысынан кейін реакциялық қоспаны салқындату қажет. Осының әсерінен процесс ТСС бойынша қажетті айналдыру дәрежесіне (X_{A4}) жеткенге дейін жүріде. Өндірістік жағдайларда процесті ТСС бойынша жүргізу өте қиын, сондықтан егер $\omega \geq 0{,}8\omega_{ТСС}$ болса процесс тиімді температуралар сызығы бойынша жүргізіледі деп сналады. Жұмыс сызығы 2 сызықтан жоғары және ТСС төмен орналасқан тиімді температуралар аймағының ішінен өтеді. Демек, қайтымды экзотермиялық реакцияларды қарқындату үшін процесті тиімді температуралар сызығы бойынша айналдыру дәрежесінің өсуімен температураны төмендету арқылы жүргізу қажет.

3.2.4 Біртекті процестерді үдету жолдары

Біртекті процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін келесі тәсілдер қолданылады:

1) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату;
2) температураны жоғарылату;
3) қысымды жоғарылату;
4) катализаторлар қолдну;
5) араластыру дәрежесін жоғарылату.

Процестің жылдамдығына әрекеттесуші заттардың концентрациясының, температураның және катализаторларды қолданудың әсері жоғарыда қарастырылған.

Қысымның әсеріне келетін болсақ, жүйедегі қысымды жоғарылатқанда оның көлемі азаяды, яғни әрекеттесуші заттардың концентрациясы жоғарылайды. Ал концентрацияның жоғарылауымен процестің жылдамдығы да жоғарылайды.

Араластыру сұйықтықты процестер үшін аса маңызды, себебі сұйықтықтардағы диффузия жылдамдығы газдардағыға қарағанда ондаған және жүздеген мың есе аз болады. Ерітінділерді араластыру диффузиялық кедергінің төмендеуінің әсерінен процестің жалпы жылдамдығын өте елеулі жоғарылатады. Сұйытықтарды араластыру механикалық немесе пневматикалық араластырғыштармен жабдықталған аппараттарда жүргізіледі.

Газды реакцияларда араластыру бастапқы компоненттерді араластыру үшін және процестің барысында концентрация мен температураны теңестіру үшін қолданылады. Компоненттерді араластыру әртүрлі шашыратқыштардың немесе құралдардың көмегімен жүзеге асырылады. Олар арқылы газдар жалпы турбулентті ағынмен араласатындай етіп беріледі.

3.3 Әртекті химиялық процестер

3.3.1 Әртекті химиялық процестердің жылдамдығы

Әртекті процесстер фазалардың бөліну бетінде жүреді. Бастапқы реагенттер мен реакция өнімдері бір фазада болатын процестер де әртекті процестерге жатуы мүмкін. Мысалы, аммиак синтезі темір катализаторының бетінде жүреді, SO_2-нің SO_3-ке тотығу реакциясы ванадий катализаторының бетінде жүреді. Әрекеттесуші заттар мен реакция өнімдері бірдей күйде болғанымен бұл процестер қатты катализаторлардың бетінде жүреді, сондықтан «Г-Қ» жүйесіндегі әртекті процестерге жатады.

Әртекті процесстерге «Г-С», «Г-Қ», «С-Қ», «Қ-Қ», «С-С» (араласпайтын), «Г-С-Қ», «Г-С-С», «Г-Қ-Қ» және т.б. жүйелерде жүретін процестер жатады.

Химиялық технологияда өте жиі кездесетін жүйелерге «Г-С», «Г-Қ» және «С-Қ» жүйелері жатады.

Әртекті процестердің механизмі біртекті процестердің механизмінен әлде қайда күрделі, сондықтан әртекті процестердің жылдамдығы біртекті процестердің жылдамдығынан төмен болады. Біртекті процестерде диффузиялық процестер жоғары жылдамдықпен жүреді және химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер етпейді. Ал әртекті процестерде заттардың ауысуы өте қиын жүреді, сондықтан әртекті процестердің жылдамдығы диффузиялық ауысу жылдамдығымен анықталады.

Әртекті процесс өзарабайланысқан физика-химиялық құбылыстар мен химиялық реакцияның жиынтығы болғандықтан оны бөлек сатыларға бөліп, әрбір сатыны жеке-жеке талдайды. Бөлек сатылардың жылдамдықтары бір-бірінен ерекше болуы мүмкін. Мұндай талдау әртекті процестің жүру аймағын анықтауға мүмкіндік береді.

Әртекті процестің жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады:

$$\omega_{jp} = \frac{\mathrm{dG}}{d\tau} = \mathrm{kF}\Delta\mathrm{C} \qquad (3.34)$$

Жалпы кинетикалық теңдеу әр нақты жағдайда белгілі, кейбір кезде өте күрделі түрде болады. Оның түрі процестің қозғаушы күшінің (ΔС) сипатына, заттардың әрекеттесу бетін (F) сипаттау тәсілдеріне, процестің жылдамдық тұрақтысына (k) әсер ететін факторларға байланысты болады.

Екі күйлі жүйе мысалында жылдамдық тұрақтысына әсер ететін факторларды қарастырамыз:

1) кинетикалық аймақта жүретін әртекті процестер үшін:

$$k = f(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}) \qquad (3.35)$$

2) диффузиялық аймақта жүретін әртекті процестер үшін:

$$k = f(D_1, D_2, D'_1, D'_2, \omega_1, \omega_2, \sigma, \nu_1, \nu_2, \rho_1, \rho_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i) \qquad (3.36)$$

3) Ауыспалы аймақта жүретін әртекті процестер үшін:

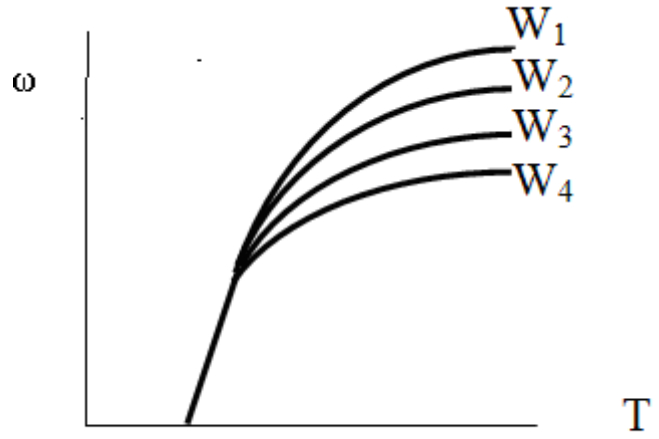
$$k = f(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}, D_1, D_2, D'_1, D'_2, \omega_1, \omega_2, \sigma, \nu_1, \nu_2, \rho_1, \rho_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i) \qquad (3.37)$$

мұндағы: $k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}$ – тура, кері және жанама реакциялардың жылдамдық тұрақтылары; D_1, D_2, D'_1, D'_2 – реагенттердің және реакция өнімдерінің диффузиялық коэффициенттері; σ - фазалардың бөліну шекарасындағы беттік керілу коэффициенті; ω_1, ω_2 - әрекеттесуші реагенттердің сызықтық жылдамдықтары; ν_1, ν_2 - әрекеттесуші реагенттердің тұтқырлықтары; ρ_1, ρ_2 -

әрекеттесуші реагенттердің тығыздықтары; $Г_1,Г_2,Г_3$ – аппараттардың геометриялық өлшемдері; і – реагенттерді араластыру дәрежесі.

Ең жәй жүретін сатыны процестің жалпы жылдамдығына технологиялық ереженің параметрлерінің әсерін зерттей отырып анықтауға болады. Егер температураның жоғарылауымен Аррениус теңдеуіне (3.31) сәйкесті процестің жылдамдығы жоғарыласы және температуралық коэффициент $\alpha_T>1,5$ болса, онда ең жәй жүретін саты болып химиялық реакция саналады, яғни процесс кинетикалық аймақта жүреді. Егер процестің жылдамдығы әрекеттесуші күйлердің ағындарының жылдамдықтарының жоғарылауымен көбейсе, онда ең жәй жүретін саты күйлердің арасындағы массаалмасу, яғни процесс ішкідиффузиялық аймақта жүреді.

3.8 суретте «Қ-Г» жүйесіндегі процесстің (жану, газдандыру) кинетикасына температураның және газ ағынының жылдамдығының әсері көрсетілген. Бұл суреттен төмен температуралық аймақта температураның жоғарылауымен процестің жылдамдығы күрт жоғарылайтынын көруге болады, яғни процестің анықтаушы сатысы болып химиялық реакция табылады. Жоғары температуралық аймақта химиялық реакцияның жылдамдығының жоғарылауы соншалық көп болғандықтан процесс диффузиялық аймақта өтеді. Ал процестің жалпы жылдамдығын газ ағынының араласу дәрежесі анықтайды. Тәуелділік қисығының мұндай түрлері басқада әртекті процестер үшін лайықты.



3.8 сурет - Температура (Т) мен газ ағынының жылдамдығының (W) процестің жалпы жылдамдығына (ω) әсері: $W_1>W_2>W_3>W_4$.

(3.34)-ші теңдеуді талдау технологиялық процесті үдету шарттарын және олардың жылдамдығына массатасымалдау коэффициентінің әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Диффузиялық аймақта жүретін процестерде массатасымалдау коэффициентін жоғарылату ең алдымен әрекеттесуші күйлердің турбуленттілігін жоғарылату арқылы жүзеге асырылады. Осының әсерінен диффузиялық кедергі азаяды және күйаралық бет үздіксіз жаңартылып тұрады. Бұл жоғарылату тек қана процестің кинетикалық аймаққа өтуіне дейін ғана тиімді. Ал ары қарай турбуленттеу процестің қозғаушы күшінің төмендеуінің әсерінен реактордың жұмысының нәтижелілігін төмендетеді.

Әртекті процестердің қозғаушы күшін жоғарлату әрекеттесуші компоненттердің концентрациясын көбейтумен, тиімді температуралар мен қысым және т.б. қолданумен жүзеге асырылады. Күйаралық бетті дамыту реактордың құрылысын жетілдірумен және тиімді гидродинамикалық ереже қолданумен іске асырылады.

3.3.2 Әртүрлі жүйелердегі әртекті процестердің кинетикалық моделдері

Әртекті процестердің кинетикалық моделдерін «Г-Қ», «Г-С» және «С-Қ» жүйесіндегі әртекті процестердің мысалында қарастырамыз.

«Г-Қ» жүйесіндегі әртекті процестер.

Бұл жүйелерге қатты заттарды күйдіру процестері және адсорбциялық процестер жатады. **Күйдіру** дегеніміз қатты және газды реагенттердің қатысумен жүретін көптеген жоғары температуралық химия–технологиялық процестер. Күйдіру процесі кезінде қатты заттарды балқу процесі жүруі мүмкін, оның әсерінен басқа фазалармен әрекеттесетін сұйық фаза пайда болады. Күйдіру кезінде жүретін негізгі физика-химиялық құбылыстарға термиялық диссоциация, яғни молекулалардың қарапайым түрлерге ыдырауы жатады. Диссоциация әдетте газды өнімдердің пайда болуымен жүреді. Мысалы, CO_2 (көмірді, коксты күйдіру кезінде); SO_2 (күкіртті немесе колчеданды күйдіру кезінде); су булары. Диссоциацияның бір түріне кальцинация, яғни конституциялық суды (гидроксидтер түрінде байланысқан) және көміртек диоксидін бөліп шығару процестері жатады. Күйдіру процесіне берілетін газдың құрамына байланысты күйдіру процесі тотықсыздандырғыш және тотықтандырғыш болып бөлінеді.

Адсорбция дегеніміз газдардың, булардың немесе ерітінділердегі еріген заттардың қатты немесе сұйық заттармен (сорбенттермен) сіңірілу процесі. Адсорбция физикалық және химиялық болып екіге бөлінеді. Физикалық

адсорбция кезінде химиялық реакция жүрмейді, ал хемосорбция кезінде адсорбентпен адсорбаттың арасында химиялық реакция жүреді. Адсорбция әртүрлі өндірістерде қалдықты газдарды тазалау кезінде қолданылады.

«Г-Қ» жүйесінде жүретін процестерді қатты материалдарды күйдіру процесінің негізінде қарастырған өте ыңғайлы.

«Г-Қ» жүйесіндегі процестердің жылдамдығын оқып зерттеу әрекеттеспеген дәні бар сфералық бөлшектің моделінің негізінде қарастырылады. Бұл моделге сәйкес химиялық реакция алдымен қатты бөлшектің бетінде жүреді, содан кейін бөлшектің ішіне енеді. Нәтижесінде оның бетінде реакция өнімдерінің қатты, кеуекті қабаты (“күл”) пайда болады. Процестің негізгі сатылары:

1) газды реагенттің газ ағынынан қатты бетке диффузиясы;
2) газды реагенттің “күл” қабаты арқылы ішкі диффузиясы;
3) қатты реагенттің бетіндегі химиялық реакция;
4) газды реакция өнімдерінің “күл” қабаты арқылы диффузиясы;
5) газды өнімдердің газ ағынының дәніне сыртқы диффузиясы.

«Г-Қ» жүйедегі әрекеттесудің жалпы кинетикалық теңдеуі:

$$\omega_{Г-К} = k \cdot F \cdot \Delta C = \frac{1}{\frac{1}{k_Г} + \frac{1}{k_T} + \frac{1}{k_K}} \cdot F \cdot \Delta C \qquad (3.38)$$

мұндағы: $k_Г$ - массатасымалдау коэффициенті; $1/k_Г$ - шекаралық газды қабықшаның кедергісі; k_K -химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы (қатты беттің бір бөлігіне қатысты); $1/k_T=r_T/2D$ - реакция өнімдерінің қабатының оның орташа қалыңдығы кезіндегі кедергісі, ол түйіршіктердің радиусының жартысына тең болады; D - реакция өнімдерінің диффузиялық коэффициенті; $\Delta C=C_г$ - процестің қозғаушы күші, газды реагенттің газды фазадағы эквивалентті концентрациясы.

3.9 суретте $A_г+bB_к \rightarrow$өнім реакциясындағы газды реагенттің (А) концентрациясының өзгеруі көрсетілген (әрекеттеспеген дәні бар сфералық бөлшектің моделі бойынша). «Г-Қ» жүйесіндегі әрекеттесудің барлық сатылары кезектесіп жүретін болғандықтан, процестің жалпы жылдамдығы ең жәй жүретін анықтаушы сатының жылдамдығымен анықталады.

Газды шекаралық жұқа қабат арқылы сыртқы диффузия (3.9ә сурет) сатысы жүретін болса, процестің жылдамдығы мына теңдеумен өрнектелді:

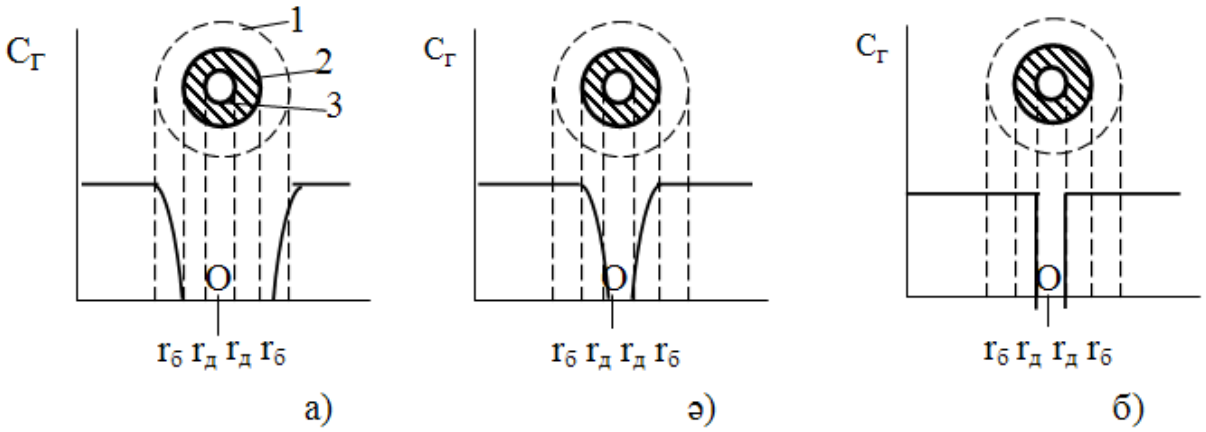
$$\omega_{\text{Г-Қ}} = -\frac{1}{F_б}\cdot\frac{dG_A}{d\tau} = -\frac{1}{F_б}\cdot\frac{dG_B}{bd\tau} = k_Г C_Г \qquad (3.39)$$

мұндағы: G_A және G_B - реагенттердің мөлшері, моль немесе кг; b - қатты заттың 1 молімен (немесе 1 кг) әрекеттесетін газдың моль саны; $F_б$ - қатты бөлшектің бастапқы беті ($F_б=2\pi r_б^2$, себебі оның пішімі сфералы).

Сонда:

$$\omega_{\text{Г-Қ}} = -\frac{1}{4\pi r_б^2}\cdot\frac{dG_б}{bd\tau} = k_Г C_Г \qquad (3.40)$$

мұндағы: $G_B=\rho_к\cdot\upsilon$; $\rho_к$ - бөлшектің тығыздығы; υ - оның көлемі.



1-газды ламинарлы жұқа қабат; 2-реакция өнімдерінің қабаты; 3-әрекеттеспеген дән. Анықтаушы саты: а-сыртқы диффузия; ә-ішкідиффузия; б –химиялық реакция.

3.9 сурет - Газды реагенттің концентрациясының $c_Г$ сфералық қатты бөлшекпен әрекеттесу нәтижесінде өзгеруі:

А және В заттарының әрекеттескен мөлшерлері олардың көлемінің немесе бөлшектің әрекеттеспеген дәнінің радиусының азаюына эквивалентті, яғни

$$-dG_B=-bdG_A=\rho_к d\upsilon=\rho_к d(4/3\ \pi r_д^2)=4\pi r_д^2\,\rho_к\,dr_д \qquad (3.41)$$

мұндағы: $r_д$ - әрекеттеспеген дәннің радиусы.

(3.39) және (3.40) теңдеулерінен:

$$-\frac{1}{F_б}\cdot\frac{dG_B}{d\tau} = \frac{\rho_к r_д^2}{r_б^2}\cdot\frac{dr_д}{dr_б} = bk_Г C_Г \qquad (3.42)$$

(3.42) теңдеуін түрлендіріп интегралдаудан кейін әрекеттеспеген дәннің салмағының уақыт аралығында өзгеруін сипаттайтын теңдеуді алуға болады:

$$-\frac{\rho_к}{r_б^2}\int_{r_б}^{r_д} r_д\,dr_д = bk_Г C_Г \int_0^{\tau} d\tau \qquad (3.43)$$

Бұл теңдеуден бөлшектің радиусының $r_б$-ден $r_д$-ге дейін өзгеруіне кететін уақытты анықтауға болады:

$$\tau = \frac{\rho_к r_б}{3bk_г C_г}\left[1 + \left(\frac{r_д}{r_б}\right)^3\right] \qquad (3.44)$$

Қатты бөлшек τ' уақытта толық әрекеттескен кезде, яғни $r_д=0$ болғанда

$$\tau' = \frac{\rho_к r_б}{3bk_г C_г} \qquad (3.45)$$

$$\frac{\tau}{\tau'} = 1 - \left(\frac{r_д}{r_б}\right)^3 = x_к \qquad (3.46)$$

(3.46) қатынасы қатты заттың **айналдыру дәрежесін ($x_к$)** сипаттайды.

Ұқсас әдіспен басқада анықтаушы сатылар үшін уақыт пен айналдыру дәрежесін сипаттайтын теңдеулерді алуға болады. Әртекті реакцияны өндірістік реакторда жүргізген кезде әрбір қатты бөлшекті шартты түрде бөлек микрореактор ретінде қарастыруға болады. Реактордың өнімділігін жоғарылату үшін қатты заттың толық айналдыру уақытын (τ') азайту қажет. Әртекті процесс сыртқыдиффузиялық аймақта жүрген кезде қатты заттың толық айналдыру уақыты (τ') радиустың азаюымен, газды реагенттің концентрациясының ($C_г$) көбеюімен және массатасымалдау коэффициентінің жоғарылауымен іске асырылады. Яғни, сыртқыдиффузиялық аймақта газдың сызықтық жылдамдығын жоғарылатып, ағынды турбуленттеу қажет.

Газды реагенттің реакция өнімдерінің қабаты арқылы ішкі диффузиясы жәй жүргенде, процестің жылдамдығы Фика заңына сәйкес анықталады. Ішкі диффузия үшін:

$$\tau = \frac{\rho_к r_б^2}{6bDC_г}\left[1 - 3\left(\frac{r_д}{r_б}\right)^2 + 2\left(\frac{r_д}{r_б}\right)^3\right] \qquad (3.47)$$

Толық әрекеттескен бөлшек үшін $r_д=0$ болғанда:

$$\tau' = \frac{\rho_к r_б^2}{6bDC_г} \qquad (3.48)$$

(3.47) және (3.48) теңдеулерінен

$$\frac{\tau}{\tau'} = 1 - 3\left(\frac{r_д}{r_б}\right)^2 + 2\left(\frac{r_д}{r_б}\right)^3 \qquad (3.49)$$

Қатты заттың айналдыру дәрежесіне ауысып мына теңдеуді аламыз:

$$\frac{\tau}{\tau'} = 1 - 3(1 - x_к)^{2/3} + 2(1 - x_к) \qquad (3.50)$$

Ішкідиффузиялық аймақта жүретін процесті үдетудің ең негізгі жолы массатасымалдау коэффициентін ($k_г$) жоғарылату болып табылады. Ішкідиффузия кезінде ол мына теңдеу бойынша анықталады:

$$k_г = \frac{D}{\Delta r} = \frac{D}{r_б/2} \qquad (3.51)$$

Массатасымалдау коэффициенті ($k_г$) диффузия коэффициенті (D) неғұрлым жоғары және реакция өнімдерінің қабатының қалыңдығы (Δr) неғұрлым аз болса, соғұрлым жоғары болады. Диффузия коэффициентінің (D) температураға тәуелділігі елеусіз, сондықтан бұл жағдайда реакция өнімдерінің қабатының қалыңдығына (Δr) әсер еткен ыңғайлы. $\Delta r = r_б/2$ болғандықтан, бөлшектердің өлшемі неғұрлым аз болса, соғұрлым Δr мәніде аз болады, яғни массатасымалдау коэффициентінің ($k_г$) мәні жоғары болады. Яғни, ішкідиффузияның кедергісін төмендету үшін қатты затты майдалау қажет.

Химиялық реакция сатысы жәй жүргенде, яғни процесс кинетикалық аймақта жүрген кезде процестің жылдамдығы мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\omega_{г\text{-}к} = \omega_г = -\frac{1}{F_д}\frac{dG_A}{d\tau} = -\frac{1}{F_д}\frac{dG_B}{bd\tau} = -\frac{1}{4\pi r_д^2}\frac{dG_A}{d\tau} = \frac{1}{4\pi r_д^2}\frac{dG_B}{bd\tau} = kC_г \qquad (3.52)$$

мұндағы: $\omega_г$ - химиялық реакцияның жылдамдығы; k - химиялық реакцияның жылдамдық тұрақтысы.

(3.52) теңдеуіне (3.40) теңдеуінен dG_B-ң мәнін қойып, мына теңдеуді аламыз:

$$-\frac{\rho_к 4\pi r_д^2}{4\pi r_д^2} \cdot \frac{dr_д}{d\tau} = -\rho_к \frac{dr_д}{d\tau} = bkC_г \qquad (3.53)$$

(3.53) теңдеуін $r_д$ - $r_б$ аралығында интегралдап реагенттердің әрекеттесу уақытын табамыз:

$$\tau = \frac{\rho_к}{bkC_г}(r_б - r_д) \qquad (3.54)$$

Бөлшектің толық әрекеттесуі үшін қажет уақыт:

$$\tau' = \frac{\rho_к r_б}{bkC_г} \qquad (3.55)$$

(3.54) және (3.55) теңдеулерін жинақтап бөлшектің толық айналдыру

уақытын айналдыру дәрежесімен байланыстыратын теңдеуді аламыз:

$$\frac{\tau}{\tau'} = 1 - \frac{r_д}{r_б} = 1 - (1 - x_к)^{1/3} \qquad (3.56)$$

Кинетикалық аймақта жүретін процестің қарқындылығы $r_б$, $C_г$ және k мәндеріне тәуелді болады. k-ны жоғарылату кинетикалық аймақта жүретін процестің қарқындылығын өте жылдам жоғарылатады. Ал жылдамдық тұрақтысы (k) негізінен температураға тәуелді боғандықтан, бұл процестің жылдамдығын жоғарылату үшін температураны өзгерту қажет.

Сонымен, «Г-Қ» жүйесіндегі әртекті процестердің жылдамдығына әсер ететін факторлар олардың жүру аймағына байланысты болады.

«Г-Қ» жүйесіндегі әртекті процестерді жүзеге асыру үшін қолданылатын реакторларды пештер деп атайды. Оларға шахталы, сөрелі, қатты отынды тозаңдатып шашырату құрылғысымен жабдықталған, «қайнау қабатты», айналмалы барабанды, тунелді, камералы, циклонды, астаулы, құбырлы және электр пештері жатады.

«Г-С» жүйесіндегі әртекті процестер.

Газ және сұйық реагенттердің қатысуымен жүретін әртекті процестер химиялық өндірісте өте жиі кездеседі. Бұл процестерге газдардың абсорбция және десорбциясы, булардың булануы және конденсациясы, сұйық қоспалардың дистилляция және ректификациясы, сұйықтықтардың пиролизі, сұйық полимерлер алыну мақсатымен жүретін газдардағы полимеризация және т.б. жатады. «Г-С» жүйесіндегі көбінесе абсорбция-десорбциялық процестер жатады.

Абсорбция – ерітінділердің пайда болуымен жүретін газдардың сұйықтармен сіңірілу процесі. Егер абсорбция химиялық реакцияның ілесуімен жүрсе, онда ол **хемосорбция** деп аталады. Сорбциялық процестер химиялық өнеркәсіпте өте кеңінен таралған және тұз, күкірт, азот және басқа да қышқылдардың, аммиак және сода өндірістерінің бір құрамы болып табылады. Бұл процестер кокс газы мен мұнай өңдеу газдарын аулау үшін, қалдықты газдарды тазалау үшін, органика синтезінің технологиясында және т.с.с. қолданылады.

Десорбция абсорбцияға кері процесс, яғни сұйықтықтардан оның ішінде ерітілген газдарды бөліп шығару процесі. Тәжірибе жүзінде десорбцияны **айдау** деп атайды және оны сұйықтықтарды қыздыру және олар арқылы инертті газ

өткізу арқылы жүзеге асырады. Газды компоненттің сұйықтықтан бөлініп шығуы айдалынып шығатын компоненттің газды ағындағы парциалды қысымының азаюының әсерінен жүреді.

«Г-С» жүйесіндегі процестердің жылдамдығы келесі формулалармен анықталады:

$$\omega_{Г-С} = k_Г F(P - P^*) \quad (3.57)$$

$$\omega_{Г-С} = k_С F(C^* - C) \quad (3.58)$$

мұндағы: P және P^* - сәйкесінше сіңірілетін компоненттің нақты және сұйықтықпен тепе-теңдіктегі парциалды қысымы; C және C^* - ерітілген компоненттің нақты және газбен тепе-теңдіктегі концентрациясы; $k_Г$ және $k_С$ – массаберу коэффииенттері, ол парциалды қысым немесе концентрация мөлшерінде көрсетіледі.

Газдар жақсы, орташа және қиын еритіндер болып бөлінеді. Мұндай талдау олардың сұйықтықтағы еру жылдамдығын және ерітінділердің қанығу концентрациясын ескереді.

Жақсы еритін газдарға сұйықтармен тез әрекеттесетін, олармен бөліну бетінен сұйықтықтың ішіне тез диффузияланатын қосылыстар түзетін газдар жатады. Бұл жерде процестің ең жәй жүретін сатысы болып сіңірілетін компоненттің бөліну бетіне тасымалдануы (диффузиялануы) саналады.

Орташа еритін газдар еріген кезде газ және сұйық фазалардағы диффузия және химиялық реакциялардың жылдамдықтары өзара тең болады.

Қиын еритін газдардың абсорбциясы олардың сұйықтықтармен физика – химиялық әрекеттесу жылдамдығымен немесе алынған (өндірілген) қосылыстың сұйық фазадағы диффузия жылдамдығымен анықталады. Бұл жерде ең жәй жүретін саты болып өнімдерді реакция аймағынан шығару сатысы саналады.

Массатасымалдау жылдамдығы және реактордың жұмысының нәтижелігі массатасымалдау коэффициентімен қатар пайдалы әсер коэффициентімен (η) сипатталады. k және η шамалары өзара байланысты. Сұйықтық пен газдың қиылысқан бағытындағы абсорбция үшін:

$$\eta = 2k_a/(2\omega_г + k_a) \quad (3.59)$$

Хемосорбциялық процестерді оқып зерттеу кезінде массатасымалдау және химиялық кинетика заңдылықтарын бірге қарастыру қажет, себебі бұл жағдайда диффузиялық және химиялық сатылардың жылдамдықтары бірдей болуы

мүмкін. Сұйықтық күйдегі реакция сұйықтықтағы сіңірілген газды компоненттің концентрациясын төмендетеді, яғни процестің қозғаушы күшін және жылдамдығын жоғарылатады. Хемосорбциялық процестерді санды түрде сипаттаған кезде қозғаушы күштің немесе массатасымалдау коэффициенттерінің шамаларына түзетулер енгізіледі.

Реакция сұйықтық күйде жоғары жылдамдықпен жүретін жағдайды қарастырайық. Абсорбциялық процестердің ыңғайлы кинетикалық моделі ретінде жұқа қабатты модел қолданылады. Бұл моделге сәйкес а) күйаралық беттің екі жағында да газбен сұйықтықтың ламинарлы шекаралық жұқа қабаттары болады; ә) шекаралық жұқа қабаттан кейін әрекеттесуші компоненттердің концентрациясы тұрақты болады және б) күйлердің бөліну бетінде сіңірілетін компоненттердің концентрацияларының арасында сұйықтық және газ күйінде Генри заңына бағынатын динамикалық тепе-теңдік орнайды.

A(г) +B(с) $\rightarrow$ D(с) моделді реакциясы бойынша А және В компоненттерінің реакциялық аймаққа диффузиясының және химиялық реакцияның нәтижесінде D өнімі түзіледі. Егер химиялық реакция аймағы (реакцияның беті) сұйықтық ламинарлы жұқа қабаттың ішінде орналасса, онда концентрацияның үлестіру үлгісін 3.10 суреттен көруге болады. Химиялық реакцияның жылдамдығы өте жоғары болғандықтан реакция аймағындағы әрекеттесуші компоненттердің концентрациясы 0-ге тең деп алынады ($C_{CA}=C_{CB}=0$).

Генри заңына сәйкес

$$P_A^* = \psi C_A^* \qquad (3.60)$$

Газ күйіндегі «А» компонентінің күйлердің бөліну бетіне диффузия жылдамдығы

$$\omega_A^г = k_A^г \left(P_{\delta A} - P_A^*\right) \qquad (3.61)$$

мұндағы: $k_A^г$ - газды жұқа қабат арқылы массатасымалдау коэффициенті.

(3.60) теңдеуіне сәйкес:

$$\omega_A^г = \left(P_{\delta A} - \frac{C_A^*}{\psi}\right) \qquad (3.62)$$

Сұйықтық күйдегі «А» реагентінің реакция бетіне диффузия жылдамдығы:

$$\omega_A^C = k_A^C C_A^Г = \frac{D_A^C}{l_1} C_A^Г \qquad (3.63)$$

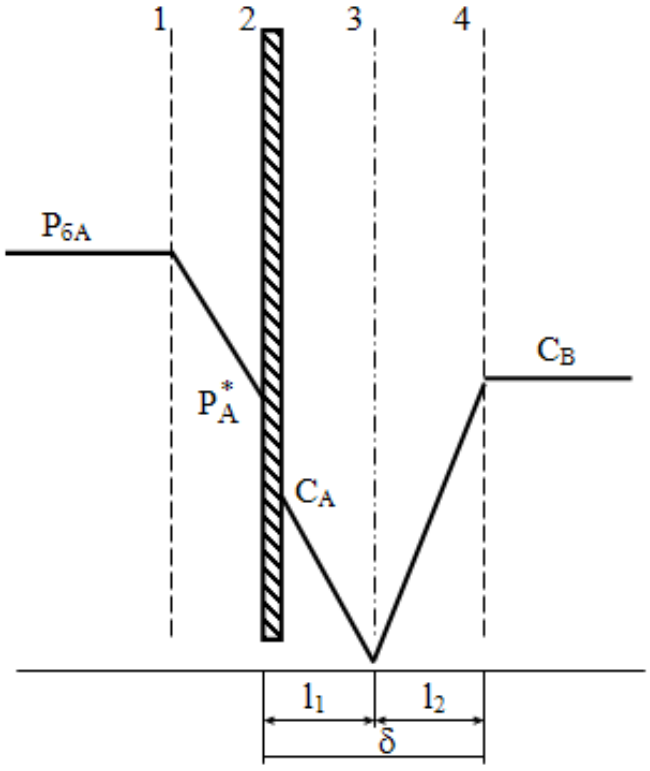
Сұйықтықтағы «В» реагентінің реакция бетіне диффузия жылдамдығы:

$$\omega_B^C = k_B^C C_B = \frac{D_B^C}{l_2} C_B \qquad (3.64)$$

мұндағы: D_B^C - сұйықтықтағы «В» компонентінің диффузия коэффициенті. Тұрақты ережеде $\omega_A^Г = \omega_A^C = \omega_B^C$. Сонда (3.62) - (3.64) теңдеулерінен:

$$\omega_A^Г = \frac{D_A^C C_A}{\delta}\left(1 + \frac{D_B^C C_B}{D_A^C C_A}\right) \qquad (3.65)$$

(3.65) кинетикалық теңдеудегі C_B-ң шамасы химиялық реакцияның хемосорбция жылдамдығына әсерін көрсетеді. Егер химиялық реакция мен диффузияның жылдамдығы бірдей болса, концентрацияның үлестірілу сипаты 3.10 суретте көрсетілгендегіден күрделі болады.



1 - газдың шекаралық қабаты; 2 - күйлердің бөліну беті; 3 - реакцияның беті; 4-сұйықтықтың шекаралық қабаты; $\delta = l_1 + l_2$ –сұйықтықтың шекаралық қабатының қалыңдығы.
3.10 сурет - А(г) +В(с) → D(с) моделді реакциясы үшін «Г-С» жүйесіндегі концентрацияның үлестірілуі (сұйықтық күйдегі химиялық реакцияның жылдамдығы жоғары болғанда).

Егер хемосорбцияның қозғаушы күшін (3.61) теңдеуімен көрсетсек, онда сұйықтық күйдегі қайтымды химиялық реакция үшін :

$$P^* = \frac{x}{K\psi(1-x)} \qquad (3.66)$$

мұндағы: К - сұйықтық күйдегі химиялық реакцияның тепе-теңдік

тұрақтысы; x – абсорбенттің (сіңіргіштің) сіңірілетін компонентпен қанығу дәрежесі.

Хемосорбцияның жылдамдығының физикалық абсорбциямен салыстырғандағы жоғарылауын сұйықтық күйдегі массатасымалдау коэффициентінің теңдеуі бойынша анықтауға болады. Егер шартты түрде хемосорбцияның қозғаушы күші физикалық абсорбцияның қозғаушы күшіне эквивалентті деп қабылдасақ, онда:

$$\omega = k_C \cdot r \cdot F \cdot \Delta C \qquad (3.67)$$

мұндағы: r - реакцияның нәтижесінде сұйықтық күйдегі абсорбцияның үдеу коэффициенті; k_C - сұйықтық күйдің концентрация бірлігінде көрсетілген абсорбция коэффициенті.

Жалпы түрде:

$$r = (k_1, k_2, \tau_0, P, C, D_1, D_2, \ldots) \qquad (3.68)$$

мұндағы: k_1, k_2 - тура және кері реакциялардың жылдамдық тұрақтылары; τ_0 - жаңару мерзімі (газдың сұйықтықпен әрекеттесу уақыты (оның бетінің бір жаңарудан екінші жаңаруға дейінгі)).

Абсорбция-десорбциялық процестерді үдету тәсілдері процестің жүру аймағына байланысты болады. Кинетикалық аймақта жүретін процесті үдету үшін температураны, реагенттердің бастапқы концентрациясын және қысымды жоғарылатады. Диффузиялық аймақта жүретін абсорбция процесінің жылдамдығын жоғарылату үшін: күйаралық бетті дамыту; массатасымалдау коэффициентін жоғарылату үшін газбен сұйықтықты қарқынды араластыру; процестің қозғаушы күшін (ΔP немесе ΔC) жоғарылату үшін температураны төмендету; газдағы сіңірілетін компоненттің бастапқы концентрациясын немесе жалпы қысымды P жоғарылату керек.

«Г-С» жүйесінде жүретін әртекті процестерді жүзеге асыру үшін мұнаралы, барботажды, сұйықтықты шашырату құрылғысымен жабдықталған, сұйықтықты тозаңдатып шашырату құрылғысымен жабдықталған, көбікті және құбырлы реакторлар қолданылады. Бұл реакторларда физикалық абсорбция және десорбция, булану, дистилляция, реактификация, газдарды жуу және жылуауысу процестері жүргізіледі.

«С-Қ» жүйесіндегі әртекті процестер.

Бұл жүйелерге қатты заттардың еруі және олардың ерітінділерден кристалдануы, экстракциялану және шаймалау процестері, қатты заттардың

балқуы және олардың балқымалардан кристалдануы, коллоидты жүйелердегі коагуляция, қатты заттардың сұйықтықтардағы дисперциялануы және тағы басқа процестер жатады. Сұйық және қатты реагенттердің қатысуымен жүретін процестер көптеген химиялық өндірістердің негізі болып табылады.

Еру жылдамдығы мынадай формуламен анықталады:

$$\omega_{С-Қ} = k\ F(C_{кан} - C) \qquad (3.69)$$

мұндағы: k - еру жылдамдығының коэффициенті, ол диффузия және кристалдық тордың бұзылу процестерінің жылдамдығына тәуелді болдаы: $k=D/\sigma$; D - еріген заттың диффузиялық коэффициенті; σ - шекаралық диффузиялық қабаттың шартты қалыңдығы; C - ерітілген реагенттің сұйық фазадағы концентрациясы; $C_{қан}$ – ерітілген реагенттің тепе-теңдік концентрациясы (қанығу концентрациясы).

«С-Қ» жүйесінде жүретін процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін заттардың әрекеттесу бетін (F); араластыру дәрежесін және температураны жоғарылату керек. Заттардың әрекеттесу бетін жоғарылату үшін қатты заттарды майдалайды және оның кеуектілігін көбейтеді.

«С-Қ» жүйесінде жүретін әртекті процестер жүзеге асыру үшін араластырғыш құрылғылармен жабдықталған реакторлар (оларға механикалық араластырғыштар, пневматикалық араластырғыштар, сөреде араластырумен және жиекті құрылғылармен жабдықталған реакторлар), қатты реагенттің сүзгіш қабаты бар реакторлар, қатты реагенттің жүзгінді қабаты бар реакторлар, ағынды араластыруы бар реакторлар және құбырлы реакторлар қолданылады.

3.3.3 Әртекті процестердің элементарлы сатылары мен жүру аймақтары

Әртекті процестердің механизмі біртекті процестердің механизмінен әлде қайда күрделі, сондықтан әртекті процестердің жылдамдығы біртекті процестердің жылдамдығынан төмен болады. Біртекті процестерді диффузиялық процестер жоғары жылдамдықпен жүреді және химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер етпейді. Ал әртекті процестерде заттардың ауысуы өте қиын жүреді, сондықтан әртекті процестердің жылдамдығы диффузиялық ауысу жылдамдығымен анықталады.

Әртекті процесс өзарабайланысқан физика-химиялық құбылыстар мен химиялық реакцияның жиынтығы болғандықтан оны бөлек сатыларға бөліп, әрбір сатыны жеке-жеке талдайды. Бөлек сатылардың жылдамдықтары бір-

бірінен ерекше болуы мүмкін. Мұндай талдау әртекті процестің жүру аймағын анықтауға мүмкіндік береді.

Енді әртекті процестердің негізгі сатылары мен кезеңдерін қарастырып өтеміз. Мысал ретінде колчеданды күйдіру процесін қарастырамыз:

$$4FeS_2\ (к)+11O_2(г)=8SO_2(г)+2Fe_2O_3(к)+Q$$

Бұл «Г-Қ» жүйесіндегі әртекті, қайтымсыз, экзотермиялық процесс. Процестің негізгі кезеңдері:

1) Газды реагент O_2-нің көлемнен шекаралық газды қабатқа конвективті ауысуы.

2) Газды реагент O_2-нің қатты заттың (FeS_2) бетіне диффузиясы.

3) Газды реагент O_2-нің қатты өнімнің (Fe_2O_3) беті арқылы диффузиясы.

4) Газды реагент O_2-нің қатты заттың (FeS_2) ішкі кеуектеріндегі диффузиясы.

5) Химиялық реакция.

6) Газды өнім SO_2-нің қатты өнімнің (Fe_2O_3) ішкі кеуектерінен диффузиясы.

7) Газды өнім SO_2-нің қатты өнімнің (Fe_2O_3) беті арқылы диффузиясы.

8) Газды өнім SO_2-нің қатты өнімнің (Fe_2O_3) бетінен шекаралық газды қабатқа диффузиясы.

9) Газды өнім SO_2-нің көлемге конвективті ауысуы.

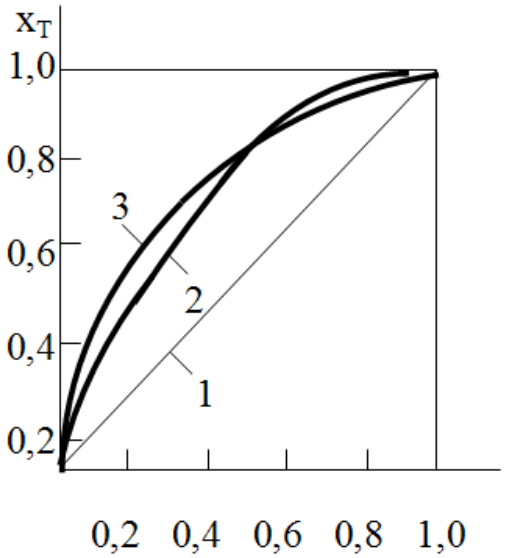
Бұл кезеңдерді үш сатыға бөлуге болады: 1,2,3,4 кезеңдер ХТП-ң бірінші сатысы, яғни әрекеттесуші заттарды реакция аймағына тасымалдау сатысы; 5-ші кезең ХТП-ң екінші - химиялық реакция сатысы, ал 6,7,8,9 кезеңдер ХТП-ң үшінші сатысы, яғни өнімді реакция аймағынан шығару сатысына жатады.

Егер әртекті процестің жалпы жылдамдығы 1-4 және 6-9 кезеңдердің жылдамдықтарына тәуелді болса, онда әртекті процесс диффузиялық аймақта жүреді. 1,2,8,9 кезеңдердің жылдамдықтары сыртқыдиффузиялық аймақта жүретінін әртекті процесті сипаттайды, ал 3,4,6,7-ші кезеңдердің жылдамдықтары ішкідиффузиялық аймақта жүретін процесті анықтайды. 5-ші кезеңнің жылдамдығы әртекті процестің кинетикалық аймақта жүретінін сипаттайды, яғни әртекті процестің жылдамдығы химиялық реакцияның жылдамдығына тәуелді. Егер әртекті процестің жылдамдығы 1-9 кезеңдердің жылдамдықтарына тәуелді болса, онда әртекті процесс ауыспалы (аралас) аймақта жүретін болады.

3.3.4 Әртекті процестердің ең жәй сатысын анықтау әдістері

Әртекті процестің қарқындылығын жоғарылату үшін оның анықтаушы сатысын білу өте маңызды. Процестің анықтаушы сатысын тәжірибе жүзінде

әрекеттесуші заттардың айналдыру дәрежесінің ($x_к$) немесе процестің жылдамдығының (ω) әрекеттесу уақытына, бөлшектердің өлшемдеріне немесе температураға тәуеділігін тауып анықтауға болады. 3.11 суретте айналдыру дәрежесінің берілген өлшемдегі бөлшектің салыстырмалы әрекеттесу уақытына теориялық тәуелділігі көрсетілген. Тәжірибелік мәліметтер бойынша алынған қисықтарды 3.11 суретте көрсетілген теориялық қисықтармен салыстыру арқылы процестің анықтаушы сатысын анықтауға болады.



Анықтаушы саты: 1-сыртқы диффузия; 2-ішкі диффузия; 3-химиялық реакция.
3.11 сурет - Айналдыру дәрежесінің x_T салыстырмалы әрекеттесу уақытына тәуелділігі.

Өлшемдері әртүрлі бөлшектер үшін процестің анықтаушы сатысын (3.45) (3.48) және (3.55) теңдеулерінің көмегімен анықтауға болады. Бұл теңдеулерден радиусы $r_{б_1}$ және $r_{б_2}$ бөлшектерінің сәйкесті әрекеттесу уақыттарына τ_1, τ_2, τ_1' және τ_2' жауап беретін қатынастарды алуға болады. Алынған қатынастар сәйкесті анықтаушы сатыны сипаттайды.

Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін процестер үшін:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\tau_2'}{\tau_1'} = \left(\frac{r_{б_1}}{r_{б_2}}\right)^{1,2-2} \qquad (3.70)$$

Ішкідиффузиялық аймақта жүретін процестер үшін:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\tau_2'}{\tau_1'} = \left(\frac{r_{б_1}}{r_{б_2}}\right)^{2} \qquad (3.71)$$

Бірінші ретті химиялық реакция үшін:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\tau_2'}{\tau_1'} = \frac{r_{б1}}{r_{б2}} \qquad (3.72)$$

Гидродинамикалық ереже мен температура өзгерген кезде процесс бір аймақтан басқа аймаққа ауысуы мүмкін, бұл да процестің анықтаушы сатысын анықтауға мүмкіндік береді (3.8 сурет).

Қарастырылған әрекеттеспеген дәні бар кинетикалық модел ұқсас шарттарда "С-Қ" жүйесі үшін де қолданылады.

3.3.5 Әртекті процестерді үдету жолдары

Әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері олардың жүру аймақтарына байланысты болады:

I. Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін процестер үшін процестің жалпы жылдамдығын жоғарылату үшін: 1) ағындардың жылдамдығын жоғарылату;
2) заттардың әрекеттесу бетін үлкейту; 3) қарқынды араластыру; 4) ағындардың қарама–қарсы және қиылысқан бағытын қолдану; 5) қысым қолдану және 6) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату керек.

II. Ішкідиффузиялық аймақта жүретін процестер үшін: 1) түйіршіктердің өлшемдерін азайту; 2) қарқынды араластыру; 3) қатты заттарды ұнтақтау;
4) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату және 5) ағындардың қарама–қарсы және қиылысқан бағытын қолдану керек.

III. Кинетикалық аймақта жүретін процестер үшін: 1) температураны жоғарылату; 2) катализаторлар қолдану арқылы активтілік энергиясын азайту;
3) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату; 4) қарқынды араластыру және 5) ағындардың қарама–қарсы және қиылысқан бағытын қолдану керек.

IV. Ауыспалы (аралас) аймақта жүретін процестер үшін жоғарыда аталған барлық тәсілдер қолданылады.

3.4 Әртекті-катализдік процестер

3.4.1 Катализдік процестердің жалпы сипаттамасы

Химиялық технологияда катализдік процестер кеңінен қолданылады. Катализаторлардың қолданылуымен химиялық реакциялардың жылдамдығын мыңдаған және де миллиондаған есе үдетуге болады. Химиялық өндірістің процестерінің шамамен 70%-ң құрамына катализдік сатылар кіреді. Көптеген

өндірістік процесстер тек қана катализаторлардың қатысуымен жүреді, мысалы: аммиак, азот және күкірт қышқылдарының өндірісі, синтетикалық каучук өндірісі. Көптеген қайтымды экзотермиялық реакцияларда температураның жоғарылауы тепе-теңдікті кері бағытқа ығыстырады, бұл жағдайларда катализаторларды қолдану процесті төмен температурада жүргізуге мүмкіндік береді, мысалы аммиак синтезі, күкірт диоксидінің тотығуы және т.б. Күрделі реакцияларды жүзеге асырудағы катализаторлардың рөлі өте маңызды, себебі олардың таңдаушылық қасиетінің әсерінен тек қана қажетті реакцияның жылдамдығына әсер етуге болады. Мысалы, аммиакты тотықтыру процесінде таңдаушылық әсері бар платиналы катализаторлар қолданылады, олар тек қана негізгі реакцияның (NO газын алу) жылдамдығын жоғарылатып, жанама реакциялардың жылдамдықтарына әсер етпейді. Катализаторлар органикалық синтезде, мұнай өңдеу процесстерінде де кеңінен қолданылады.

Катализ дегеніміз катализаторлардың қатысуымен химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылату процесі. **Катализаторлар** дегеніміз бастапқы реагенттермен аралық қосылыстар түзу арқылы реакцияға қатысып, реакцияның механизмін өзгерту арқылы активтілік энергияны төмендетіп, тепе-теңдікке жету жылдамдығын жоғарылататып, процестің соңында бастапқы химиялық құрамын қалпына келетін заттар.

3.4.2 Катализатордың химиялық реакцияның механизміне әрекет ету принципі

Катализатордың химиялық реакцияның механизміне әсерін катализдік және катализсіз процестерді салыстыру арқылы қарастырамыз (3.12 сурет). Мысал ретінде активтілік энергиясы E_0 болатын бірсатылы $A+B \rightarrow D$ реакциясын қарастырамыз. Катализсіз реакцияның механизмі 1 қисықпен көрсетілген, оны жүзеге асыру үшін E_0 энергиялық кедергіні өту қажет. Катализатор қолданған кезде реакцияның механизмі өзгереді, ол бірнеше кезектескен сатылар арқылы жүретін болады (2 қисық).

Катализді өзгерістің механизмінің екі физикалық моделі болуы мүмкін:

1) Бірінші модель бойынша алдымен бастапқы реагенттер катализатормен әрекеттесіп «реагент-катализатор» аралық қосылыстар түзеді. Содан кейін олар бір-бірімен әрекетесіп «өнім-катализатор» аралық қосылысы түзіліп, десорбция нәтижесінде өнім мен катализаторға ыдырайды. Яғни $A+B \rightarrow Д$ жалпы реакциясы келесі сатылардан тұрады:

1. $A+K \leftrightarrow AK^{\#}$

2. $В+К \leftrightarrow ВК^{\#}$

3. $АК^{\#}+ВК^{\#} \leftrightarrow АВК^{\#}$

4. $АВК^{\#} \rightarrow Д+К$

мұндағы: К - катализатордың активті ортасы; $АК^{\#}$, $ВК^{\#}$, $АВК^{\#}$ - катализатордың бетіндегі активті аралық қосылыстар.

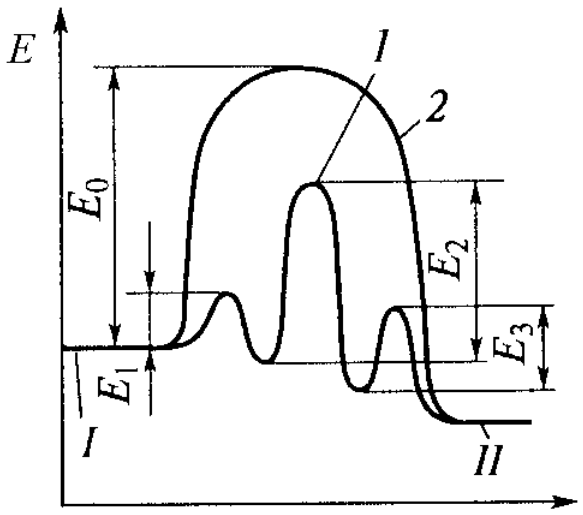
2) Екінші модель бойынша алдымен бір реагент сіңіріледі (мысалы «А» реагенті), содан кейін пайда болған аралық қосылыс газды ортада екінші реагенттің молекулаларымен әрекеттеседі, яғни келесі реакциялар жүреді:

1. $А+К \leftrightarrow АК^{\#}$

2. $АК^{\#}+В \leftrightarrow ВАК^{\#}$

3. $ВАК^{\#} \rightarrow Д+К$

Бұл кезектескен сатылардың әрқайсысының активтілік энергиясының өзіне тән мәні болады, олардың қосындысы E_0 активтілік энергиясының мәнінен әлдеқайда төмен болады. Аррениус теңдеуіндегі (3.31 теңдеуі) экспоненциалдық тәуелділіктің әсерінен активтілік энергиясының мәні аз өзгергенімен реакцияның жылдамдық тұрақтысы елеулі өзгереді, яғни химиялық реакцияның да жылдамдығы елулі жоғарылайды. Демек, катализатолардың қатысында реакция энергетикалық тиімді жолмен жүреді.



Реакцияның механизмі

Энергетикалық деңгейлер: I – бастапқы реагенттер, II – реакция өнімдері; 1-катализсіз реакцияның механизмі, 2-катализдік реакцияның механизмі.

3.12 сурет - Катализдік және катализсіз реакциялардың энергетикалық диаграммасы.

Реакциялық қоспаның бастапқы (I) және соңғы (II) энергетикалық жағдайлары катализатормен де катлизаторсыз да бірдей болады, яғни

катализатор химиялық тепе-теңдік шарттарын өзгерте алмайды. Катализатордың рөлі тек қана тепе-теңдікке жету жылдамдығын өзгертуде. Катализаторлар тек қана термодинамикалық шешілген процестердің жылдамдықтарын жоғарылатады.

Катализаторлардың үдетуші әсері - катализаторлардың қатысуымен реакциялық жолды өзгерту арқылы химиялық реакцияның активтілік энергиясын төмендету болып саналады. Катализаторлардың қолданылуымен реакциялық жолдың өзгеруі кезінде реакция бірнеше элементарлы сатылар арқылы жүреді. Бұл сатылар катализаторсыз жүретін реакцияға қарағанда өте аз активтілік энергияны қажет етеді. Аррениус теңдеуіне сәйкесті (3.31 теңдеу) активтілік энергиясы неғұрлым аз болса, соғұрлым реакцияның жылдамдық тұрақтысы жоғары болады, яғни реакцияның жылдамдығы жоғары болады. Яғни, катализаторлар реакцияның жылдамдық түрақтысын шексіз көтерілуімен сипатталады, бірақ катализаторлар процесстің қозғаушы күшіне әсер етпейді.

3.4.3 Катализдік процестерді жіктеу

Катализді процесстерді жіктеу келесі белгілері бойынша жүзеге асырылады:

1) процесске қатысатын бастапқы заттардың, өнімдердің және қолданылатын катализаторлардың агрегаттық күйі бойынша: біртекті және әртекті катализ.

Біртекті катализ газды немесе сұйық (араласатын) фазада жүреді. Біртекті катализдің механизмі бойынша реагенттер мен катализаторлар тұрақсыз аралық қосылыстар түзеді, олар ыдырағаннан кейін реакция өнімі түзіледі, ал катализатор бастапқы қалпына келеді. Біртекті катализатордың жылдамдығына әрекеттесуші затттар мен катализатордың концентрациясы, температура, қысым және араластыру дәрежесі әсер етеді. Олардың әсері біртекті процестердің жалпы кинетикалық заңдылықтарына сәйкесті болады. Біртекті катализ кинетикалық аймақта жүреді, оның жылдамдығы өте жоғары болады. Бірақ біртекті катализдің негізгі кемшілігі реакциялық қоспадан катализаторды бөліп алу болғандықтан, ол өнеркәсіптік жағдайда сирек қолданылады.

Әртекті катализ өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. Көбінесе өндірістік әртекті катализді процесстер қатты катализаторлардың колданылуымен газды заттардың арасында жүретін реакцияларға негізделген.

2) автокатализді процесстер - бұл процесстерде жартылай немесе соңғы өнімдердің біреуі катализатор ретінде қолданылады. Мысал ретінде қопарғыш

заттардың кейбір ыдырау реакцияларын, жану, полимеризация және т.б. реакцияларды келтіруге болады.

3) микрогетерогенді катализ дегеніміз біртекті катализдің әртекті катализге ауысу кезіндегі катализ.

4) катализаторлардың әсері бойынша:

а) оң катализ - катализатор негізгі химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін қолданылады.

ә) теріс катализ - катализаторлар жанама реакциялардың жылдамдығын төмендету үшін қолданылады. Жанама реакциялардың жылдамдығын төмендететін катализаторлар **ингибиторлар** деп аталады. Мысалы, сақтау барысында сұйық отындарды тотығудан қорғау үшін олардың құрамына ингибиторлар (фенолдар) қосады.

б) процесстердің жылдамдығына әсер етпейтін, бірақ оның температурасын төмендететін катализаторларды қолдану. Мысал ретінде фосфордың жану процесін келтіруге болады: оттегінің артық мөлшерін қолдану процестің жылдамдығын 3500^0C-ден шамамен 1700^0C-ге дейін төмендетеді.

Өндірісте қолданылатын катализаторлар газ, сұйық және қатты күйде болады. Мысалы ретінде, газды катализаторларға күкірт қышқылын нитрозалық әдіспен алуда қолданылатын азот оксидтері, сұйыққа – органикалық синтезде қолданылатын күкірт және фосфор қышқылдарын, поликонденсация реакцияларында қолданылатын тұз қышқылын немесе аммиак суын келтіруге болады. Өндірістік жағдайда қатты катализаторлар өте көп қолданылады. Оларға металдар, олардың оксидтері мен тұздары жатады. Мысалы, платина, темір, темір оксиді, ванадий оксиді және т.б.

3.4.4 Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамалары

Қатты катализаторлар түйіршектер немесе таблеткалар түрінде жасалып қолданылады. Қатты катализаторлардың активтілігі оның химиялық құрамымен және кеуектілігімен анықталады. Катализатордың кеуектілігі ретінде түйіршіктің пішіні, кеуектердің көлемі мен мөлшерлері және түйіршіктердің ішкі ауданының жиынтығы қарастырылады.

Қатты катализаторлардың негізгі технологиялық сипаттамаларына активлігі, жұмыс температурасы, таңдаушылық әсері, улануға төзімділігі, жылуға төзімділігі, механикалық төзімділігі, арзандылығы және қол жетімділігі жатады.

1) **Катализатордың активтілігі** – оның негізгі сипаттамасы болып саналады, ол бастапқы реакцияның жылдамдығымен салыстырғандағы катализатордың үдетуші әсерінің мөлшерін көрсетеді:

$$A = \frac{k_{kt}}{k} = \frac{k_{0kt} e^{-\frac{E_{kt}}{RT}}}{k_0 e^{-\frac{E_0}{RT}}} \qquad (3.73)$$

мұндағы: k_{kt} және k - катализдік және катализсіз реакциялардың жылдамдық тұрақтылары; k_{0kt} және k_0 - сәйкесінше экспоненциал алдындағы тұрақтылар; E_{kt} и E_0 – сәйкесті реакциялардың активтілік энергиялары.

k_{0kt} және k_0 мәндері шамамен бірдей деп саналады, сонда:

$$A = e^{\frac{E_0 - E_{kt}}{RT}} = e^{\frac{\Delta E}{RT}}, \qquad (3.74)$$

мұндағы: ΔE - катализатордың әсерінен активтілік энергиясының азаюы, $\Delta E = E - E_{кат}$.

3.74 теңдеуінен активтілік энергиясы неғұрлым төмендесе соғұрлым катализатордың активтілігі жоғары болатынын көруге болады. Мысалы, ванадий катализаторның қатысуымен $T=420^0C$ жүретін $2SO_2+O_2 \Leftrightarrow 2SO_3$ реакцияның активтілік энергиясы E_0=420кДж/мольК, ал E_{kt}=268кДж/мольК. Сонда (3.74) теңдеуінен $A = e^{\frac{\Delta E}{RT}} = e^{\frac{420000-268000}{8,31*693}} = e^{26,4} = 3 \cdot 10^{11}$. Яғни, катализатор реакцияның жылдамдығын миллиондаған рет жоғарылатуы мүмкін.

Катализатордың активтілігін келесі теңдеумен де көрсетуге болады:

$$A = \omega_{кат} - \omega\,(1 - \varphi_{кат}) \qquad (3.75)$$

мұндағы: $\omega_{кат}$ және ω – сәйкесінше катализатордың қолданылуымен және қолданылуынсыз жүретін реакциялардың жылдамдықтары; $\varphi_{кат}$ - реакциялық аймақтағы катализатордың көлемінің үлесі.

Немесе катализатордың активтілігін катализді процесстің қарқындылығы арқылы да көрсетуге болады:

$$A = G_{өн} / \nu\tau \qquad (3.76)$$

мұндағы: $G_{өн}$ - «τ» уақыт аралығында өндірілген өнімнің мөлшері.

Жалпы алғанда катализатордың активтілігіне әсер ететін факторларды келесі функционалдық тәуелділік түрінде көрсетуге болады:

$$A = f(C_{кат}, C_а, C_{бас}, C_{өн}, C_{қос}, T, P, S_{үл}, d_т, \boldsymbol{r}, \omega', M_{бас}, M_{өн}, ...) \qquad (3.77)$$

мұндағы: $C_{кат}$, $C_а$, $C_{бас}$, $C_{өн}$, $C_{қос}$ – сәйкесінше катализатордың, активатордың, бастапқы реагенттердің, өнімнің және қоспалардың концентрациялары; T - температура; P - қысым; $S_{үл}$ - катализатордың үлестік ауданы; $d_т$ -

катализаторлар түйіршектерінің орташа мөлшері; $r_э$ - катализаторлардың кеуектерінің эквивалентті радиусы; $M_{бас}$, $M_{өн}$ - бастапқы реагенттердің және өнімдердің молярлық салмақтары; ω' - ағынның сызықтық жылдамдығы.

Катализатордың активтілігінің қандайда бір параметрге тәуелділігі тұрақты емес, сондықтан активтіліктің қандайда бір параметрге тәуелділігін тәжірибе жүзінде анықтау үшін қалған параметрлердің барлығын тұрақты деп алады.

Катализатордың активтілігін жоғарылату үшін оған аз мөлшерде қоспалар қосады, бұл процесті **промоторлау** деп атайды. Промоторлау нәтижесінде қоспа катализатормен химиялық әрекеттесіп оның бетінде катализдік активтілігі жоғары өнімдер түзеді немесе катализатордың дисперстігін жоғарылатады. Мысалы, күкірт диоксидін тотықтыру реакциясында қолданылатын ванадий оксидті катализатордың активтілігін жоғарылату үшін натрий немесе калий оксидтерін қосады, промоторлау нәтижесінде катализатордың активтілігі жүздеген есе артады.

2) **Катализатордың жұмыс температурасы** – катализатордың әсер ету температурасының ең төмен мәні.

Өндірістік жағдайда жұмыс температурасы төмен катализаторларды қолдану тиімді, себебі бұл жағдайда реакциялық қоспаны қыздыруға шығындалатын энергияның мөлшері азаяды. Мысалы, күкірт диоксидін тотықтыру үшін жұмыс температурасы 550^0 темір оксидті (Fe_2O_3) немесе 440^0 ванадий оксидті (V_2O_5) катализаторлар қолданылуға болады. Ванадий оксидті катализаторларды қолдану тиімді және тотығу дәрежесі шамамен 99% құрайды, ал темір оскидті катализатор қолданған кезде тотығу дәрежесі шамамен 75% құрайды.

3) **Катализатордың таңдаушылығы** дегеніміз оның мақсатты реакцияның жылдамдығын жоғарылату қабілеті. Күрделі реакцияларда таңдаушылық әсері бар катализаторларды қолдану мақсатты реакцияның жылдамдығын және процестің қарқындылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Катализатордың таңдаушылық әсері органикалық заттар өндірісінде аса маңызды болып табылады. Катализатордың таңдаушылық әсері келесі формуламен анықталады:

$$S_{кат.} = \frac{G_H}{G} = \frac{Gн}{Gн + G_{жан}} \qquad (3.78)$$

мұндағы: G_H - бастапқы заттардың негізгі өнімге айналған мөлшері, моль немесе кг; $G_{жан}$ - бастапқы заттардың жанама реакцияға түскен мөлшері; G - бастапқы заттың реакцияға түскен жалпы мөлшері.

4) **Катализатордың улануы** дегеніміз контактілік у деп аталатын заттардың әсерінен катализатордың активтілігінің жартылай немесе толық жоғалуы. Контактілік улар әдетте бастапкы реагенттермен қоспа түрінде келіп түседі. Улану қайтымды және қайтымсыз болып бөлінеді. Қайтымды улану кезінде катализатордың активтілігі тек қана у бар кезінде төмендейді. Таза қоспа келіп түскен кезде удың катализатормен косылысы ыдырап, сіңірілген у реакция өнімдерімен бірге бөлініп шығарылады. Қайтымсыз улану кезінде катализатордың активтілігін қалпына келтіру үшін химиялық тазарту әдістері қолданылады. Катализаторды уланудан сактау үшін реакциялық қоспаны алдын ала тазалау кажет.

5) Маңызды технологиялық сипаттама ретінде әрекеттесуші заттардың катализаторымен **әрекеттесу уақыты** қолданылады:

$$\tau = V_{бос.} / V_к \qquad (3.79)$$

мұндағы: $V_{бос.}$ – катализатордың бос көлемі, $м^3$; $V_к$ – катализатор арқылы өтетін реакциялық қоспаның көлемі, $м^3/с$.

Осы параметрді қолдану арқылы аппараттың жоба есебін шығаруға болады.

Тәжірибе жүзінде көбінесе жалған әрекеттесу уақыты қолданылады:

$$\tau = V_{кат.} / V_к \qquad (3.80)$$

мұндағы: $V_{кат.}$– катализатор қабатының көлемі, $м^3$.

Әрекеттесу уақыты жоғарылаған кезде өнімнің шығымы жоғарылайды, ал түйістіру аппаратының қарқындылығы ($Қ=G/\tau$) төмендейді. Әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату процесстің жылдамдығын жоғарылатады, бірақ бұл жағдайда олар катализатордың активтілігін төмендетуі мүмкін.

3.4.5 Өнеркәсіптік катализаторларға қойылатын талаптар

Өндірісте қолданылатын қатты катализаторларға қойылатын талаптар:

1) Өнімділігі жоғары.
2) Активтілігі жоғары.
3) Таңдаушылық әсері жоғары.
4) Улануға төзімді.
5) Жылуға төзімділігі жоғары – катализатор жұмыс температурасынан 50-100^0C температураға төзімді болуы керек.
6) Катализатордың жылуалмастыру шарттары жақсы болуы керек.
7) Катализатор аппараттың тұрақты жұмысын қамтамасыз етуі керек.

8) Механикалық төзімділігі жоғары – катализатор механикалық әсерлерге төзімді болуы керек.

8) Арзан және қол жетімді болуы керек.

3.4.6 Әртекті-катализдік процестердің кинетикасы

Қатты катализатордың бетінде жүретін әртекті-катализдік процесс күрделі көпсатылы процесс болып табылады, оның кинетикасы әртекті катализдік процестің кинетикасына ұқсас болып келеді. Қатты кеуекті катализаторлардың бетінде жүретін катализ процесі келесі элементарлы сатылардан тұрады:

1) әрекеттесуші заттардың ағынның дәнінен катализаторлардың түйіршектерінің сыртқы бетіне диффузиясы;

2) әрекеттесуші заттардың катализатор түйіршігінің ішкі кеуектеріндегі диффузиясы;

3) катализатордың қабатындағы активті адсорбция (хемосорбция) нәтижесінде «реагент- катализатор» активтік аралық қосылыстың пайда болуы;

4) активтендірленген атомдардың қайта топталуының нәтижесінде «өнім-катализатор» беттік аралық қосылыстың пайда болуы;

5) өнімнің катализатордың бетінен десорбциясы;

6) өнімнің катализатор түйіршектерінің ішкі кеуектеріндегі диффузиясы;

7) өнімнің катализатор түйіршігінің бетінен ағынның ядросына диффузиясы.

Адсорбция физикалық адсорбция және хемосорбция болып екіге бөлінеді. Физикалық адсорбция Ван-дер-Ваальс күштеріне, яғни молекулааралық күштерге негізделген. Катализдік процестерде хемосорбция немесе активтендірілген адсорбция өте маңызды рөл атқарады. Бұл процестің нәтижесінде реагенттер адсорбенттің бетімен әрекеттесіп тұрақсыз аралық активтендірілген қосылыстар түзіледі.

Адсорбция процесінің жылдамдығы адсорбцияланған молекулалардың беттік концентрацияларына пропорционал болады. Тәжірибе жүзінде катализатордың бетінде адсорбция-десорбциялық тепе-теңдік орын алады. Адсорбаттың молекулаларының адсорбенттің беті мен газды фазаның арасында тең үлестірілуі бойынша реагенттердің беттік концентрациялары туралы мәліметтер алуға болады. Бұл үлестірілу температураға, қысымға, адсорбент пен адсорбаттың табиғатына және адсорбенттің ауданына тәуелді болады.

Ленгмюрдің адсорбция изотермасын қорытындылауды қарастырамыз. Адсорбция баяу жүреді деп қабылдаймыз, яғни процесс адсорбциялық аймақта

жүреді. Адсорбция изотермиясының теңдеуін алу үшін тепе-теңдік жағдайда адсорбция және десорбция жылдамдықтары тең деп қарастырылады. Катализатордың толық бетін бір, ал адсорбцияланған молекуларлар орналасқан аудандын «θ» деп аламыз. Сонда катализатордың адсорбция жүретін беті (1-θ)-ға тең болады. Адсорбция жылдамдығы келесі теңдеу бойынша есептеледі:

$$\omega_{адс} = k_a c(1-\theta) \qquad (3.81)$$

мұндағы: k_a - адсорбцияның жылдамдық тұрақтысы.

Десорбция жылдамдығы тек қана беттік активті орталардың адсорбат молекулаларымен толтырылу дәрежесіне байланысты болады:

$$\omega_{дес} = k_d\theta \qquad (3.82)$$

мұндағы: k_d - десорбцияның жылдамдық тұрақтысы.

Тепе-теңдік жағдайда $\omega_{адс} = \omega_{дес}$. Сонда

$$k_a c(1-\theta) = k_d\theta \qquad (3.83)$$

Адсорбциялық коэффициент (b) адсорбция және десорбцияның жылдамдық тұрақтыларының қатынасына тең:

$$\mathrm{b} = k_a / k_d \qquad (3.84)$$

Осы теңдеулерді қолдана отырып Ленгмюрдің адсорбция изотермасының теңдеуін аламыз:

$$\theta = \frac{bc}{1+bc} \qquad (3.85)$$

Бұл теңдеуден катализатордың бетінің адсорбатпен толтырылу дәрежесі адсорбциялық коэффициентке және реагенттердің концентрацияларына тәуелді екенін көруге болады. Адсорбциялық коэффициент температураға және адсорбция процесінің жылуына (адсорбат пен абсорбенттің әрекеттесу энергиясына) тәуелді болады.

$$b = b_0 e^{\frac{\lambda}{RT}} \qquad (3.86)$$

мұндағы: b_0 - экспоненциал алдындағы тұрақты; λ - адсорбция процесінің жылуы.

Бұл тәуелдіктен температураның жоғарылауымен адсорбциялық коэффициент төмендейтінін көруге болады, соның нәтижесінде реагенттердің адсорбция дәрежесі, яғни осы сатының жылдамдығы төмендейді. Демек, катализдік процестердің адсорбция-десорбция сатысының жылдамдығына температура және әрекеттесуші заттардың концентрациясы әсер етеді.

Сондықтан, әртекті-катализдік процестердің адсорбция-десорбция сатысының жылдамдығын жоғарылату үшін әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылатып, процесті мүмкіндігінше төмен температурада жүргізу керек.

3.4.7 Әртекті-катализдік процестерді үдету жолдары

Әртекті катализді процесстің жалпы жылдамдығы бөлек сатылардың салыстырмалы жылдамдықтарына байланысты және ең жай жүретін сатының жылдамдығымен анықталалды.

Егер процестің жылдамдығы 1 және 7-ші сатылардың жылдамдығымен анықталса, онда процесс сыртқыдиффузиялық аймақта жүреді. Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін процестің жылдамдығына ағындардың сызықтық жылдамдығы әсер етеді, яғни процестің жылдамдығын жоғарылату үшін ағындарды турбуленттеу керек.

2 және 6-шы сатылардың жылдамдықтары ішкідиффузиялық аймақта жүретін процесті көрсетеді. Ішкідиффузиялық аймақта жүретін процестің жылдамдығын жоғарылату үшін катализатордың түйіршіктерінің диаметрін кішірейту және ішкі кеуектерінің радиусын жоғарылату қажет. Бірақ кеуектердің радиусының үлкейуі олардың ішкі қабатының кішірейуіне алып келеді. Сондықтан кеуектердің таңдап алынған мөлшері кезінде олардың ішкі қабатын толық қолдануға жеткілікті тиімді құрылысын табу қажет.

Егер процесстің жылдамдығы 3-5-ші сатылардың жылдамдығымен анықталса, онда процесс кинетикалық аймақта жүретін болады. Кинетикалық аймақта жүретін катализдік процесстердің жылдамдығын үдету үшін температураны жоғарылату қажет.

3.5 Бақылау сұрақтары

1. ХТП және оның негізгі сатылары.
2. Технологиялық ереже және оның негізгі параметрлері.
3. Тиімді технологиялық ереже дегеніміз не?
4. ХТП-ді жіктеу белгілері.
5. ХТП-дегі тепе-теңдік дегеніміз не?
6. Тепе-теңдікке температураның, қысымның және концентрацияның әсері.
7. Температураны шектен тыс жоғарылатудың кері әсерлері.
8. Қысымды шектен тыс жоғарылатудың кері әсері.
9. Әрекеттесуші заттардың қатынасын шектен тыс жоғарылатудың кері әсері.
10. Біртекті химиялық процестер және олардың жылдамдығы.

11. Химиялық реакцияның жылдамдығына әсер ететін факторлар.
12. Процесті тиімді температуралар сызығы бойынша жүргізу дегеніміз не?
13. Біртекті процестерді үдету жолдары мен әдістері.
14. Әртекті химиялық процестер және олардың жылдамдығы.
15. Әртекті процестердің жылдамдығына әсер ететін факторлар.
16. Әртекті процестің негізгі сатылары мен кезеңдері.
17. Әртекті процестердің жүру аймақтары анықтау тәсілдері.
18. Әртекті процестерді үдету жолдары.
19. Өнеркәсіптік катализдің маңызы мен қолдану салалары.
20. Катализдік процестердің механизмі.
21. Катализдік процестерді жіктеу.
21.Катализаторлардың технологиялық сипаттамалары
22.Катализатордың активтілігі және оған әсер ететін факторлар.
23.Қатты катализаторларға қойылатын талаптар.
24.Әртекті катализдің элементарлы сатылары.
25.Әртекті-катализдік процестерді үдету жолдары.

4 Тестік тапсырмалар

1. Технология дегеніміз не?
А) шикізаттардан өнеркәсіптік өнімдерді өндірудің тиімді әдістері мен процестері туралы ғылым;
В) табиғи шикізаттарды, өнеркәсіптік өнімдерді байыту әдістері мен процестері туралы ғылым;
С) өнеркәсіптік өнімдерді, табиғи шикізаттарды және қалдықтарды пайдалану туралы ғылым;
Д) тірі және жансыз табиғаттың арасындағы байланысты және қайта өңдеу әдістерін зерттейтін ғылым;
Е) табиғи шикізаттарды және өнеркәсіп құралдарын өнеркәсіптік өнімдерге өндіру туралы ғылым;

2. Механикалық технологияда заттардың:
А) химиялық және физикалық қасиеттері өзгереді;
В) сыртқы пішіні, түрі және химиялық қасиеттері өзгереді;
С) сыртқы пішіні, түрі және физикалық қасиеттері өзгереді;
Д) химиялық құрамы және физикалық қасиеттері өзгереді ;
Е) химиялық құрамы мен қасиеттері өзгереді;

3. Химиялық технологияда заттардың:
А) сыртқы пішіні, түрі және физикалық қасиеттері өзгереді;
В) биологиялық және физикалық қасиеттері өзгереді;
С) химиялық құрамы мен қасиеттері өзгереді;
Д) сыртқы пішіні, түрі және химиялық қасиеттері өзгереді;
Е) химиялық құрамы және физикалық қасиеттері өзгереді;

4. Өндіріс тәсілі дегеніміз:
А) энергияның одан өнім алуға дейін өтетін барлық операциялардың жиынтығы;
В) шикізаттар мен өнімдерді өңдеуге дайындау операциялары мен процестерінің жиынтығы;
С) өнімдерді бөлу, тазарту және жеткізу операциялары мен процестерінің жиынтығы;

Д) шикізаттың одан өнім алуға дейін өтетін барлық операциялардың жиынтығы;

Е) шикізаттарды дайындау, бөлу және тазарту операциялары мен процестерінің жиынтығы;

5. Мерзімді процестің сипаттамасы:

А) барлық сатылары бір уақытта жүреді;

В) тиеу және шығару кезеңдеріндегі тоқтаулар;

С) үздіксіз жұмыс істеу мүмкіндігі;

Д) жоғары өнімділігі мен қарқындылығы;

Е) автоматтандыру және басқару мүмкіндігі;

6. Мерзімді процестердің кемшіліктері:

А) өнімнің шығымы төмен;

В) өнімнің сапасы жоғары;

С) механикаландыру дәрежесі жоғары;

Д) процестің жылдамдығы төмен;

Е) процестің ұзақтығы;

7. Мерзімді процестердің кемшіліктері:

А) өнімнің шығымы төмен;

В) өнімнің сапасы жоғары;

С) механикаландыру дәрежесі жоғары;

Д) процестің жылдамдығы төмен;

Е) параметрлерінің тұрақсыздығы;

8. Мерзімді процестердің кемшіліктері:

А) процестің автоматтандыру дәрежесі жоғары;

В) автоматтандыру және механикаландыру күрделілігі;

С) процестің механикаландыру дәрежесі жоғары;

Д) процестің жылдамдығы төмен;

Е) өнімнің шығымы және сапасы төмен;

9. Үздіксіз процестердің артықшылығы:

А) сатылардың көптігі;

В) процестің ұзақтығы;

С) қарапайым жабдықтар;
Д) өнімділігі жоғары;
Е) араластырудың жоқтығы;

10. Үздіксіз процестердің артықшылығы:
А) процесті автоматтандыру дәрежеі жоғары;
В) автоматтандыру және механикаландыру күрделілігі;
С) процестің механикаландыру дәрежесі төмен;
Д) процестің жылдамдығы төмен;
Е) өнімнің шығымы және сапасы төмен;

11. Үздіксіз процестердің артықшылығы:
А) сатылардың көптігі;
В) процестің ұзақтығы;
С) өнімнің жоғары сапасы;
Д) қарапайым жабдықтар;
Е) араластырудың жоқтығы;

12. Химиялық өндіріс (ХӨ):
А) физикалық, биологиялық және химиялық құбылыстардың жиынтығы;
В) физикалық, механикалық және массааламасу процестердің жиынтығы;
С) тиімді аспаптар мен қондырғыларда жүретін операциялардың жиынтығы;
Д) тиісті машиналар мен аппараттарда жүретін операциялардың жиынтығы;
Е) химиялық және биологиялық құбылыстар мен процестердің жиынтығы;

13. Химиялық өндірістің сатылары:
А) химиялық айналдыру→өнімді бөлу және тазарту→шикізатты дайындау;
В) химиялық айналдыру → шикізатты дайындау → өнімді бөлу және тазарту;
С) өнімді бөлу және тазарту→ химиялық айналдыру→шикізатты дайындау;
Д) шикізатты дайындау→өнімді бөлу және тазарту→химиялық айналдыру;
Е) шикізатты дайындау → химиялық айналдыру → өнімді бөлу және тазарту;

14. Шикізатты дайындау операцияларына заттарға:
А) химиялық әсер ету операциялары кіреді;
В) физикалық әсер ету операциялары кіреді;

С) физика-химиялық әсер ету операциялары кіреді;
Д) биологиялық өңдеу операциялары кіреді;
Е) биохимиялық өңдеу операциялары кіреді;

15. Химиялық технологияның негізгі процестері:
А) ректификациялық, гидромеханикалық, жылулық, массаалмасу, химиялық;
В) химиялық, гидромеханикалық, жылулық, массаалмасу, абсорбциялық;
С) механикалық, гидромеханикалық, жылулық, массаалмасу, химиялық;
Д) механикалық, гидростатикалық, жылулық, массаалмасу, химиялық;
Е) химиялық, гидромеханикалық, жылуалмасу, массаалмасу, биологиялық;

16. Химиялық технологияда қолданылатын механикалық процестер:
А) қатты заттарды айдау, араластыру, іріктеу және тасымалдау;
В) газдарды сіңіру, араластыру, іріктеу және тасымалдау;
С) қатты заттарды майдалау, сұйықтықтарды араластыру және тасымалдау;
Д) қатты заттарды майдалау, араластыру, іріктеу және тасымалдау;
Е) қатты заттар мен сұйықтықтарды араластыру және тасымалдау;

17. Гидромеханикалық процестер:
А) тұндыру, сүзу, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және жалған сұйылту;
В) буландыру, сүзу, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және жалған сұйылту;
С) тұндыру, буландыру, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және жалған сұйылту;
Д) сүзу, буландыру, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және жалған сұйылту;
Е) тұндыру, сүзу, сұйықтықтар мен газдарды тасымалдау, араластыру және ректификациялау;

18. Жылулық процестер:
А) қыздыру, салқындату, буландыру және конденсациялау;
В) сүзу, салқындату, буландыру және конденсациялау;
С) қыздыру, сіңіру, буландыру және конденсациялау;
Д) қыздыру, салқындату, буландыру және ректификациялау;
Е) қыздыру, салқындату, буландыру және абсорбциялау;

19. Массаалмасу процестері:
А) адсорбция, десорбция, ректификация, экстракция, буландыру және кептіру;
В) қыздыру, адсорбция, десорбция, ректификация, экстракция және кептіру;
С) абсорбция, адсорбция, салқындату, ректификация, экстракция және кептіру;
Д) абсорбция, адсорбция, ректификация, экстракция, диффузия және кептіру;
Е) абсорбция, адсорбция, десорбция, ректификация, экстракция және кептіру;

20. Химиялық процестер дегеніміз жылу және массаалмасу құбылыстарымен қатар жүретін:
А) екі немесе үш химиялық реакциялардың жиынтығы;
В) тек қана бір химиялық реакция;
С) бірнеше физикалық процестердің жиынтығы;
Д) физика-химиялық реакциялардың жиынтығы;
Е) бір немесе бірнеше химиялық реакциялардың жиынтығы;

21. Негізгі технологиялық компоненттер:
А) негізгі шикізат, жартылай өнімдер, негізгі және жанама өнімдер, өндіріс қалдықтары, су және энергия қорлары;
В) көмекші шикізат, жартылай өнімдер, негізгі және жанама өнімдер, өндіріс қалдықтары, су және энергия қорлары;
С) шикізат, жартылай өнімдер, негізгі және жанама өнімдер, өндіріс қалдықтары және энергия қорлары;
Д) шикізат, жартылай өнімдер, негізгі және жанама өнімдер, өндіріс қалдықтары, су және энергия қорлары;
Е) өнімдер, жартылай өнімдер, негізгі және жанама шикізаттар, өндіріс қалдықтары, су және энергия қорлары;

22. Химиялық өндірістің технологиялық көрсеткіштері**:**
А) өнімділік, қарқындылық, өнімнің өзіндік құны мен сапасы, капиталды шығындар, жұмыс өнімділігі;
В) айналдыру дәрежесі, өнімнің шығымы, шығын коэффициенттері, таңдаушылық, өнімнің сапасы;
С) өнімділік, қарқындылық, өнімнің шығымы, өнімнің өзіндік құны мен сапасы, таңдаушылық;
Д) өнімнің шығымы, өнімнің өзіндік құны, сапасы, айналдыру дәрежесі, таңдаушылық, өнімнің сапасы;

Е) айналдыру дәрежесі, таңдаушылық, өнімнің өзіндік құны, өнімнің сапасы, процестің жылдамдығы;

23. Айналдыру дәрежесі дегеніміз реакцияға түскен заттың мөлшерінің:
А) осы заттың соңғы қоспадағы жалпы мөлшеріне қатынасы;
В) осы заттың бастапқы қоспадағы жалпы мөлшеріне қатынасы;
С) өнімнің бастапқы қоспадағы мөлшеріне қатынасы;
Д) бастапқы заттардың жалпы мөлшеріне қатынасы;
Е) осы заттың соңғы қоспадағы қалған мөлшеріне қатынасы;

24. Өнімнің шығымы дегеніміз өнімнің тәжірибе жүзінде алынған мөлшерінің:
А) оның бастапқы қоспадағы мөлшеріне қатынасы;
В) заттың соңғы өнімдегі мөлшеріне қатынасы;
С) оның теориялық алынуға қажет мөлшеріне қатынасы;
Д) шикізаттың бастапқы мөлшерін қатынасы;
Е) шикізаттың тәжірибе жүзінде алынған мөлшеріне қатынасы;

25. Таңдаушылық дегеніміз негізгі өнімнің мөлшерінің:
А) барлық өндірілген өнімдердің мөлшеріне қатынасы;
В) қосымша өнімдердің мөлшеріне қатынасы;
С) негізгі шикізаттың мөлшеріне қатынасы;
Д) көмекші шикізаттың мөлшеріне қатынасы;
Е) барлық шикізаттардың мөлшеріне қатынасы;

26. Шығын коэффициенттері дегеніміз өнімнің қандай да бір бірлігін өндіруге шығындалатын :
А) шикізаттардың, абсорбенттердің, будың, судың, жылудың және энергияның мөлшері;
В) негізгі заттардың, көмекші материалдардың, будың, жылудың және энергияның мөлшері;
С) жұмысшылардың жалақысының, көмекші материалдардың, судың және алынатын заттардың мөлшері;
Д) шикізаттардың, көмекші материалдардың, судың, жылудың және энергияның мөлшері;
Е) шикізаттардың, көмекші материалдардың, судың және алынатын заттардың мөлшері;

27. Химиялық өндірістің экономикалық көрсеткіштері:
А) айналдыру дәрежесі, өнімнің шығымы, таңдаушылық, шығын және шығым коэффициенттері;
В) өнімділік, қарқындылық, өнімнің шығымы, өнімнің өзіндік құны, айналдыру дәрежесі;
С) айналдыру дәрежесі, таңдаушылық, өнімнің шығымы, өзіндік құны, айналдыру дәрежесі;
Д) айналдыру дәрежесі, таңдаушылық, өнімнің өзіндік құны, өнімділік, қарқындылық;
Е) өнімділік, қарқындылық, өнімнің өзіндік құны, капиталды шығындар, жұмыс өнімділігі;

28. Өндірістің өнімділігі дегеніміз белгілі бір уақыт аралығында:
А) өндірілген өнімнің мөлшері;
В) өңделген шикізаттың мөлшері;
С) өңделген және өндірілген өнімнің мөлшері;
Д) өндірілген энергияның мөлшері;
Е) өңделген энергияның мөлшері;

29. Процестің қарқындылығы дегеніміз:
А) өнімділіктің аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы;
В) айналдыру дәрежесінің аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы;
С) өнімділіктің аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (айналдыру дәрежесіне) қатынасы;
Д) өнімділіктің аппараттың қандайда бір технологиялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы;
Е) өнімнің өзіндік құнының аппараттың қандайда бір геометриялық өлшеміне (көлеміне немесе ауданына) қатынасы;

30. Өнімнің өзіндік құны өнімнің қандайда бір бірлігін өндіруге жұмсалған:
А) шикізаттардың ақшалай көрсеткіші;
В) шығындардың ақшалай көрсеткіші;
С) энергияның шығын коэффициенттері;
Д) процесті басқару жүйесіне жұмсалған шығындар;

Е) шикізаттардың шығын коэффициенттері;

31. Химиялық өндірістің техникалық көрсеткіштері:
А) оның технологиясына байланысты;
В) оның техникалық жетілу дәрежесін көрсетеді;
С) аппараттардың құрылысына байланысты;
Д) процестің технологиялық ережесіне байланысты;
Е) экологиялық қәуіпсіздігін көрсетеді;

32. Химиялық өндірістің әлеуметтік көрсеткіштері:
А) өнімнің шығымы, айналдыру дәрежесі, еңбекті қорғау мәселелері;
В) еңбекті қорғау мәселелері, өнімнің өзіндік құны, таңдаушылық;
С) еңбекті және қоршаған ортаны қорғау мәселелерінің шешілу дәрежесі;
Д) өнімнің өзіндік құны, өнімнің шығымы, шығын коэффиициенттері;
Е) шығын коэффициенттері, өнімділік, қарқындылық, таңдаушылық;

33. Шикізаттар жіктеу белгілері:
А) реакцияға қабілеті, қоры, химиялық құрамы және агрегаттық күйі;
В) физикалық қасиеттері, шығу тегі, химиялық құрамы және агрегаттық күйі;
С) қоры, шығу тегі, химиялық құрамы және физикалық қасиеттері;
Д) шығу тегі, қоры, химиялық құрамы және агрегаттық күйі;
Е) шығу тегі, қоры, физика-химиялық құрамы және ерігіштігі;

34. Шикізаттарды шығу тегі бойынша жіктеу:
А) минералды, өсімдік, синтетикалық;
В) қазып алатын, қатты, жасанды;
С) минералды, сұйық, қазып алынатын;
Д) минералды, өсімдік, жануар;
Е) қатты, сұйық, жасанды;

35. Шикізаттарды қоры бойынша жіктеу:
А) қатты, сұйық, жасанды;
В) минералды, өсімдік, синтетикалық;
С) бейорганикалық және органикалық;
Д) минералды, сұйық, қазып алынатын;
Е) орнына келетін және орнына келмейтін;

36. Шикізаттарды химиялық құрамы бойынша жіктеу:
А) бейорганикалық және органикалық;
В) минералды, өсімдік, синтетикалық;
С) орнына келетін және орнына келмейтін;
Д) минералды, сұйық, қазып алынатын;
Е) қатты, сұйық, жасанды;

37. Шикізаттарды алу жолы бойынша жіктеу:
А) минералды, өсімдік, синтетикалық;
В) бейорганикалық және органикалық;
С) табиғи және жасанды;
Д) орнына келетін және орнына келмейтін;
Е) қатты, сұйық, жасанды;

38. Химиялық өндірістің табиғи шикізаты:
А) бояу;
В) аммофос;
С) фосфорит;
Д) кокс;
Е) бензин;

39. Химиялық өндірістің табиғи шикізаты:
А) суперфосфат;
В) керосин;
С) пластмасса;
Д) колчедан;
Е) этанол;

40. Химиялық өндірістің табиғи шикізаты:
А) шойын;
В) әк тасы;
С) бензин;
Д) фенол;
Е) этанол;

41. Жасанды шикізат:
А) фосфорит ұны;
В) табиғи газ;
С) тас көмір;
Д) кварцит тасы;
Е) резоль шайыры;

42. Жасанды шикізат:
А) фосфорит ұны;
В) табиғи газ;
С) тас көмір;
Д) кварцит тасы;
Е) кокcты газ;

43. Апатит шикізаттың қай түріне жатады:
А) өсімдік;
В) табиғи;
С) жануар;
Д) жасанды;
Е) жанғыш;

44. Мұнай шикізаттың қай түріне жатады:
А) өсімдік;
В) жануар;
С) жасанды;
Д) табиғи;
Е) жанғыш;

45. Шикізат мәселесін шешу жолдарының бірі:
А) шикізат көздерін өндіріске жақындату, яғни арзан жергілікті шикізаттарды қолдану;
В) шикізат көздерін қалаға жақындату, яғни арзан жергілікті шикізаттарды қолдану;
С) өндірісті ауылға жақындату, яғни арзан жергілікті шикізаттарды қолдану;
Д) шикізат көздерін өндіріске жақындату, яғни қымбат жергілікті шикізаттарды қолдану;

Е) шикізат көздерін өндіріске жақындату, яғни сырттан келетін шикізаттарды қолдану;

46. Шикізатты дайындау:
А) өнімнің сапасын нашарлатады;
В) жанама өнімдердің сапасын жақсартады;
С) өнімнің сапасын жақсартады;
Д) процестің жылдамдығын төмендетеді;
Е) процестің жылдамдығын жоғарылатады;

47. Шикізатты дайындау сатысының өнімнің сапасы мен өзіндік құнына әсері:
А) өнімнің сапасына әсер етпейді, өзіндік құнын жоғарылытады;
В) өнімнің сапасын жоғарылатып, өзіндік құнына әсер етпейді;
С) өнімнің сапасын төмендетіп, өзіндік құнынын жоғарылатады ;
Д) өнімнің сапасын жоғарылатып, өзіндік құнын төмендетеді;
Е) өнімнің сапасына әсер етпейді, өзіндік құнын жоғарылытады;

48. Қатты заттарды байыту әдістері:
А) гидромеханикалық, химиялық және физика-химиялық;
В) физикалық (механикалық), химиялық және биологиялық;
С) физикалық (гидромеханикалық) және химиялық;
Д) физикалық (механикалық), биологиялық және физика-химиялық;
Е) физикалық (механикалық), химиялық және физика-химиялық;

49. Қатты заттарды байытудың физикалық (механикалық) әдістері:
А) гидромеханикалық, электромагниттік, электростатикалық және термиялық;
В) гравитациялық, электромагниттік, электростатикалық және термиялық;
С) гравитациялық, электроселерациялық, электростатикалық және термиялық;
Д) гравитациялық, электромагниттік, статикалық және электротермиялық;
Е) электромагниттік, электростатикалық, термиялық және биологиялық;

50. Қатты заттарды байытудың химиялық әдістері:
А) тұндыру, буландыру, балқыту және электростатикалық;
В) гравитациялық және электроселерациялық бөлуге негізделген;
С) тұндыру, буландыру, балқыту және т.б. арқылы бөлуге негізделген;
Д) гравитациялық және электромагниттік бөлуге негізделген;

Е) электрохимиялық және электротермиялық бөлуге негізделген;

51. Сұйық шикізаттар байыту тәсілдері:
А) тұндыру, буландыру, балқыту және электростатикалық;
В) гравитациялық және электроселерациялық бөлуге негізделген;
С) гравитациялық және электромагниттік бөлуге негізделген;
Д) кристалдау, десорбция, буландыру және экстракциялау;
Е) электрохимиялық және электротермиялық бөлуге негізделген;

52. Газды шикізаттарды байыту:
А) оны бөлек компоненттерге бөлу арқылы жүзеге асырылады;
В) тұндыру, буландыру, балқыту және т.б. арқылы бөлуге негізделген;
С) тұндыру, буландыру, балқыту және электростатикалық;
Д) гравитациялық және электроселерациялық бөлуге негізделген;
Е) гравитациялық және электромагниттік бөлуге негізделген;

53. Шикізатты кешенді қолдану:
А) шикізаттың барлық компоненттерін бөліп алу;
В) шикізатты көп мөлшерде өңдеу мен өндіру;
С) шикізатты өңдеу әдістерінің жиынтығы;
Д) шикізатты қайта бастапқы қалпына келтіру;
Е) өндірістің қуатылығы мен өнімділігін көбейту;

54. Ағызынды суларды тазарту әдістері:
А) механикалық, физика-химиялық, химиялық, мембраналық;
В) гидромеханикалық, физика-химиялық, химиялық, биологиялық;
С) термиялық, физика-химиялық, химиялық, биологиялық;
Д) мембраналық, физика-химиялық, химиялық, биологиялық;
Е) механикалық, физика-химиялық, химиялық, биологиялық;

55. Ағызынды суларды тазартудың механикалық әдістері:
А) тұндыру, мөлдірлеу және десорбция;
В) тұндыру, мөлдірлеу және тотықтыру;
С) абсорбция, десорбция және сүзу;
Д) тұндыру, адсорбция және сүзу;
Е) тұндыру, мөлдірлеу және сүзу;

56. Ағызынды суларды тазартудың химиялық әдістері:
А) тұндыру, иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы, бейорганикалық заттардың қоса тұнуы;
В) иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы, бейорганикалық заттардың қоса тұнуы, десорбция және сүзу;
С) тұндыру, қышқылдардың және сілтілердің бейтараптануы, иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы;
Д) қышқылдардың және сілтілердің бейтараптануы, иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы, бейорганикалық заттардың қоса тұнуы;
Е) қышқылдардың және сілтілердің бейтараптануы, иондардың өзгеретін қосылыстарға айналуы, десорбция;

57. Ағызынды суларды тазартудың химиялық әдістерінің негізгі кемшілігі:
А) химиялық реакцияның төмен жылдамдығы;
В) химиялық реагенттердің шығыны;
С) химиялық өнімнің төмен шығымы;
Д) қымбат қондырғылардың қолданылуы;
Е) қымбат реагенттердің қажеттігі;

58. Ағызынды суларды тазартудың химиялық әдістерінің негізгі кемшілігі:
А) химиялық реакцияның төмен жылдамдығы;
В) өте үлкен қолайсыз қондырғылардың қолданылуы;
С) химиялық өнімнің төмен шығымы;
Д) қымбат реагенттердің қажеттігі;
Е) қышқылға төзімді қондырғылардың қолданылуы;

59. Ағызынды суларды тазартудың химиялық әдістерінің негізгі кемшілігі:
А) химиялық реакцияның төмен жылдамдығы;
В) химиялық өнімнің төмен шығымы;
С) жаңа қосылыстардың пайда болуы;
Д) қымбат қондырғылардың қолданылуы;
Е) қымбат реагенттердің қажеттігі;

60. Ағызынды суларды тазартудың физика-химиялық әдістерінің қолданылуы:
А) ағызынды суларды майда дисперсиялық, коллоидтық және ерітілген заттардан тазарту;

В) қалдықты газдарды майда дисперсиялық, коллоидтық және ерітілген заттардан тазарту;
С) қатты қалдықтарды майда дисперсиялық, коллоидтық және ерітілген заттардан тазарту;
Д) ағызынды суларды ірі дисперсиялық, коллоидтық және ерімейтін газдардан тазарту;
Е) ағызынды суларды майда дисперсиялық, ірі коллоидтық және ерітілген газдардан тазарту;

61. Ағызынды суларды тазартудың физика-химиялық әдістері:
А) коагуляция және ректификация, флокуляция, еріткіштермен экстракция, адсорбция және т.б.;
В) еріткіштермен ректификация, флотация, коагуляция және флокуляция, адсорбция және т.б.;
С) флотация, абсорбция және десорбция, еріткіштермен экстракция, адсорбция және т.б.;
Д) флотация, коагуляция және флокуляция, еріткіштермен экстракция, адсорбция және т.б.;
Е) полимеризация, флотация, коагуляция және флокуляция, еріткіштермен экстракция және т.б.;

62. Ағызынды суларды тазартудың биологиялық әдістері:
А) органикалық және бейорганикалық заттардың микроағзалардың әсерінен термохимиялық тотығуына негізделген;
В) бейорганикалық және кейбір органикалық заттардың микроағзалардың әсерінен биологиялық тотығуына негізделген;
С) органикалық және бейорганикалық заттардың микроағзалардың әсерінен химиялық тотығуына негізделген;
Д) органикалық және бейорганикалық заттардың микроағзалардың әсерінен физика-химиялық тотығуына негізделген;
Е) органикалық және кейбір бейорганикалық заттардың микроағзалардың әсерінен биологиялық тотығуына негізделген;

63. Отын дегеніміз химиялық өнеркәсіпте жылулық энергияның көзі және шикізат ретінде қолданылатын табиғи немесе жасанды:
А) жанғыш органикалық зат;

В) жанғыш бейорганикалық зат;
С) жанбайтын органикалық зат;
Д) жанбайтын бейорганикалық зат;
Е) синтетикалық органикалық зат;

64. Отын-энергетикалық қорларын жіктеу белгілері:
А) шығу тегі, қоры және қолданылуы;
В) шығу тегі; қоры және химиялық құрамы;
С) реакцияға қабілеті; қоры және агрегаттық күйі;
Д) шығу тегі және физикалық қасиеттері;
Е) химиялық құрамы және физикалық қасиеттері;

65. Отын-энергетикалық қорларын шығу тегі бойынша жіктеу:
А) минералды және синтетикалық;
В) отындық және отындық емес;
С) газды, қатты, жасанды;
Д) минералды, сұйық, газды;
Е) қатты, сұйық, жасанды;

66. Отын-энергетикалық қорларын қоры бойынша жіктеу:
А) минералды, өсімдік, синтетикалық;
В) қалпына келетін және қалпына келмейтін;
С) бейорганикалық және органикалық;
Д) минералды, сұйық, қазып алынатын;
Е) қатты, сұйық, жасанды;

67. Отын-энергетикалық қолданылуы бойынша жіктеу:
А) минералды, өсімдік, синтетикалық;
В) бейорганикалық және органикалық;
С) бірінші реттік және екінші реттік;
Д) минералды және қазып алынатын;
Е) газ, қатты, сұйық және жасанды;

68.Табиғи отындар:
А) керосин, тас және қоңыр көмір, ағаш, соляр майы;
В) сутегі,тас және қоңыр көмір,керосин, азот;

С) ағаш, табиғи газ, тас және қоңыр көмір, кокс, мұнай;
Д) тас және қоңыр көмір, ағаш, табиғи газ, мұнай;
Е) тас және қоңыр көмір, жартылай кокс, коксты газ;

69. Жасанды отындар:
А) лигроин, мұнай;
В) тас көмір;
С) табиғи газ, оттегі;
Д) кокс, керосин;
Е) мұнай, ағаш;

70. Қатты отынның технологиялық көрсеткіштері:
А) ылғалдылық, жылуғатөзімділік, күлділік;
В) ұшпа заттар, жылуға төзімділік, ылғалдылық;
С) күлділік, таңдаушылық, ылғалдылық;
Д) ылғалдылық, таңдаушылық, күлділік;
Е) ылғалдылық, күлділік, ұшпа заттар;
71. Қатты отынның энергетикалық көрсеткіші:
А) ылғалдылықтың, күлділіктің және ұшпа заттардың құрамы;
В) 1 л отынды отынды жаққан кезде бөлінетін жылудың мөлшері (кмоль);
С) 1 кг отынды жаққан кезде бөлінетін жылудың мөлшері (кмоль);
Д) 1 л отынды отынды жаққан кезде бөлінетін жылудың мөлшері (кДж);
Е) 1 кг отынды жаққан кезде бөлінетін жылудың мөлшері (кДж);
72. Энерготехнологиялық жүйе:
А) процестің параметрлерінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді;
В) шикізат пен энергияның толық қолданылуын қамтамасыз етеді;
С) концентрация мен қысымның тұрақтылығын қамтамасыз етеді;
Д) энергия мен температураның толық қолданылуын қамтамасыз етеді ;
Е) шикізат пен температураның толық қолданылуын қамтамасыз етеді;
73. Химия-технологиялық жүйе (ХТЖ) дегеніміз берілген сапалы және қажетті мөлшерде өнім өндіруге бағытталған:
А) тиісті қондырғыларда, машиналар мен аппараттарда жүретін физикалық операциялардың жиынтығы;
В) өнімдерді зиянды қоспалардан тазартуға бағытталған физикалық және химиялық операциялардың жиынтығы;

С) тиісті машиналар мен аппараттарда жүретін жылулық және массатасымалдау операциялардың жиынтығы;

Д) физика-химиялық процестердің және оларды жүзеге асыру үшін қолданылатын құралдардың жиынтығы;

Е) сәйкесті машиналар мен қондырғыларда жүретін физикалық және химиялық операциялардың жиынтығы;

74. ХТЖ-ң элементі дегеніміз ішінде:

А) химия-технологиялық процесс жүретін аппарат;

В) физика-химиялық процесс жүретін аппарат;

С) биологиялық процестер жүретін қондырғы;

Д) әртүрлі өзгерістер жүретін аспап;

Е) химия-термиялық процесс жүретін аппарат;

75. ХТЖ-ң сипаттамалы белгісі:

А) сапасы жоғары;

В) өнімнің шығымы;

С) жалпы мақсаты;

Д) қарқындылық;

Е) таңдаушылық;

76. ХТЖ-ң сипаттамалы белгісі:

А) өнімнің жоғары сапасы;

В) өнімнің жоғары шығымы;

С) жоғары қарқындылық;

Д) параметрлердің көп саны;

Е) жоғары таңдаушылық;

77. ХТЖ-ң сипаттамалы белгісі:

А) жоғары қарқындылық;

В) шығын коэффициенті;

С) жоғары айналдыру дәрежесі;

Д) өнімнің жоғары сапасы;

Е) жүйенің жұмысының күрделілігі;

78. ХТЖ-ға қойылатын талаптар:

А) температураны жоғарылату;

В) шикізатты толық өңдеу;

С) төмен температура қолдану;

Д) қондырғылардың құрылысын жетілдіру;

Е) температуралық ережені қамтамасыз ету;

79. ХТЖ-ға қойылатын талаптар:

А) температураны жоғарылату;

В) төмен температура қолдану;

С) энергия қорларын толық қолдану;

Д) қондырғылардың құрылысын жетілдіру;

Е) гидродинамикалық ережені қамтамасыз ету;

80. ХТЖ-ға қойылатын талаптар:

А) температураны жоғарылату;

В) төмен температура мен қысым қолдану;

С) қондырғылардың құрылысын жетілдіру;

Д) өндіріс қалдықтарын азайту;

Е) Технологиялық ережені қамтамасыз ету;

81. ХТЖ-ға қойылатын талаптар:

А) қондырғыларды тиімді қолдану;

В) температураны жоғарылату;

С) жоғары температура мен қысым қолдану;

Д) қондырғылардың құрылысын жетілдіру;

Е) гидродинамикалық ережені қамтамасыз ету;

82. Технологиялық топология:

А) технологиялық үлгідегі бөлек аппараттарды қосу тәртібі мен сипаттамасы;

В) технологиялық үлгідегі көмекші аппараттарды қосу тәртібі ;

С) технологиялық үлгідегі негізгі аппараттарды қосу тәртібі мен сипаттамасы;

Д) құрылымдық үлгідегі аппараттарды қосу тәртібі мен сипаттамасы;

Е) функционалдық үлгідегі бөлек аппараттарды сипаттамасы;

83. Негізгі технологиялық операторлар:

А) жылыту, салқындату, қысу, созу, фазааралық массаалмасу;

В) жылыту, қысу, заттардың агрегаттық күйін өзгерту;

С) химиялық айналдыру, жылыту, салқындату;

Д) химиялық айналдыру, салқындату, заттардың агрегаттық күйін өзгерту;

Е) химиялық айналдыру, фазааралық массаалмасу, араластыру, бөлу;

84. Көмекші технологиялық операторлар:

А) химиялық айналдыру, фазааралық массаалмасу, араластыру, бөлу;

В) химиялық айналдыру,жылыту, салқындату, заттардың агрегаттық күйін өзгерту;

С) жылыту, салқындату, қысу, созу, фазааралық массаалмасу;

Д) химиялық айналдыру, жылыту, салқындату;

Е) жылыту (салқындату), қысу (созу), заттардың агрегаттық күйін өзгерту;

85. ХТЖ-нің технологиялық байланыстары:

А) бірбағытты, қатарласқан, тізбекті-айналмалы, кері бағытты;

В) тізбектелген, кері бағытты, тізбекті-айналмалы, қайтымды;

С) тізбектелген, қатарласқан, қиылысқан бағытты, экзотермиялық;

Д) тізбектелген, қатарласқан, тізбекті-айналмалы, қайтымды;

Е) бірбағытты, кері бағытты, қиылысқан бағытты, эндотермиялық;

86. Кезектескен-айналмалы байланыстың қолданылу себебі:

А) айналдыру дәрежесін жоғарылату;

В) реакциялық қоспаның параметрлерін реттеу;

С) процестегі энергияны нәтижелі қолдану;

Д) процестегі қысымды нәтижелі қолдану;

Е) өндіріс қалдықтарын азайту;

87. Қатарласқан (параллелді) байланыстың қолданылу себебі:

А) ХТЖ-де айналдыру дәрежесін жоғарылату;

В) ХТЖ-нің қуаттылығын көбейту;

С) ХТЖ-де шикізатты жинақты қолдану;

Д) ХТЖ-де қоспаның парметрлерін реттеу;

Е) ХТЖ-де энергияны нәтижелі қолдану;

88. Химиялық өндірістің иерархиялық құрылымының төменгі шені:

А) технологиялық цехтар және АБЖ;

В) химиялық өнеркәсіп және өАБЖ;

С) типтік ХТП және АРЖ;

Д) цехтардың жиынтығы және цехтарды АБЖ;

Е) технологиялық бөлімдер және АБЖ;

89. Химиялық өндірістің иерархиялық құрылымының жоғарғы шені:

А) химиялық өнеркәсіп және өАБЖ;

В) типтік ХТП және АРЖ;

С) технологиялық цехтар және АБЖ;

Д) цехтардың жиынтығы және цехтарды АБЖ;

Е) технологиялық бөлімдер және АБЖ;

90. ХТЖ- ң модельдері:

А) математикалық және химиялық;

В) химиялық және физикалық;

С) механикалық және химиялық;

Д) қорытынды және математикалық;

Е) материалдық және жылулық;

91. ХТЖ-ң математикалық моделі келесі параметрлердің өзгеруін анықтайтын теңдеулердің жиынтығы:

А) концентрацияның, ішкі энергияның, қысымның және т.б.;

В) энтальпияның, энтропияның және ішкі энергияның;

С) энтальпияның, температураның қысымның және т.б.;

D) катализатордың активтілігінің, концентрацияның, қысымның және т.б.;

Е) концентрацияның, температураның, қысымның және т.б.;

92. Операциялы-сипаттамалық модельдер:

А) жүйеде жүретін процестердің сөзбен сипаттамасы;

В) жүйеде жүретін процесстердің графиктермен сипаттамасы;

С) жүйеде жүретін процесстердің кестелермен сипаттамасы;

Д) жүйенің функционалдық үлгісінің сипаттамасы;

Е) жүйенің технологиялық үлгісінің сипаттамасы;

93. ХТП туралы толық сапалы мәліметтерді қандай үлгіден алуға болады:

А) құрылымдық;

В) операторлық;

С) технологиялық;

Д) функционалдық;

Е) торлық;

94. Технологиялық үлгідегі элементтердің суреттелуі:

А) төртбұрыш сурет түрінде;

В) шартты жалпы қабылданған блок түрінде;

С) шартты жалпы қабылданған сурет түрінде;

Д) жалпы қабылданған операторлар түрінде;

Е) жалпы қабылданған шеңбер түрінде;

95. Ашық жүйесі бар ХТЖ-да:

А) барлық реагенттер процестің басына бірнеше рет қайтарылады;

В) процестің басына реагенттердің біреуі қайтарылады;

С) реагенттердің біреу ғана барлық аппараттар арқылы өтеді;

Д) барлық реагенттер аппараттар арқылы тек қана бір рет өтеді;

Е) реагенттердің біреу қалдық ретінде шығарылады;

96. Жабық жүйесі бар ХТЖ-да:

А) реагенттер аппарат арқылы бір рет өтеді;

В) ең болмаса бір қайтымды байланыс болады;

С) ең болмаса бір тізбектелген байланыс болады;

Д) ең болмаса бір қатарласқан байланыс болады;

Е) бір зат қалдық ретінде шығарылады;

97. Циклдік үлгі қай уақытта қолданылады:

А) өнімнің сапасы төмен болғанда (20%-дан аз емес);

В) өнімнің шығымы жоғары болғанда (20%-дан аз емес);

С) реагенттің құрамында қоспалар көп болғанда;

Д) процесс қайтымсыз болса, күрделі реакция жүрсе;

Е) өнімнің шығымы төмен болғанда (20%-дан жоғары емес);

98. Циклдік үлгінің қолданылу себебі:

А) өндіріс қалдықтарын азайту және қайта өңдеу;

В) шикізаттарды жинақты және толық қолдану мүмкіндігі;

С) жүйеде шикізат пен энергияны нәтижелі қолдану;

Д) энергияның айналдыру дәрежесін жоғарылату;

Е) шикізаттың айналдыру дәрежесін жоғарылату;

99. Функционалдық үлгіде:

А) ХТП-ға технологиялық операторлар және олардың байланысы көрсетіледі;

В) ХТП-ң сатылары және олардың өзара байланысы көрсетіледі;

С) ХТЖ элементтерінің тораптарының байланысы көрсетіледі;

Д) ХТП-ғы аппараттардың қосылу және есептелу реті көрсетіледі;

Е) ХТП-ң тиімді технологиялық параметрлері көрсетіледі;

100. Құрылымдық үлгіде:

А) технологиялық операторларды және олардың өзара байланысы көрсетіледі;

В) жүйенің элементтерінің тораптарының байланысы көрсетіледі;

С) аппараттардың қосылу және есептелу реті көрсетіледі;

Д) материалдық және энергетикалық ағындардың қозғалысы көрсетіледі;

Е) процестің технологиялық параметрлері көрсетіледі;

101. Операторлық үлгіде:

А) жүйедегі технологиялық процестердің физика-химиялық негіздері көрсетіледі;

В) материалдық және энергетикалық ағындардың қозғалысы көрсетіледі;

С) жүйенің элементтерінің тораптарының байланысы көрсетіледі;

Д) аппараттардың қосылу және есептелу реті көрсетіледі;

Е) процестің технологиялық параметрлері көрсетіледі;

102. Технологиялық үлгіде:

А) процестің технологиялық параметрлері көрсетіледі;

В) материалдық және энергетикалық ағындардың қозғалысы көрсетіледі;

С) жүйенің элементтерінің тораптарының байланысы көрсетіледі;

Д) аппараттардың қосылу және есептелу реті көрсетіледі;

Е) әрбір элемент белгілі шартты қабылданған сурет түрінде көрсетіледі;

103. Өндірісті жобалау және жұмыс жасау кезінде қандай үлгі қолданылады:

А) технологиялық;

В) операторлық үлгі;

С) принциптік үлгі;

Д) құрылымдық үлгі;

Е) торлық үлгі;

104. ХТЖ-ні талдау есебі:

А) ХТЖ-нің барынша жоғары өнімділігін қамтамасыз ету және оның қасиеттеріне сандық баға беру;

В) жаңа ХТЖ-ні жобалау және жұмыстағы химия-технологиялық жүйені қайта құруда қолданылады;

С) химия-технологиялық жүйенің жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ету;

Д) ХТЖ-нің барынша тиімді технологиялық ережесін анықтау және қасиеттеріне сандық баға беру;

Е) ХТЖ-ң элементтерін есептеу тәртібін анықтау және оның негізгі қасиеттеріне сандық баға беру;

105. ХТЖ-ні синтездеу есебі:

А) химия-технологиялық жүйенің жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ету;

В) жаңа ХТЖ-ні жобалау және жұмыстағы ХТЖді қайта құру кезінде қолданылады;

С) ХТЖ-ң элементтерді есептеу тәртібін анықтау және оның негізгі қасиеттерін есептеу;

Д) химия-технологиялық жүйенің барынша тиімді технологиялық ережесін қамтамасыз ету;

Е) химия-технологиялық жүйенің барынша жоғары өнімділігі мен қарқындылығын қамтамасыз ету;

106. ХТЖні оптималдау мақсаты:

А) ХТЖ-ң элементтерін есептеу тәртібін анықтау және оның негізгі қасиеттерін анықтау;

В) жаңа ХТЖні жобалау және жұмыстағы ХТЖді қайта құру есептері мен мәселелерін шешу;

С) химия-технологиялық жүйенің барынша тиімді технологиялық ережесін қамтамасыз ету;

Д) ХТЖң барынша жоғары техника- экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ету;

Е) химия-технологиялық жүйенің барынша жоғары өнімділігі мен қарқындылығын қамтамасыз ету;

107. ХТЖ-і жобалау мақсаты:

А) тиімді әдіспен жоғары нәтижелі өндіріс құру;

В) тиімді технологиялық ережені таңдау;

С) тиімді қондырғыларды таңдау;

Д) жоғары жылдамдықты қамтамасыз ету;

Е) өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз ету;

108. ХТЖ-ң сенімділігі дегеніміз жүйенің қажетті технико-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ете отыра:

А) берілген қарқындылықпен берілген сапалы өнімді өндіру қабілеті;

В) берілген өнімділікпен берілген сапалы шикізатты өңдеу мүмкіндігі;

С) берілген өнімділікпен берілген сапалы өнімді өндіру қабілеті;

Д) қажетті өнімділікпен берілген өнімді өндіру мүмкіндігі;

Е) қажетті өнімділікпен берілген шикізатты өңдеу мүмкіндігі;

109. Күрделі ХТЖ-де құрудың технологиялық принциптері:

А) негізгі және көмекші шикізаттарды тиімді қолдану;

В) шикізаттарды толық өңдеу, қалдықтарды тазарту;

С) жеке аппараттардың құрылысын өзгерту;

Д) шикізаттар мен энергияны тиімді қолдану;

Е) өндірістік қалдықтарды азайту, қарқындылықты жоғарылату;

110. Күрделі ХТЖ-де құрудың технологиялық принциптері:

А) өндірістік қалдықтарды азайту, қарқындылықты жоғарылату;

В) негізгі және көмекші шикізаттарды тиімді қолдану;

С) шикізаттарды толық өңдеу, қалдықтарды тазарту;

Д) жеке аппараттардың құрылысын өзгерту;

Е) өндірістік қалдықтарды азайту;

111. Күрделі ХТЖ-де құрудың технологиялық принциптері:

А) өндірістік қалдықтарды өңдеу және азайту;

В) жеке аппараттардың өнімділігін жоғарылату;

С) шикізаттарды және энергияны толық өңдеу;

Д) жеке аппараттардың құрылысын өзгерту және жетілдіру;

Е) өнімділік пен қарқындылықты жоғарылату;

112. Күрделі ХТЖ-де құрудың технологиялық принциптері:

А) өндірістік қалдықтарды өңдеу және азайту;

В) шикізаттарды және энергияны толық өңдеу;

С) аз қалдықты және қалдықсыз өндірістер құру;

Д) жеке аппараттардың құрылысын өзгерту және жетілдіру;

Е) өнімділік пен қарқындылықты жоғарылату;

113. ХТЖ-ң жобасына кіретін мәліметтер:

А) шығыс айнымалыларының мәндері;

В) кіріс және шығыс айнымалылары;

С) техника-экономикалық есептеулер;

Д) жүйенің технологиялық топологиясы;

Е) талдау және оптималдау есептері;

114. ХТЖ-ң жобасына кіретін мәліметтер:

А) кіріс айнымалыларының мәндері;

В) шығыс айнымалыларының мәндері;

С) кіріс және шығыс айнымалылары;

Д) технико-экономикалық есептеулер;

Е) талдау және оптималдау есептері;

115. ХТЖ-ң жобасына кіретін мәліметтер:

А) технологиялық және конструктивтік параметрлер;

В) техникалық топология және шығыс айнымалылары;

С) экономикалық топология және кіріс айнымалылары;

Д) технико-экономикалық есептеулер;

Е) талдау, синтездеу және оптималдау есептері;

116. Химия-технологиялық процесс дегеніміз:

А) физикалық және механикалық құбылыстардың жиынтығы;

В) физикалық және биологиялық құбылыстардың жиынтығы;

С) физикалық, механикалық және химиялық құбылыстардың жиынтығы;

Д) физикалық, химиялық және биологиялық құбылыстардың жиынтығы;

Е) физикалық және химиялық құбылыстардың жиынтығы;

117. Химия-технологиялық процестердің сатылары:

А) шикізатты дайындау, тазарту және байыту $\rightarrow$ химиялық айналдыру $\rightarrow$ өнімді бөлу, шығару және тазарту;

В) шикізатты дайындау, тазарту және тасымалдау →шикізаттарды байыту→ өнімді бөлу, шығару және тазарту;

С) реакциялық қоспаны бөлу және тасымалдау→ химиялық айналдыру → өнімдерді реакция аймағынан шығару;

Д) бастапқы реагенттерді реакция аймағына тасымалдау→химияпық реакция→ өнімді бөлу және тазарту;

Е) реагенттерді реакция аймағына тасымалдау→химиялық реакция→ өнімдерді реакция аймағынан шығару;

118. Процестің жалпы жылдамдығы қалай анықталады:

А) химиялық реакцияның жылдамдығымен;

В) ең тез жүретін сатының жылдамдығымен;

С) заттарды тасымалдау сатысының жылдамдығымен;

Д) ең жәй жүретін сатының жылдамдығымен;

Е) өнімдерді шығару сатысының жылдамдығымен;

119. ХТП жіктеу белгілері:

А) процестің механизмі, реацияның реті және молекулалығы;

В) заттарды агрегаттық күйі, температуралық ереже, гидродинамикалық ереже;

С) параметрлердің уақыт аралығында өзгеруі, процестің механизмі;

Д) температураның уақыт аралығында өзгеруі, процестің механизмі;

Е) заттарды агрегаттық күйі, гидродинамикалық ереже, реакцияның реті;

120. Химиялық кинетиканың жалпы заңдылықтарын анықтайтын принцип - процестің жалпы жылдамдығы:

А) қолданылатын қысымның мөлшерімен анықталады;

В) ең жәй жүретін сатының жылдамдығымен анықталады;

С) процестің тиімді температурасымен анықталады;

Д) диффузия сатысының жылдамдығымен анықталады;

Е) элементарлы сатылардың жылдамдығымен анықталады;

121. Химиялық кинетиканың жалпы заңдылықтарын анықтайтын принцип- процестің жалпы жылдамдығы:

А) дайын өнімдердің концентрациясына тура пропорционал;

В) процестің тиімді температурасымен анықталады;

С) бастапқы заттардың концентрациясына тура пропорционал;

Д) диффузия сатысының жылдамдығымен анықталады;

Е) элементарлы сатылардың жылдамдығымен анықталады;

122. Егер химиялық реакцияның жылдамдығы жоғары болса, процесс қай аймақта жүреді:

А) диффузиялық;

В) кинетикалық;

С) ауыспалы;

Д) аралас;

Е) химиялық;

123. Егер диффузия сатысының жылдамдығы жоғары болса, процесс қай аймақта жүреді:

А) диффузиялық;

В) ауыспалы;

С) аралас;

Д) кинетикалық;

Е) адсорбциялық;

124. Егер процестің барлық сатыларының жылдамдығы бірдей болса, процесс қай аймақта жүреді:

А) адсорбциялық;

В) кинетикалық;

С) диффузиялық;

Д) аралас;

Е) ауыспалы;

125. Кинетикалық аймақта жүретін процестің қай сатысы жәй жүреді:

А) химиялық реакция;

В) ішкі диффузия;

С) сыртқы диффузия;

Д) газдың абсорбциясы;

Е) конвекциялық ауысы;

126. Ішкі диффузиялық аймақта жүретін процестің қай сатысы жәй жүреді:

А) заттардың күл қабаты арқылы конвекциялық ауысу;

В) заттардың күл қабаты арқылы адсорбциялану;

С) заттардың күл қабаты арқылы диффузиялану;

Д) өнімдердің күл қабаты арқылы абсорбциялану;

Е) химиялық реакция мен диффузия;

127. Ауыспалы аймақта жүретін процестердің қай сатысы жәй жүреді:

А) заттардың күл қабаты арқылы диффузиялану;

В) заттардың күл қабаты арқылы конвекциялық ауысу;

С) барлық сатылардың жылдамдығы бірдей болады;

Д) заттардың күл қабаты арқылы адсорбциялану;

Е) өнімдердің күл қабаты арқылы абсорбциялану;

128. Технологиялық ереже дегеніміз келесі көрсеткіштерге әсер ететін параметрлер жиынтығы:

А) процестің өнімділігі мен қарқындылығына, ұзақтығына;

В) процестің таңдаушылығына, өнімнің шығымы мен сапасына;

С) өнімнің шығынына, шикізаттың сапасына және өнімділікке;

Д) процестің жылдамдығына, өнімнің шығымы мен сапасына;

Е) өнімнің сапасына, процестің жылулығы мен таңдаушылығына;

129. Қарқындылық термодинамикалық параметрлер:

А) жылдамдық тұрақтысы;

В) температура, қысым;

С) көлем, ішкі энергия;

Д) концентрация,көлем;

Е) катализатордың активтілігі;

130. Экстенсивті термодинамикалық параметрлер:

А) қысым, жылусыйымдылық, энергия;

В) қысым, ішкі энергия, энтальпия;

С) температура, қысым, энтропия;

Д) температура, Гиббс энергиясы,қысым;

Е) ішкі энергия, энтальпия, энтропия;

131. Тиімді технологиялық ереже процестің қандай көрсеткіштерін қамтамасыз етеді:

А) төмен өндірістік шығындарды, өнімнің жоғары шығымын және жоғары өзіндік құнын;

В) барынша жоғары шығындарды, өнімнің жоғары шығымын және төмен өзіндік құнын;

С) барынша төмен жылдамдығын, өнімнің жоғары шығымын және төмен өзіндік құнын;

Д) процестің жоғары жылдамдығын, төмен шығындарды, өнімнің жоғары өзіндік құнын;

Е) барынша жоғары жылдамдығын, өнімнің жоғары шығымын және төмен өзіндік құнын;

132. Реакцияның жалпы реті:

А) өнімдердің стехиометриялық коэффициентерінің қосындысы;

В) бастапқы заттардың стехиометриялық коэффициенттерінің қосындысы;

С) реакцияның температурасы мен қысымының тиімді мәндері;

Д) заттардың концентрациясы, қысымы мен температурасының шамасы;

Е) қоспадағы заттардың концентрациясы, температурасы мен қысымы;

133. Кинетикалық аймақта жүретін процестің реті:

А) 3,2 ÷ 4,4;

В) 1,4 ÷ 2,0;

С) 0 ÷ 1,2;

Д) 2,0 ÷ 4,0;

Е) 5,2 ÷ 6,0;

134. Диффузиялық аймақта жүретін процестің реті:

А) 1,2 ÷ 1,4;

В) 4,4 ÷ 6,0;

С) 2,0 ÷ 4,0;

Д) 0 ÷ 1,2;

Е) 5,2 ÷ 7,0;

135. Химиялық тепе-теңдік дегеніміз не?

А) негізгі және кері реакциялардың жылдамдықтарының теңдігі;

В) жанама және кері реакциялардың жылдамдықтарының теңдігі;

С) тура және кері реакциялардың жылдамдықтарының теңдігі;

Д) тура және кері реакциялардың жылдамдықтарының айырмасы;

Е) негізгі және жанама реакциялардың жылдамдықтарының теңдігі;

136. Химиялық тепе-теңдік тұрақтысы дегеніміз не?

А) кері және тура реакциялардың жылдамдық тұрақтыларының қатынасы;

В) жанама реакциялардың жылдамдықтарының қатынасы;

С) кері және тура реакциялардың жылдамдықтарының қатынасы;

Д) тура және кері реакциялардың жылдамдық тұрақтыларының қатынасы;

Е) жанама реакциялардың жылдамдық тұрақтыларының қатынасы;

137. Химиялық тепе-теңдікке әсер ететін факторлар:

А) энтропия, қысым, концентрация;

В) температура, қысым, жылдамдық;

С) қысым, концентрация, көлем;

Д) энтальпия, концентрация, температура;

Е) температура, қысым, концентрация;

138.Температура мен қысым тұрақты болғандығы химиялық тепе-теңдіктің шарты:

А) $\Delta G < 0$;

В) $\Delta G = 0$;

С) $\Delta G > 0$;

Д) $\Delta H > 0$;

Е) $\Delta H < 0$;

139. Температураның жоғарылауы тепе-теңдікті қай реакцияның бағытына ығыстырады:

А) экзотермиялық;

В) электрохимиялық;

С) эндотермиялық;

Д) электротермиялық;

Е) әсер етпейді;

140. Қайтымсыз процестерде температураны жоғарылатуды шектеу себептері:

А) әрекеттесу бетінің төмендеуі;

В) процестің қозғаушы күшінің төмендеуі;

С) процестің жылдамдығының жоғарылауы;

Д) заттардың агрегаттық күйінің өзгеруі;

Е) өнімнің сапасының төмендеуі;

141. Қайтымды процестерде температураны жоғарылатуды шектеу себептері:

А) кері реакциялардың жылдамдықтарының жоғарылауы;

В) өнімнің шығымын, сапасының және өзіндік құнының төмендеуі;

С) өнімнің шығымының, өзіндік құны мен сапасының жоғарылауы;

Д) тура және кері реакциялардың жылдамдықтарының жоғарылауы;

Е) энергияның шығындарының және өнімнің сапасының жоғарылауы;

142. Күрделі реакцияларда температураны жоғарылатуды шектеу себептері:

А) жанама реакциялардың жылдамдықтарының жоғарылауы;

В) өнімнің шығымын, сапасының және өзіндік құнының төмендеуі;

С) өнімнің шығымының, өзіндік құны мен сапасының жоғарылауы;

Д) тура және кері реакциялардың жылдамдықтарының жоғарылауы;

Е) энергияның шығындарының және өнімнің сапасының жоғарылауы;

143. Қайтымсыз процестерде температураны жоғарылатуды шектеу себептері:

А) өнімнің сапасының төмендеуі;

В) әрекеттесу бетінің төмендеуі;

С) процестің қозғаушы күшінің төмендеуі;

Д) процестің жылдамдығының жоғарылауы;

Е) жылуға төзімді материалдардың қажеттігі;

144. Қайтымсыз процестерде температураны жоғарылатуды шектеу себептері:

А) процестің жылдамдығының жоғарылауы; өнімнің сапасының төмендеуі;

В) жылуберу қабілетінің төмендеуі және энергияның шығымының жоғарылауы;

С) аппараттың құрылысының күрделенуі және әрекеттесу бетінің төмендеуі;

Д) аппараттың құрылысының күрделенуі және қозғаушы күшінің төмендеуі;

Е) аппарат құрылысының күрделенуі және жылудың шығымының жоғарылауы;

145. Күрделі қайтымды реакциялардың температурасын шектен тыс жоғарылату:

А) жанама реакциялардың жылдамдығын төмендетеді және жылудың шығынын қажет етеді;

В) жылудың жоғары шығынын қажет етеді және күйлердің әрекеттесу бетін жоғарылатады;

С) процестің қозғаушы күшін төмендетеді және жылу мен энергиянң жоғары шығынын қажет етеді;

Д) жылуға төзімді конструкциялық материалдарды және жылудың жоғары шығынын қажет етеді;

Е) өнімдердің концентрациясын жоғарылатады және жылудың жоғары шығынын қажет етеді;

146. Күрделі қайтымды реакциялардың температурасын шектен тыс жоғарылату:

А) жанама реакциялардың жылдамдығын төмендетеді;

В) күйлердің әрекеттесу бетін төмендетеді;

С) күйлердің әрекеттесу бетін жоғарылатады;

Д) процестің қозғаушы күшінің төмендеуіне;

Е) өнімдердің концентрациясын жоғарылатады;

147. Қысымның химиялық тепе-теңдікке әсері неге байланысты:

А) жылулық нәтижеге;

В) молдер санының өзгеруіне;

С) концентрацияның өзгеруіне;

Д) процестің таңдаушылығына;

Е) өнімнің шығымына;

148. Қысымның жоғарылауы тепе-теңдікті қай реакцияның бағытына ығыстырады:

А) эндотермиялық реакцияның бағытына;

В) экзотермиялық реакцияның бағытына;

С) молдердің саны (көлемнің) азаюымен жүретін;

Д) молдердің саны (көлемнің) жоғарылаумен жүретін;

Е) қысым тепе-теңдікке әсер етпейді;

149. Аппараттардағы қысымды жоғарылатуды шектеу себептері:

А) аппараттың құрылысының күрделілігі, процесті басқару қиындығы;

В) экономикалық шығындардың жоғарылығы, өнімнің төмен өзіндік құны;

С) өнімнің шығымының, өзіндік құны мен сапасының жоғарылауы;

Д) тура және кері реакциялардың жылдамдықтарының жоғарылауы;

Е) аппараттың концентрациясының күрделілігі және өнімділіктің төмендігі;

150. Аппараттардағы қысымды жоғарылатуды шектеу себептері:

А) әрекеттесу бетінің төмендеуі;

В) процестің қозғаушы күшінің төмендеуі;

С) процестің жылдамдығының жоғарылауы;

Д) процесті басқару қиындығы;

Е) өнімнің сапасының төмендеуі;

151. Аппараттардағы қысымды жоғарылатуды шектеу себептері:

А) процестің жылдамдығының жоғарылауы, өнімнің сапасының төмендеуі;

В) экономикалық шығындардың және процестің қозғаушы күшінің төмендеуі;

С) процестің жылдамдығының жоғарылауы, әрекеттесу бетінің төмендеуі;

Д) әрекеттесу бетінің төмендеуі, өнімнің сапасының төмендеуі;

Е) экономикалық шығындардың жоғарылауы, әрекеттесу бетінің төмендеуі;

152. Қайтымды реакцияларда қысымды шектен тыс жоғарылату қандай жағдайларға алып келеді:

А) жабдықтардың құрылысының және олардың қызметін реттеудің күрделуіне;

В) процестің жылдамдығының және өнімнің шығымының төмендеуіне;

С) өнімділіктің, өнімнің сапасының және өзіндік құнының төмендеуіне;

Д) экономикалық шығындардың жоғарылауына және өнімділіктің төмендеуіне;

Е) жабдықтардың құрылысының күрделуіне және шығындардың төмендеуіне;

153. Қайтымды реакцияларда қысымды шектен тыс жоғарылату қандай жағдайларға алып келеді:

А) процестің қозғаушы күшінің төмендеуіне және процестің күрделуіне;

В) процестің жылдамдығының төмендеуіне және процестің күрделуіне;

С) энергетикалық шығындардың көбеюіне және процестің күрделуіне;

Д) өнімділіктің және өнімнің сапасы мен өзіндік құнының төмендеуіне;

Е) экономикалық шығындардың жоғарылауына және өнімділіктің төмендеуіне;

154. Тепе-теңдікті оң бағытқа ығыстыру үшін концентрацияны қалай өзгерту қажет:

А) бастапқы реагенттердің концентрациясын төмендетіп, өнімдердің концентрациясын жоғарылату қажет;

В) өнімдер мен шикізаттардың концентрациясын жоғарылатып, катализаторлар қолдану қажет;

С) бастапқы реагенттердің концентрациясын жоғарылатып, өнімдердің концентрациясын төмендету қажет;

Д) әрекеттесуші заттар мен өнімдердің концентрациясын төмендетіп, жоғары қысым қолдану қажет;

Е) әрекеттесуші заттардың және өнімдердің концентрациясы химиялық тепе-теңдікке әсер етпейді;

155. Қайтымды процестерде реагенттердің артық мөлшерін енгізу қандай себептермен шектеледі:

А) реакциялардың жылдамдықтарының және өнімнің шығымының жоғарылауымен;

В) өнімнің концентрациясының, шығымының, сапасының және құнының көбеюімен;

С) температураның, өнімнің концентрациясының және өзіндік құнының көбеюімен;

Д) реакциялық аппараттың көлемінің және энергетикалық шығындардың көбеюімен;

Е) жанама күрделі реакциялардың жүруімен және өнімнің шығымының жоғарылауымен;

156. ХТП-і әрекеттесуші заттардың және өнімдердің агрегаттық күйлері бойынша жіктеу:

А) араластыру және ығыстыру;

В) біртекті және әртекті;

С) тұрақты және тұрақсыз;

Д) катализдік және катализдік емес;

Е) қайтымсыз және қайтымды;

157. ХТП-і температуралық ереже бойынша жіктеу:

А) біртекті және әртекті;

В) тұрақты және тұрақсыз;

С) катализдік және катализдік емес;

Д) қайтымсыз және қайтымды;

Е) изотермиялық және адиабаттық;

158. ХТП-і гидродинамикалық ереже, яғни ағындардың қозғалу ережесі бойынша жіктеу:

А) тұрақты және тұрақсыз;

В) катализдік және катализдік емес;

С) қайтымсыз және қайтымды;

Д) араластыру және ығыстыру;

Е) біртекті және әртекті;

159. ХТП-і ұйымдастыру ережесі бойынша жіктеу:

А) мерзімді және үздіксіз;

В) тұрақты және тұрақсыз;

С) араластыру және ығыстыру;

Д) біртекті және әртекті;

Е) қайтымсыз және қайтымды;

160. ХТП-і параметрлерінің уақыт аралығында өзгеруі бойынша жіктеу:

А) мерзімді және үздіксіз;

В) араластыру және ығыстыру;

С) тұрақты және тұрақсыз;

Д) біртекті және әртекті;

Е) қайтымсыз және қайтымды;

161. ХТП-і арнайы заттардың қолдананылуы бойынша жіктеу:

А) тұрақты және тұрақсыз;

В) мерзімді және үздіксіз;

С) біртекті және әртекті;

Д) катализдік және катализдік емес;

Е) араластыру және ығыстыру;

162. ХТП-і процестің жылулық нәтижесі бойынша жіктеу:

А) мерзімді және үздіксіз;

В) катализдік және катализдік емес;

С) араластыру және ығыстыру;

Д) тұрақты және тұрақсыз;

Е) экзо- және эндотермиялық;

163. ХТП-і реакцияның бағыты бойынша жіктеу:

А) біртекті және әртекті;

В) қайтымсыз және қайтымды;

С) араластыру және ығыстыру;

Д) тұрақты және тұрақсыз;

Е) катализдік және катализдік емес;

164. Біртекті химиялық процестерде:

А) бастапқы заттар мен өнімдер әртүрлі күйде болады;

В) бастапқы заттар мен өнімдер газ күйінде болады;

С) бастапқы заттар мен өнімдер бірдей күйде болады;

Д) өнімнің шығымы мен сапасы жоғары болады;

Е) температура мен қысым тұрақты болады;

165. Біртекті химиялық процестің жылдамдығы дегеніміз бір мезгіл уақыт аралығында:

А) бір реакциялық көлемде реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған шикізаттың мөлшері:

В) бір атмосфера қысымда реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған заттың мөлшері:

С) бір атмосфера қысымда реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған шикізаттың мөлшері:

Д) бір реакциялық көлемде реакцияға қатысқан немесе реакцияның нәтижесінде пайда болған заттың мөлшері:

Е) бір реакциялық көлемде және бір атмосфера қысымда пайда болған заттың мөлшері:

166. Бастапқы заттардың концентрациясы күрделі біртекті реакциялардың жылдамдығына ($\omega_б$) қалай әсер етеді:

А) $\omega_б$-ны жоғарылатады ;

В) $\omega_б$-ны төмендетеді;

С) $\omega_б$-ға әсер етпейді;

Д) температураға байланысты;

Е) қысымға байланысты;

167. Химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер ететін факторлар:

А) біртекті және әртекті;

В) экзо- және эндотермиялық;

С) микро- және макростатикалық;

Д) экзо- және эндокинетикалық;

Е) микро- және макрокинетикалық;

168. Химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер ететін микрокинетикалық факторлар - әсерлесу жылдамдығын молекулалық деңгейде анықтайды. Олар:

А) температура, концентрация және кернеу;

В) қысым, кернеу және концентрация;

С) температура, энтальпия және қысым;

Д) температура, концентрация және қысым;

Е) энтальпия, концентрация және қысым;

169. Химиялық айналдырудың жылдамдығына әсер ететін макрокинетикалық факторлар реакцияның жылдамдығына келесі жағдайлардың әсерін анықтайды:

А) реагенттерді реакция аймағынан шығару жағдайларының, араластырудың бар-жоғынының, реактордың геометриялық өлшемдерінің;

В) реагенттерді реакция аймағына тасымалдау жағдайларының, араластырудың бар-жоғынының, реактордың геометриялық өлшемдерінің;

С) шикізаттарды дайындау жағдайларының, араластырудың бар-жоғынының, реактордың геометриялық өлшемдерінің;

Д) реагенттерді реакция аймағына тасымалдау жағдайларының, реактордың геометриялық өлшемдерінің мен құрылысының;

Е) өнімдерді бөлу және тазарту жағдайларының, араластырудың бар-жоғынының, реактордың құрылысының;

170. Реакцияның кинетикалық теңдеуі дегеніміз не?

А) өнімнің шығымының реакциялық қоспаның компоненттерінің концентрациясына функционалды тәуелділігі;

В) химиялық реакцияның жылдамдығының реакциялық қоспаның компоненттерінің концентрациясына функционалды тәуелділігі;

С) өнімнің сапасының реакциялық қоспаның компоненттерінің концентрациясына функционалды тәуелділігі;

Д) химиялық реакцияның жылдамдығының өнімінің шығымына функционалды тәуелділігі;

Е) химиялық реакцияның жылдамдығының реакцияның таңдаушылығына функционалды тәуелділігі;

171. Дифференциалды таңдаушылық (φ^l) дегеніміз шикізаттың негізгі өнімге шығындалған мөлшерінің:

А) оның жанама өнімге шығындалған мөлшеріне қатынасы;

В) өнімге шығындалған мөлшеріне қатынасы;

С) оның жалпы шығындалған мөлшеріне қатынасы;

Д) жанама реакцияға шығындалған мөлшеріне қатынасы;

Е) мөлшерінің негізгі реакцияға шығындалған мөлшеріне қатынасы;

172. Процесті тиімді температуралар сызығы бойынша жүргізу дегеніміз реакцияның жылдамдығы мүмкіндігінше жоғару болуы үшін айналдыру дәрежесінің жоғарылауымен реактордағы:

А) температураны төмендету;

В) температураны жоғарылату;

С) қысымды төмендету;

Д) концентрацияны төмендету;

Е) концентрацияны жоғарылату;

173. Біртекті процестердің жүру аймағы:

А) диффузиялық;

В) адсорбциялық;

С) ауыспалы;

Д) кинетикалық;

Е) аралас;

174. Біртекті процестерді үдету тәсілдері:

А) қысымды төмендету, катализаторлар қолдану;

В) концентрацияны жоғарылату, температураны төмендету;

С) температураны жоғарылтау, қысымды төмендету;

Д) концентрацияны төмендету, катализаторлар қолдану;

Е) температураны, концентрацияны жоғарылату, катализаторлар қолдану;

175. Әртекті процестер:

А) фазалардың бөліну бетінде жүреді;

В) әрекеттесуші заттар бірдей күйде болады;

С) бастапқы заттар мен өнімдер бірдей болады;

Д) компоненттер араласпайтын сұйықтықтар;

Е) міндетті түрде катализаторлар қолданылады;

176.Анықтаушы саты дегеніміз:

А) ең тез жүретін саты;

В) химиялық реакция;

С) ең жәй жүретін саты;

Д) кедергісі төмен саты;

Е) диффузиялық саты;

177. Әртекті процестің қозғаушы күшін жоғарылату тәсілі:

А) қатты заттарды майдалау;

В) өнімдердің концентрациясын жоғарылату;

С) температура мен қысымды жоғарылату;

Д) реагенттердің концентрациясын жоғарылату;

Е) таңдаушылықты жоғарылату;

178. Әртекті процестің қозғаушы күшін жоғарылату тәсілі:

А) ағындардың бір бағытын қолдану;

В) өнімдерді реакция аймағынан шығару;

С) температура мен қысымды жоғарылату;

Д) араластырудәрежесін жоғарылату;

Е) ағындардың қиылысқан бағытын қолдану;

179. Әртекті процестің жүру аймағы қалай анықталады:

А) химиялық реакцияның жылдамдығымен;

В) ең тез жүретін сатының жылдамдығымен;

С) диффузиялық сатының жылдамдығымен;

Д) кинетикалық сатының жылдамдығымен;

Е) ең жәй жүретін сатының жылдамдығымен;

180. Әртекті процестердің жүру аймақтары:

А) механикалық(ауыспалы), диффузиялық, кинетикалық;

В) химиялық, физикалық, диффузиялық (кинетикалық);

Г) химиялық, физикалық, механикалық, кинетикалық;

Д) кинетикалық, диффузиялық, химиялық(ауыспалы);

Е) кинетикалық, диффузиялық, аралас (ауыспалы);

181. Кинетикалық аймақта жүретін әртекті процестің жылдамдық тұрақтысына әсер ететін факторлар:

А) $\omega = k_0 e^{E/RT} \cdot \Delta C \cdot P^n$;

В) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}, D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

С) $k_m = f\left(D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

Д) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}\right)$;

Е) $A = f\left(C_{кат}, C_a C_б, C_\theta, C_{кос}, T, P, S_{уд}, d_T, r_э, \omega, M_б, M_{он} \ldots\right)$;

182. Диффузиялық аймақта жүретін әртекті процестің жылдамдық тұрақтысына әсер ететін факторлар:

А) $\omega = k_0 e^{E/RT} \cdot \Delta C \cdot P^n$;

В) $k_m = f\left(D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

С) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}\right)$;

Д) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}, D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

Е) $A = f\left(C_{кат}, C_a C_б, C_в, C_{кос}, T, P, S_{ул}, d_T, r_э, \omega, M_б, M_{он} \ldots\right)$;

183. Аралас (ауыспалы) аймақта жүретін әртекті процестің жылдамдық тұрақтысына әсер ететін факторлар:

А) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}\right)$;

В) $k_m = f\left(k_1, k_2, k'_{жан}, k''_{жан}, D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

С) $\omega = k_0 e^{E/RT} \cdot \Delta c \cdot P^n$;

Д) $k_m = f\left(D_1, D_2, D', D'', \delta, \omega, \rho_1, \rho_2, \nu_1, \nu_2, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, i\right)$;

Е) $A = f\left(C_{кат}, C_a C_б, C_в, C_{кос}, T, P, S_{ул}, d_T, r_э, \omega, M_б, M_{он} \ldots\right)$;

184. Кинетикалық аймақта жүретін әртекті процесті үдету тәсілдері:

А) активтік энергиясын жоғарылату;

В) сызықтық жылдамдықты жоғарылату;

С) температураны жоғарылату;

Д) заттардың концентрациясын төмендету;

Е) температураны төмендету;

185. Кинетикалық аймақта жүретін әртекті процесті үдету тәсілдері:

А) температураны төмендету;

В) активтік энергиясын жоғарылату;

С) сызықтық жылдамдықты жоғарылату;

Д) заттардың концентрациясын төмендету;

Е) активтік энергиясын төмендету;

186. Кинетикалық аймақта жүретін әртекті процесті үдету тәсілдері:

А) процестің активтік энергиясы мен таңдаушылығын жоғарылату;

В) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату;

С) газды ағынның сызықтық жылдамдығын жоғарылату;

Д) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

Е) температураны, концентрация мен қысымды төмендету;

187. Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) температураны жоғарылату;

В) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

С) заттардың әрекеттесу бетін азайту;

Д) ағындардың жылдамдығын жоғарылату;

Е) активтілік энергиясын жоғарылату;

188. Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) заттардың әрекеттесу бетін үлкейту;

В) температураны жоғарылату;

С) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

Д) заттардың әрекеттесу бетін азайту;

Е) активтілік энергиясын жоғарылату;

189. Сыртқыдиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) температураны жоғарылату;

В) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

С) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылату;

Д) заттардың әрекеттесу бетін азайту;

Е) активтілік энергиясын жоғарылату;

190. Ішкідиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) түйіршіктердің өлшемдерін үлкейту;

В) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

С) активтілік энергиясын жоғарылату;

Д) түйіршіктердің өлшемдерін азайту;

Е) бір- және қиылысқан бағытты ағындарды қолдану;

191. Ішкідиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) бір- және қиылысқан бағытты ағындарды қолдану;

В) түйіршіктердің өлшемдерін үлкейту;

С) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

Д) активтілік энергиясын жоғарылату;

Е) қатты заттарды ұнтақтау;

192. Ішкідиффузиялық аймақта жүретін әртекті процестердің жылдамдықтарын жоғарылату тәсілдері:

А) түйіршіктердің өлшемдерін үлкейту;

В) ағындардың қарама–қарсы және қиылысқан бағытын қолдану;

С) әрекеттесуші заттардың концентрациясын төмендету;

Д) активтілік энергиясын жоғарылату;

Е) бір- және қиылысқан бағытты ағындарды қолдану;

193. Температураның жоғарылауымен процестің жылдамдығы жоғарыласа, онда ол қай аймақта жүреді?

А) диффузиялық;

В) ауыспалы;

С) кинетикалық;

Д) адсорбциялық;

Е) аралас;

194. Сызықтық жылдамдықтың жоғарылауымен процестің жылдамдығы жоғарыласа, онда ол қай аймақта жүреді?

А) кинетикалық;

В) ауыспалы;

С) әртекті;

Д) диффузиялық;

Е) біртекті;

195. Температураның және сызықтық жылдамдықтың жоғарылауымен процестің жылдамдығы жоғарыласа, онда ол қай аймақта жүреді?

А) аралас;

В) диффузиялық;

С) кинетикалық;

Д) әртекті;

Е) біртекті;

196. Газды ағынның жылдамдығын жоғарылату ішкідиффузиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) әсер етпейді;

В) жоғарылатады;

С) төмендетеді;

Д) араластыруға байланысты;

Е) температураға байланысты;

197. Бастапқы реагенттің концентрациясын жоғарылату ішкі диффузиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) көлемге байланысты;

В) төмендетеді;

С) әсер етпейді;

Д) қысымға байланысты;

Е) жоғарылатады;

198. Процестің температурасын жоғарылату ішкі диффузиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) энергияға байланысты;

В) жоғарылатады;

С) төмендетеді;

Д) шикізатқа байланысты;

Е) әсер етпейді;

199. Қатты реагенттің майдалану дәрежесі ішкі диффузиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) төмендетеді;

В) әсер етпейді;

С) қысымға байланысты;

Д) жоғарылатады;

Е) температураға байланысты;

200. Газды ағынның сызықтық жылдамдығын жоғарылату химиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) жоғарылатады;

В) әсер етпейді;

С) төмендетеді;

Д) температураға байланысты;

Е) қысымға байланысты;

201. Бастапқы реагенттің концентрациясын жоғарылату химиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) төмендетеді;

В) жоғарылатады;

С) әсер етпейді;

Д) көлемге байланысты;

Е) қысымға байланысты;

202.Процестің температурасын жоғарылату химиялық сатының жылдамдығына қалай әсер етеді:

А) төмендетеді;

В) әсер етпейді;

С) жоғарылатады;

Д) қысымға байланысты;

Е) көлемге байланысты;

203. Газдардың сұйықтықтармен сіңірілуі кезінде химиялық реакция жүрсе процесті қалай атайды:

А) хемосорбция;

В) абсорбция;

С) адсорбция;

Д) десорбция;

Е) экстракция;

204. Сұйықтықтардан олардың ішінде еріген газдарды шығару процесі:

А) адсорбция;

В) хемосорбция;

С) абсорбция;

Д) десорбция;

Е) экстракция;

205. Газдардың сұйықтықтармен сіңірілуі:

А) экстракция;

В) хемосорбция;

С) адсорбция;

Д) десорбция;

Е) абсорбция;

206. Газдардың қатты заттармен сіңірілуі:

А) адсорбция;

В) хемосорбция;

С) абсорбция;

Д) десорбция;

Е) экстракция;

207. "Г-Қ" жүйесіндегі күйлердің әрекеттесу бетін көбейту тәсілі:

А) температура мен қысымды жоғарылату;

В) реагенттердің концентрациясын жоғарылату;

С) қатты заттарды майдалау;

Д) өнімдерді реакция аймағынан шығару;

Е) катализаторлар қолдану;

208. "Г-Қ" жүйесіндегі күйлердің әрекеттесу бетін көбейту тәсілі:

А) температура мен қысымды жоғарылату;

В) реагенттердің концентрациясын жоғарылату;

С) қарқынды араластыру;

Д) өнімдерді реакция аймағынан шығару;

Е) катализаторлар қолдану;

209. «С-Қ» жүйесінде жүретін процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін:

А) күйлердің әрекеттесу бетін төмендету керек;

В) қысымды мен концентрацияны төмендету керек;

С) концентрацияны мен температураны төмендету керек;

Д) күйлердің әрекеттесу бетін жоғарылату керек;

Е) қысым және температураны төмендету керек;

210. «С-Қ» жүйесінде жүретін процестердің жылдамдығын жоғарылату үшін:

А) күйлердің әрекеттесу бетін төмендету керек;

В) араластыру дәрежесін және температураны жоғарылату керек;

С) қысымды мен концентрацияны төмендету керек;

Д) белсенді катализаторлар қолдану керек;

Е) қысымды және температураны төмендету керек;

211. Катализ дегеніміз қандай заттардың қатысуымен химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылату процесі:

А) бейорганикалық;

В) бастапқы заттардың;

С) аралық қосылыстардың;

Д) органикалық;

Е) катализаторлардың;

212. Катализаторлар дегеніміз:

А) реакция өнімдерімен аралық қосылыстар түзу арқылы реакцияға қатысып, процестің соңында бастапқы химиялық құрамын қалпына келтіретін заттар;

В) шикізаттағы қоспалармен аралық қосылыстар түзу арқылы реакцияға қатысып, процестің соңында бастапқы химиялық құрамын қалпына келтіретін заттар;

С) бастапқы реагенттермен аралық қосылыстар түзу арқылы реакцияға қатысып, процестің соңында химиялық құрамы өзгеретін заттар;

Д) бастапқы реагенттермен аралық қосылыстар түзу арқылы реакцияға қатысып, процестің соңында бастапқы химиялық құрамын қалпына келтіретін заттар;

Е) бастапқы реагенттермен реакцияға қатысыпайтын, процестің соңында физика-химиялық құрамын қалпына келтіретін заттар;

213. Қатты катализатор:

А) V_2O_5;

В) H_2SO_4;

С) H_3PO_4;

Д) NO_2;

Е) NH_4OH;

214. Газды катализатор:

А) V_2O_5;

В) Fe_2O_3;

С) BF_3;

Д) Pt;

Е) H_3PO_4;

215. Сұйық катализатор:

А) BF_3;

В) Fe_2O_3;

С) Pt;

Д) H_2SO_4;

Е) V_2O_5;

216. Катализатордың үдетуші әсері:

А) температураны жоғарылатады;

В) активтілік энергиясын төмендетеді;

С) өнімнің шығымын жоғарылатады;

Д) өнімнің концентрациясын жоғарылатады;

Е) өнімнің сапасын жақсартады;

217. Катализатор қандай реакциялардың жылдамдығына әсер етеді:

А) термодинамикалық есептелген;

В) термодинамикалық шешілген;

С) термодинамикалық тұрақты;

Д) біртекті катализдік;

Е) әртекті катализдік;

218. Катализаторды қолдану қандай мүмкіндік береді:

А) өнімнің сапасын жоғарылатуға;

В) процесті диффузиялық аймақта жүргізуге;

С) процесті төмен температурада жүргізуге;

Д) процестің қозғаушы күшін көбейтуге;

Е) процесті кинетикалық аймақта жүргізуге;

219. Катализаторларды қолдану қандай мүмкіндік береді:

А) заттардың концентрациясын жоғарылатады;

В) өнімнің сапасын жоғарылатады;

С) өнімнің өзіндік құнын төмендетеді;

Д) активтік энергиясын төмендетеді;

Е) фазалардың әрекеттесу бетін жоғарылатады;

220. Катализаторларды қолдану қандай мүмкіндік береді:

А) процестің жылдамдық тұрақтысын жоғарылатады;

В) заттардың концентрациясын жоғарылатады;

С) өнімнің сапасын жоғарылатады;

Д) өнімнің өзіндік құнын төмендетеді;

Е) фазалардың әрекеттесу бетін жоғарылатады;

221. Катализаторларды қолдану қандай мүмкіндік береді:

А) фазалардың әрекеттесу бетін және тұтқырлығын жоғарылатады;

В) әрекеттесуші заттардың концентрациясын жоғарылатады;

С) өнімнің шығымын, сапасын және өзіндік құнын жоғарылатады;

Д) өнімнің шығымын, сапасын және өзіндік құнын төмендетеді;

Е) процесті таңдаушылық әсермен және төмен температурада жүргізуге;

222. Катализді процестерді жіктеу:

А) гидродинамикалық ереже бойынша;

В) процестің жылулық нәтижесі бойынша;

С) қолданылатын қысым бойынша;

Д) барлық заттардың агрегаттық күйі бойынша;

Е) температуралық ереже бойынша;

223. Катализді процестерді жіктеу:

А) гидродинамикалық ереже бойынша;

В) катализатордың әсері бойынша;

С) процестің жылулық нәтижесі бойынша;

Д) қолданылатын қысым бойынша;

Е) температуралық ереже бойынша;

224. Өнімдердің біреуі катализатор болса, процесс:

А) әртекті;

В) автокатализді;

С) біртекті;

Д) ферментативті;

Е) ингибиторлы;

225. Инициаторлар деген қандай заттар:

А) процестің қозғаушы күшін көбейтетін;

В) реагенттердің кедергісін жоғарылататын;

С) реакцияға қатысып, оны үдететін;

Д) процестің қозғаушы күшін көбейтетін;

Е) активтендіру энергиясын төмендететін;

226. Ингибиторлар деген қандай заттар:

А) жанама реакциялардың жылдамдығын төмендететін;

В) реакциялардың жылдамдығын жоғарылататын;

С) айналдыру дәрежесін жоғарылататын;

Д) активтендіру энергиясын төмендететін;

Е) процестің қозғаушы күшін көбейтетін;

227. Катализаторға аз мөлшерде басқа зат қосып оның активтілігін жоғарылату дегеніміз:

А) уландыру;

В) ингибиторлау;

С) қарқындылау;

Д) промоторлау;

Е) адсорбциялау;

228. Оң катализде катализатор:

А) химиялық реакцияның жылдамдығына әсер етпейді;

В) жанама реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін қолданылады;

С) химиялық реакцияның жылдамдығын төмендету үшін қолданылады;

Д) жанама реакциялардың жылдамдығын төмендету үшін қолданылады;

Е) химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін қолданылады;

229. Теріс катализде катализатор:

А) жанама реакциялардың жылдамдығын төмендету үшін қолданылады;

В) химиялық реакцияның жылдамдығына әсер етпейді;

С) химиялық реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін қолданылады;

Д) жанама реакцияның жылдамдығын жоғарылату үшін қолданылады;

Е) химиялық реакцияның жылдамдығын төмендету үшін қолданылады;

230. Біртекті катализдің негізгі кемшілігі:

А) жоғары температура;

В) айналдыру дәрежесі төмен;

С) қоспадан катализаторды бөліп алу;

Д) процестің қозғаушы күші төмен;

Е) активтендіру энергиясы төмен;

231. Өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын катализдік процестердің түрі:

А) біртекті;

В) микрогетерогенді;

С) автокатализді;

Д) әртекті;

Е) ферментативті;

232. Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамасы:

А) жану қысымы;

В) жану температурасы;

С) жану көлемі;

Д) жану концентрациясы;

Е) жылу беру қабілеті;

233. Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамасы:

А) концентрациясы;

В) қысымы;

С) температурасы;

Д) жылусыйымдылығы;

Е) активтілігі;

234. Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамасы:

А) температураның әсері;

В) қысымның мәні;

С) көлемнің азаюы;

Д) қысымның әсері;

Е) таңдаушылық әсері;

235. Қатты катализаторлардың технологиялық сипаттамасы:

А) қысымға төзімділігі;

В) көлемнің азаюы;

С) қысымның әсері;

Д) жылуға төзімділігі;

Е) температураның әсері;

236. Өнеркәсіптік катализаторларға қойылатын талаптар:

А) көлемі үлкен;

В) өнімділігі жоғары;

С) айналдыру дәрежесі;

Д) жану температурасы;

Е) төмен активтілігі;

237. Өнеркәсіптік катализаторларға қойылатын талаптар:

А) төмен активті;

В) улануға төзімді;

С) температурасы жоғары;

Д) кеуектілігі төмен;

Е) қарқындылығы төмен;

238. Өнеркәсіптік катализаторларға қойылатын талаптар:

А) қарқындылығы төмен;

В) кеуектілігі төмен;

С) жоғары активті;

Д) қарқындылығы төмен;

Е) төмен активті;

239. Катализатордың улануы дегеніміз катализатордың:

А) кеуектілігінің жартылай немесе толық жоғалуы;

В) қарқындылығының толық төмендеуі;

С) активтілігінің жартылай немесе толық жоғалуы;

Д) жану температурасының жоғарылауы;

Е) жану температурасының төмендеуі;

240. Катализатордың улану түрлері:

А) қайтымды және қайтымсыз;

В) тұрақты және қайтымсыз;

С) қайтымды және тұрақсыз;

Д) әртекті және біртекті;

Е) мерзімді және үздіксіз;

241. Қайтымсыз улану кезінде катализатордың активтілігін қалпына келтіру үшін қолданылатын әдістер:

А) физикалық;

В) жылулық;

С) ядролық;

Д) химиялық;

Е) термиялық;

242. Катализатордың жылуға төзімділігі оның қандай температураға төзімділігін көрсетеді (катализатордың жұмыс температурасынан):

А) 600^0С жоғары;

В) 5-10^0С жоғары;

С) 150-300^0С жоғары;

Д) 440^0С жоғары;

Е) 50-100^0С жоғары;

5 Қорытынды

Сонымен, оқу құралында химиялық өндіріс және оның құрылымы; химиялық өнеркәсіптің шикізат және отын-энергетикалық қорлары, оларды жіктеу және қолдану, энерготехнологиялық жүйелер құру принциптері туралы жалпы мәліметтер; ХТЖ-ң технологиялық операторлары мен байланыстары, моделдері туралы жалпы мәліметтер, ХТЖ-і талдау, синтездеу және оптималдау есептерінің маңызы; ХТП, оларды жіктеу белгілері, ХТП-гі тепе-теңдік және оны есептеу; біртекті, әртекті және әртекті-катализдік процестер, олардың жүру аймағын анықтау әдістемесі, жылдамдығы және оларды үдету жолдары қарастырылған. Әр бөлімнен кейін бақылау сұрақтары берілген. Оқу құралында студенттердің алған білім деңгейін тексеруге арналған тестік тапсырмалар және қолданылған әдебиеттер тізімі берілген.

Бұл студенттерге арнайы пәндердің негізі болып саналатын «Жалпы химиялық технология» пәнін ойдағыдай оқып игеруге және химиялық технология, оның негізгі заңдылықтары мен химия-технологиялық жүйені құру принциптері бойынша нақты білім алуға көмектеседі. Оқу құралының студенттердің өзіндік жұмысын, курстық және дипломдық жобалар орындау барысында көмегі өте зор.

6 Әдебиеттер тізімі

1. Молдабеков Ш.М., Жанмолдаева Ж.К., Қартбаев С.Қ., Закиева К.З., Қабылбекова Б.Н. Химиялық технологияныя негіздері: Оқулық. – Шымкент: М.О. Әуезов ат. ОҚМУ, 2001. –259б.

2. Бишімбаев У.К., Нарманова Р.Ә., Еспенбетова Ш.О. Химиялық технологияның негіздері: Жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық. – Алматы: Кітап баспасы, 2006.-296б.

4. Тойбаев Ы.Қ., Жұбанов Қ.А., Садықов Ү.Ә., Қоқанбаев Ә.Қ. Химиялық технология негіздері: Оқу құралы.-Алматы: Қазақ ун-ті, 2008.-350б.

5. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 528с.

6. Мухленов И.П. Основы химической технологии.–М.:Высш.шк., 1991.- 463с.

7. Бугенов Е.Б., Джусипбеков У.Ж.. Теоретические основы химической технологии.- Алматы, 2003 - 244с.

8. Кондауров Б.П. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.: Академия., 2005 – 336с.

9. Общая химическая технология и основы промышленной экологии // Под ред.В.И.Ксензенко. – М.: Колос, 2003, - 328с.

Жанмолдаева Жаңыл Кемаладинқызы

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

Баспаға қол қойылды:
Қағаз форматы X Y 1/16
Типографиялық қағаз. Офсеттік баспа. Көлемі 11,0 б.т.
Тираж 500 дана. Тапсырыс №

© М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, 2013ж.
М.Әуезов атындағы ОҚМУ баспа орталығы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы,5.