

M. Nyýazberdiýewa

UMUMY HIMIÝA TEHNOLOGIÝASY

Ýokary okuw mekdepleri
üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi tarapyndan
hödürlenildi*

Türkmen döwlet neşirýat gullugy
Aşgabat – 2012

UOK 66 + 378

N 93

M. Nyýazberdiýewa.

N 93 **Umumy himiýa tehnologiýasy.** Ýokary okuw mekdepleri
üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2012

Kitapda çig mal serişdelerini gaýtadan işlenilmeginiň tehnologiýasy we gurallary, himiki tehnologiýanyň umumylaşdyrylan esasy kanunlary, halk hojalygy üçin has wajyp meseleler beýan edilýär.

TDKP № 326, 2012

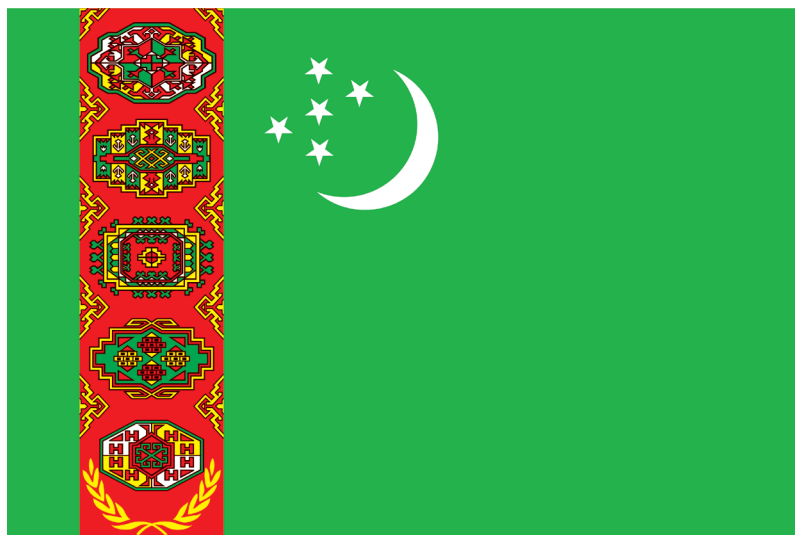
KBK 35.11 ýa 73

© M. Nyýazberdiýewa, 2012

**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň öňünde.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim janym
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim janym
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

GIRIŞ

Himiýa senagaty ýurduň maddy-tehniki binýadyny döretmekde we ösdürmekde örän wajypdyr. Himiýa önümçilikleriniň sany ýyl-ýyldan artýar, durky täzelenýär we özgerdilýär. Şeýle hem olaryň toparlara bölünmegi, dürli önümçilik proseslerinde birmeňzeş tehnologiýa usullaryň ulanylmagy, olaryň dolandyrylmagy, öndürilýän önümleriň hiliniň gowulandyrylmagy esasy mesele bolup durýar.

Hödürlenýän «Umumy himiýa tehnologiýasy» okuw kitabynda, dersiň maksatnamasyna laýyklykda, himiki-tehnologiýa prosesleriň geçişiniň umumy kanunlaryna ýa-da kanunalaýyklyklaryna, enjamlaryň ulanylyşynyň sazlaşykly usullaryna esasy üns berilýär. Himiýa tehnologiýasynyň nazaryýetiniň özleşdirilişini ýeňilleşdirmek üçin esasy kanunlary köp bolmadyk önümçilikler boýunça beýan edilýär.

Kitabyň birinji babynda himiýa senagatynyň çig maly we energetikasy, senagatda suw üpjünçiligi barada maglumatlar berilýär. Ikinji babynda himiýa tehnologiýasynyň esasy kanunlary we olaryň dürli proseslerde ulanylyşy görkezilýär. Üçünji babynda himiki-tehnologik prosesleriň we ulgamlaryň modelleşdirmе usuly arkaly barlanylyşy beýan edilýär. Dördünji bapda bolsa himiýa senagatynyň esasy wajyp önümçiliklerine seredilip geçilýär. Ahyrynda senagatyň ekologiki meseleleri we tehnologiýa prosesleriň täze, döwrebap gurluşynyň ugurlary berilýär.

Himiýa tehnologiýasy öz başlangyjyny taryhyň gadymy jümüşinden alyp gaýdýar. Eýýäm adamzat jemgyýetiniň ösüşiniň başlangyjynda adamlar käbir magdanlary, toýunlary we çägelere gazyp çykarandyklaryny we gaýtadan işländiklerini arheologiki agtaryşlar subut etdi. Alty mün ýyldan gowrak mundan öň, adamlar ýaraglary, enjamlary we oba hojalyk gurallaryny ýasamakda demri ulanypdyrlar, mundan baş mün ýyl öň bolsa, müsürliлер misi gazyp

almagy we gaýtadan işlemegi başarypdyrlar. Antik (gadymy grek, gadymy rim) dünýäsi altyny, kümşi, galaýyny, simaby, misiň galaýy bilen birleşme ergini (splawy) bolan бүрүнji (bronz) alyp bilipdirler. Takmynan, şol wagtda hem adam aýnany, keramikany taýýarlap bilipdir. Biziň eramyzdan köp asyr mundan ozal kükürt, tebigy soda, mineral reňkler, ösümlik ýaglary, şepbikler (smolalar) ulanylypdyr, deriler gaýtadan işlenilipdir, kosmetiki serişdeleri, partlaýjy maddalary, top oklary taýýarlanylýpdyr.

Nebit we nebit önümleri adamzada üç mün ýyldan bäri hem belli bolupdyr. Soňra farfory we kagyzy taýýarlap başlapdyrlar. Gadymy we orta asyrlaryň himiýasy we himiýa tehnologiýasy hojalygyň, lukmançylygyň we harby işleriň zerurlyklaryny kanagatlandyrmaga hyzmat edipdir. Himiýanyň döremeginiň başlangyjynda, tehnologiýa ylym hökmünde kabul edilmändir. Şeýlede bolsa ýuwaş-ýuwaşdan, adam toplanan tejribäni umumylaşdyrmaga we toparlara bölmäge, prosesleriň kanunalaýyklygyny öwrenmäge, olaryň geçişiniň iň amatly şertlerini döretmäge we olary amala aşyrmaga gerek bolan enjamlaryny oýlap tapmaga, taslamaga başlapdyr.

Tehnikanyň, şol sanda himiýa tehnologiýasynyň, ösüşiniň güýçli depgini himiýa senagatynyň ösüşiniň diňe XIX we ylaýta-da XX asyrdan giň gerim almagyna getirdi.

Tehnologiýa sözi: *tehnos* – sungat ýa-da hünär, kār we *logos* – ylym diýen grek sözlerden gelip çykýar. Diýmek, sözme-söz tehnologiýa – hünär baradaky ylymdyr.

Tehnologiýa ylym hökmünde XVIII asyryň ahyrynda XIX asyryň başynda kesgitlendi we halk hojalygy üçin wajyp, özbaşdak tejribe ähmiýetine eýe bolup, çalt ösüp başlady. Ol organiki däl, organiki, kolloid we fiziki himiýa, fizika, himiki termodinamika we beýleki himiýa we inžener ylymlaryna esaslandy.

Tebigatyň önümlerini gaýtadan işläp ulanylma serişdelerine öwürýän proseslerini we usullaryny öwrenýän ylma *tehnologiýa* diýilýär. Tehnologiýa mehaniki we himiki görnüşlere bölünýär. Maddanyň düzümini we içki gurluşyny üýtgetmeýän, gaýtadan işleme proseslerini öwrenmeklige *mehaniki tehnologiýa* diýilýär. Mysal üçin, ağaçdan mebel; metallardan galyplap çykarma, kesme

we beýleki işlenilme usullary bilen – maşynlaryň we enjamlaryň dürli şaýlaryny; pagtadan, zygyrdan we ýünden – sapak (ýüp), soňra bolsa mata taýýarlanylýar. Gaýtadan işlemegiň bu görnüşleriniň ählisinde agajyň, metalyň we tebigy süýümlü materialyň düzümi we içki gurluşy üýtgemeyär, materiallaryň, esasan, diňe daşky görnüşi üýtgeýär.

Ýöne gaýtadan işlenilme prosesleriniň netijesinde maddalaryň düzüminiň, häsiýetleriniň we içki gurluşynyň düýpli üýtgemegi hem bolup geçýär. Mysal üçin, şol bir agaçdan, howa bermezden gyzdyрма usuly arkaly agaç şepbigi, metil spirti, uksus kislotasy we beýleki maddalar alynýar. Tebigy gazlardan we nebit bilen ugurdaş gazlardan plastiki jisimler, kauçuklar, sintetiki süýümler alynýar.

Bu önümler özleriniň düzümi, gurluşy we häsiýetleri boýunça başda alnan materiallara meňzeş däldir. Şeýle proseslere himiki prosesler, çig malyň himiki gaýtadan işleniş proseslerini öwrenýän ylma bolsa *himiki tehnologiýa* diýilýär.

Emma himiki we mehaniki tehnologiýanyň arasynda düýpli aratapawut ýok diýip bolmaz. Aýratyn ýagdaýlarda olar, materialyň durkunyň we daşky görnüşiniň üýtgemegi himiki baglanyşyk arkaly hem geçýärler, öz gezeginde, himiki prosesler, köplenç, mehaniki prosesler bilen utgaşdyrylýar.

Himiki tehnologiýa organiki däl maddalaryň we organiki birleşmeleriň tehnologiýasyna bölünýär. Organiki däl maddalaryň tehnologiýasy mineral kislotalaryň, azodyň, aşgarlaryň, dürli duzlaryň, şol sanda dökünleriň önümçiliklerini, silikat senagatynyň önümlerini – berkidiji maddalary, aýnany, keramikany, gara we reňkli metallaryň metallurgiýasyny we ş.m. öz içine alýar. Organiki maddalaryň tehnologiýasy gaty we gaz görnüşli ýangyçlaryň, nebitiň himiki gaýtadan işlenilişiniň, esasy organiki sinteziniň önümleriniň, aralyk önümleriniň we boýaglaryň, plastiki jisimleriniň şeýle hem himiki süýümleriň, kauçugyň we ş.m. önümçiliklerinden ybaratdyr.

HIMIÝA SENAGATYNYŇ ÇIG MALY WE ENERGETIKASY

Kärhana tarapyndan önümi taýýarlamaklyga we ýerleşdirilmäge edilýän maliýe görnüşli çykdajysyna önümiň doly özüne düşýän gymmaty, kärhananyň diňe önümçilik bilen bagly çykdajysyna bolsa önümiň özüne düşýän *kärhana gymmaty* diýilýär. Önümiň özüne düşýän kärhana gymmatyny düzýän harajatyň esasy bölümleri aşakdakylardan ybaratdyr:

1. – önümçiligiň himiki reaksiýalaryna gönüden-göni gatnaşýan çig mallar, ýarym önümler we esasy materiallar;
2. – tehnologiýa maksatlary üçin ulanylýan ýangyç we energiýa;
3. – esasy önümçilik işgärleriniň iş tölegi;
4. – amortizasiýa – esasy önümçilik fondlarynyň: jaýlaryň, binalaryň, enjamlaryň we beýleki zatlaryň könelmeginiň öwezini dolma;
5. – esasy önümçilik fondlaryň saklanyşyna we gündelik abatlaýyş işlerine goýberilýän seh harajatlary. Olara sehiň dolandyryş – hojalyk işgärleriniň zähmet haky, howpsuzlyk tehnika we zähmeti goramak boýunça harajatlar hem girýär.

Adatça, önümiň özüne düşýän gymmatyndan, şol bir çig maldan emele gelýän goşmaça önümleriň bahasy aýrylýar. Himiýa önümçiliginde önümiň özüne düşýän gymmatynyň bölümleriniň harajat gatnaşygy dürli-dürlüdür. Emma, köplenç, esasy harajatlaryň birinji (çig-mal) bölümi, himiýa senagatynda ortaça 60–70% bolup, ikinji bölümi (ýangyç we energiýa) – takmynan 10%-e barabardyr.

Diýmek, himiýa senagatynyň önüminiň özüne düşýän gymmaty ilki bilen çig malyň doly bahasyna we ulanylyşyna, ýangyjyň we energiýanyň sarp ediliş harajatyňa baglydyr. Şonuň üçin çig malyň doly we toplumlaýyn (kompleksleýin), ýagny onuň düzümine girýän ähli düzüm bölekleriniň ulanylmagy, şeýle hem ýangyjyň we energiýanyň tygşytly harçlanylmagy önümiň özüne düşýän gymmatynyň arzanlamagynyň esasy şerti bolup durýar.

1.1. Himiýa senagatynyň çig maly

Senagat önümleriniň önümçiliginde ulanylýan tebigy materiallara *çig mal* diýlip atlandyrylýar. *Ýarym önümler* – bu käbir kärhanalarda çig malyň gaýtadan işlenmeginiň netijesinde alynýan materiallar bolup, haýsy bolsa-da beýleki bir önüm üçin başlangyç material bolup hyzmat edýärler. Berlen önümçilikde ulanylmaýan goşmaça önümlere *zyňyndylar* diýilýär, ýöne olar beýleki himiki önümleriň önümçiliginde çig mal hökmünde ulanylýar.

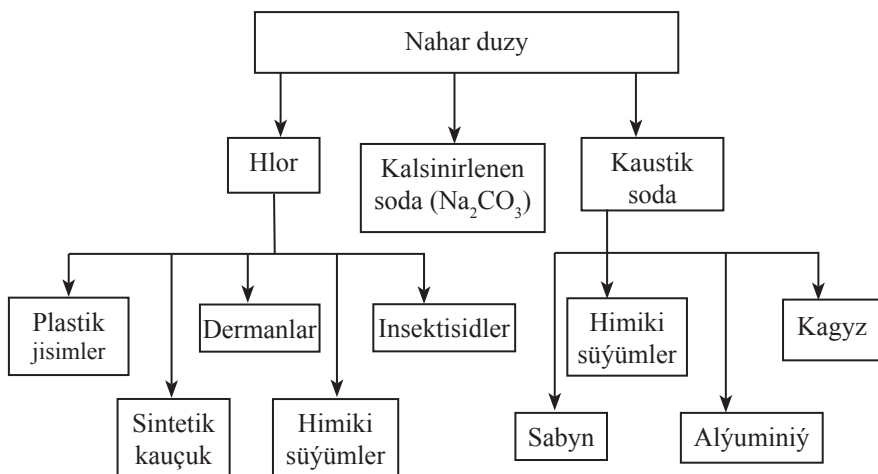
Çig mal – dürli himiki-tehnologiki prosesleriň aýrylmaz bölegi bolup, köplenç, olaryň tehnologiýasyny we ykdysadyýetini kesgitleýär.

Biziň daş-töweregimizi gurşaýan tebigat himiýa senagatynyň çig maly üçin tükeniksiz çeşme bolup durýar. Ylmyň we tehnikanyň ösüşi bilen bolsa, himiýa önümleriniň önümçiliginde täze-täze gazylyp alynýan peýdaly magdanlar peýdalanylýar.

Himiýa kärhanalarynda çig malyň dürli görnüşleri gaýtadan işlenilýär. Nahar duzy himiýada emeli derini we trikotaž önümlerini, derman serişdelerini we ş.m. almak üçin ulanylýar. Kömürden çylşyrymly maşyn gurallaryny, boýaglary, giňden ulanylýan serişdeleri taýýarlanylýar. Maýyşgak kauçuk, gaty plastiki jisimler, berk we owadan süýümler, dökünler, laklar, eredijiler, dermanlar, ýuwujy serişdeler ýaly önümleriň doly bolmadyk sanawy nebitden we tebigy gazlardan alynýar. Çäge himiýaçylaryň elinde aýna, semente, howa bolsa dökünlere, trikotaž harytlara, boýaglara öwürülýär.

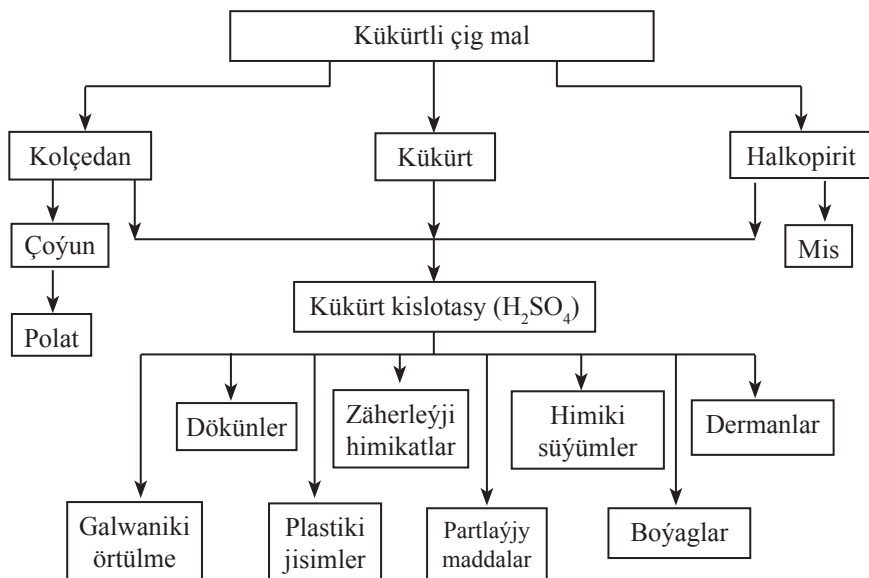
Şeýlelikde, himiýa kärhanalarynda gaýtadan işlenýän başlangyç materiallar sanardan köpdür. Ýöne, oňa garamazdan, himiýa senagatynyň çig malyny aşakdaky toparlara: *emele gelmegi* boýunça – mineral, ösümlik we haýwanat çig mallaryna; *agregat ýagdaýy* boýunça – gaty, suwuk we gaz çig mallaryna, *düzümi* boýunça – organiki däl we organiki çig mallara bölüp bolar.

Mineral çig maly – bu ýerastyndan gazylyp alynýan peýdaly magdanlardyr, olar halk hojalygynda ykdysadyýet taýdan netijeli peýdalanylýar. Adatça, mineral çig mal üç görnüşe: magdan, magdan däl we ýangyç çig mallara bölünýär.



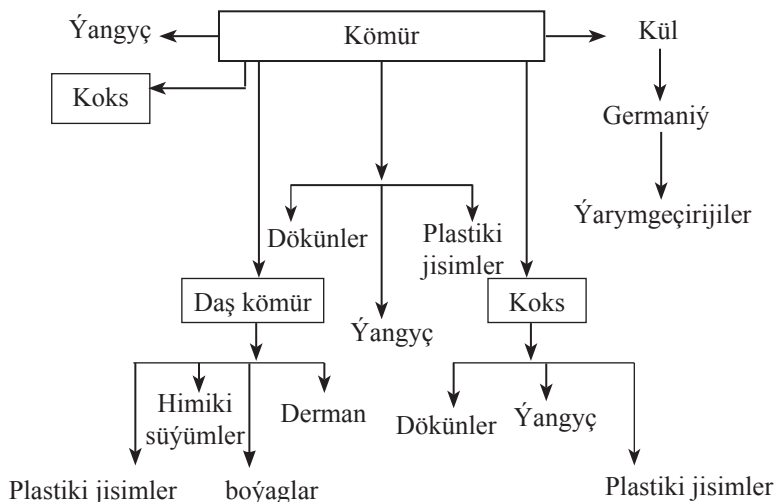
1-nji surat. Nahar duzunyň senagatda ulanylyşy

Magdan mineral çig maly diýlip metallaryň alynmagy üçin ykdysadyýet taýdan amatly bolan dag jynslaryna aýdylýar. *Magdan çig maly*nyň birnäçe görnüşleri gaýtadan işlenende, metallar bilen bilelikde, himiýa önümleri hem öndürilýär. Mysal üçin, mis, sink, nikel bilen birlikde kükürt kislotasyny öndürýärler.



2-nji surat. Kükürtli çig malyň ulanylyşy

Magdan däl mineral çig maly – bu himiki, gurluşyk we beýleki metal däl materiallaryň önümçiliginde ulanylýan ýöne metallary öndürmekde ulanylmaýan dag jynslarydyr. Olara kükürt, fosforitler, apatitler, kaliý duzlary, nahar duzy, çäge, çagyl, toýunlar we ş.m. çig mallar degişlidirler. Çig malyň bu görnüşleri dürli himiýa önümleriniň öndürilmeginiň çeşmesidir. Magdan däl çig malynyň ulanylyşynyň degişli mysallary 1-nji we 2-nji suratlarda görkezilýär.

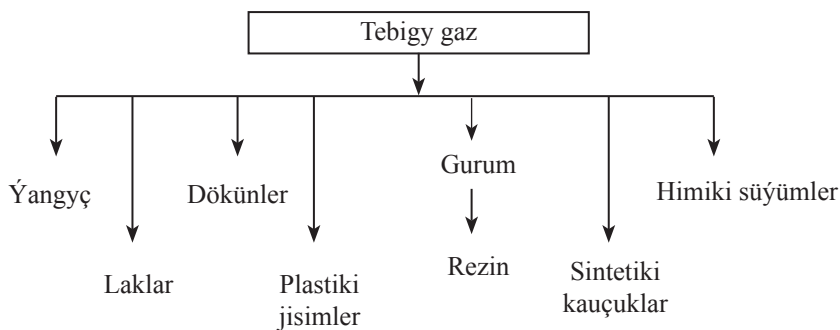


3-nji surat. Kömrüň ulanylyşy

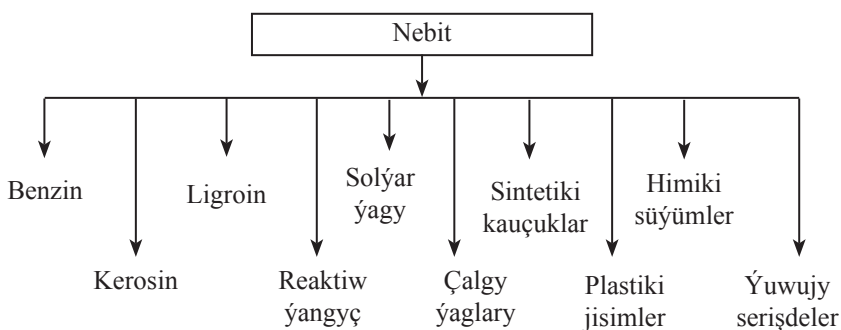
Kömür, nebit, torf, ýangyç slanesleri (gatlakly dag jynslar), tebigy gaz we ş. m. *ýangyç mineral çig mallaryna* degişlidirler. Ýangyç çig mallaryndan himiýaçylar dürli önümleri alýarlar. Munuň şeýledigini 3-nji, 4-nji, 5-nji we 6-njy suratlarda getirilen çyzgylar häsiýetlendirýär.

Bu suratlardan görnüşü ýaly nebit, kömür, gaz himiýaçylar üçin diňe ýylylygyň çeşmesi bolman, eýsem ägirt uly maddy baýlyklaryň çeşmeleri bolup hem hyzmat edýär.

Daş kömri we beýleki kömürler boýaglary, dermanlary we himiki süýümlerden alynýan owadan harytlary, dürli ýarymgeçirijileri, dökünleri almaga mümkinçilik berýär.



4-nji surat. Tebigy gazyň ulanylyşy

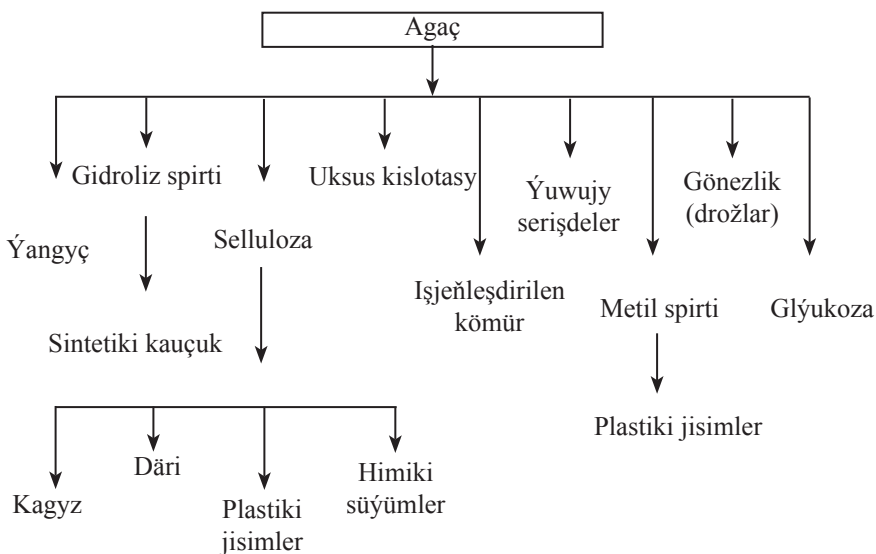


5-nji surat. Nebitiň ulanylyşy

Tebigy nebitden iň gymmat bahaly maddalar alynýar. Häzirki wagtda biziň durmuşymyzy nebitden alynýan, ýangyç hökmünde ulanylýan uçarsyz, awtomobilsiz, kombaýnsyz göz önüne getirip bolmaýar. Ýöne ýere nebit «gara altyn» diýlip atlandyrylmaýar. Watanymyz Türkmenistan Kawkaz, Başgyrdystan, Tatarystan, Sibir ýaly nebite baý ýurtlaryň hataryna girýär.

Ösümlik we haýwanat çig mallary özüniň häsiýetine laýyklykda iýmit we tehniki görnüşlere bölünýär. Iýmit çig mallaryna oba hojalygynyň tokaý we balyk hojalyklarynyň önümleri degişlidir. Himiýada we beýleki senagat pudaklarynda, iýmitde ulanylmaýan, tehniki ösümlik we haýwanat çig mallary peýdalanylýar. Olara pagta, agaç, gury ot, zygyr, kenep, deri, ýüň, bagana, balyk ýagy, haýwanlaryň süňkleri we ş.m. degişlidir. Ösümlik çig malynyň ulanylyşynyň

mysalyny agaçdan taýýarlanylýan önümlerde görkezip bolar (6-njy sur.)



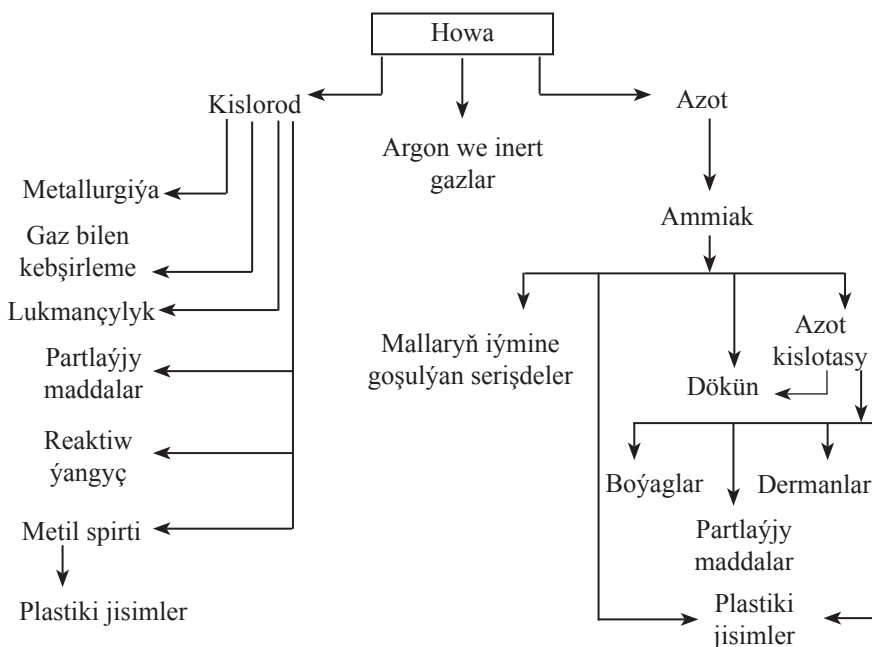
6-njy surat. Agajyň ulanylyşy

Himiýa senagaty üçin mineral, ösümlik we haýwanat çig maldan başga, howa we suw hem çig maldyr.

Howa – tükeniksiz çig maldyr. Onuň düzüminde takmynan 78% azot, 21% kislorod bolup, galany argon, neon, kripton, ksenon we geliý ýaly inert gazlardyr. Howanyň ähli düzümleri halk hojalygynda giňden ulanylýar.

7-nji suratdan görnüşi ýaly, howadan, gram we kilogram hasabynda alynýan dermandan millionlap tonna dökünlere çenli dürli önümler öndürilýär. Suw diňe wodorody we kislorody emele getirmekden başga-da dürli himiki reaksiýalarda himiki prosesleriň hemmesine diýen ýaly gatnaşýar. Diýeli, ony kükürt, azot we beýleki kislotalaryň, aşgarlaryň we ş.m. önümçiliklerinde ulanýarlar. Köp ýagdaýlarda suwy gaty, suwuk we gaz görnüşli maddalary eretmek üçin ulanýarlar. Himiýa kärhanalarynda suw özara täsirleşýän maddalary gyzdyryjy we sowadyjy hökmünde hem hyzmat edýär.

Himiýa kärhanalarynda suwa bolan zerurlyk ýokary bolup, uly kärhanalarda onuň göwrümi bir gije-gündizde million kubometre ýetýär.



7-nji surat. Howanyň ulanylyşy

Çig malyň ulanylyşy. Himiki çig mal diýseň köp dürlüdür, onuň gollary örän uludyr. Şol bir wagtyň özünde, Ýeriň gatlaklarynda aýratyn elementler deň mukdarda ýaýramaýar. Ýer gatlagynyň agramynyň, takmynan, ýarymy kisloroddan we 26%-i kremniýden ybarat bolup durýar. Ýaýrama derejesi boýunça, olardan soň, alýuminiý (7,45%) we demir (4,2%) gelýär. Kislorod, kremniý, alýuminiý, demir, kalsiý, natriý, magniý, kaliý we wodorod elementleriň dokuzysy Ýer gatlagynyň, takmynan, 98% agramyny tutýar, galan elementleriň mukdary bolsa, diňe 1,9% deňdir. Uglerod ýaly ýaşayş üçin şeýle wajyp element Ýer gatlagynyň agramynyň diňe 0,35%-ini tutýar, 76 element, şol sanda giňden ulanylýan simap, gurşun we myşýak bolsa diňe 0,06%-ini tutýar. Diýmek, käbir elementleriň ýaýraýşy biziň adaty çaklaýşymyza deň gelmeýär.

Häzirki wagtda himiýa senagatynda dünýä boýunça 80-den gowrak element ulanylýar. Öňki aýdyşymyza görä, birnäçe elementleriň gory köp däl, şonuň üçin hem, gor möçberi bilen ulanylyşyň depgininiň deň däldegi sebäpli, adamzadyň öňünde çig malyň tygşytly we oýlanyşykly ulanmak meselesi ör boýuna galýar. Şeýlelikde, ykdysadyýet pudagyňyň öňünde çig maly ulanmagyň aşakdaky ýaly: arzan çig maly gözläp tapmak we ulanmak, çig maly ýörite işläp, başdaky görnüşine getirmek (regenerirlemek), zyňyndylary peýdaly ulanmak, baýlaşdyrylan çig malyny ulanmak, azyk çig maly azyk däl çig mal bilen çalyşmak we ş.m. esasy meseleler goýulýar.

Arzan çig malyň gözlenilip tapylyşy we ulanylyşy. Ilki bada ýerli çig maly, ýagny ulanylýan ýere iň ýakynyny we uzaga daşalmagyny talap etmeýän çig maly ulanmaga çemeleşmeli. Köp ýagdaýlarda çig mal bolup beýleki önümleriň önümçiliginiň zyňyndylary hem hyzmat edip biler.

Ýeňil gazylyp alynýan we arzan çig mal tehnologiýa prosesini ykdysady netijeliliginiň görkezijisidir. Mysal üçin, himiýa senagatynda ýangyç we çig mal bolup, kömür ulanylýardy. Emma nebitiň we gazyň turba geçirijiler arkaly daşalmagy kömre görä amatly we arzan düşýär. Nebit we gaz galyndysyz ýanýar, kömürden bolsa ummasyz köp kül (şlaklar) galýar, ýylylygy hem nebit bilen gazy ýakylandaka garanda, az bolýar. Ýöne elbetde, himiki gaýtadan işlenmede kömür ulanylanok diýip bolmaz.

Himiýa önümleriň önümçiliginde şol ýa-da başga görnüşli ýangyjy ulanmak baradaky mesele ýurduň aýratynlygy bilen çözülýär. Elbetde, nebite we gaza baý ýurtlarda olar esasy himiýa çig maly bolmalydyrlar.

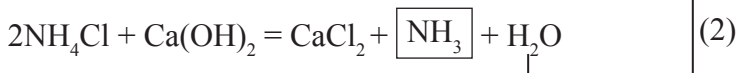
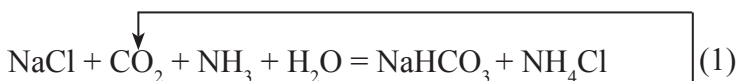
Tehnikanyň ösüşinde «çig mal» diýlen düşünje üýtgeýär, ýagny önümçilikde emele gelýän zyňyndylaryň we ýarym önümleriň ulanma mümkinçiligi giňelýär we düýnki zyňyndylar geljekde gymmat bahaly senagat çig maly bolup hyzmat edip biler.

Çig malyň köptaraplaýyn ulanylyşy. Bu mesele, çig malyň ähli düzüm böleklerinden dürli önümleriň we materiallaryň öndürilmegini aňladýar. Çig malynyň toparlaýyn ulanylmagynda önümçilik zyňyndysyz bolýar – çig malyň düzüminde saklanýan ähli maddalar

ulanylýar. Şeýle ulanmagyň mysaly hökmünde nebitiň, kömrüň, tebigy gazyň, agajyň (*1–7-nji suratlar*) gaýtadan işlenmegi bolup biler.

Çig malyň toparlaýyn ulanylmagynyň iňňän uly ähmiýeti – çig malyň harajatyny azaltmaga hem mümkinçilik berýändigindedir. Diýeli, tebigy gazdan dökünleriň öndürilmeginde, şol birwagtda, goşmaça harajatsyz, kauçugy, uksus kislotasyny, plastiki jisimleri, himiki süýümleri we beýleki önümleri almaga mümkinçilik döreyär. Çig malyň gaýtadan işlenmegi, ykdysady taýdan maksada laýyk bolup, halk hojalyk ähmiýetine eýe boldy, özem soňky wagtlarda senagatda has giňden ýaýrap ugrady.

Çig maly ýörite işläp başdaky görnüşine getirilişi (regenerasiýasy). Özara täsirleşýän maddalary gaýtadan ulanmak üçin olary başlangyç ýagdaýyna getirmeklige *çig malyň regenerasiýasy* diýilýär. Mysal üçin, nahar duzunyň erginini ammiak we uglerodyň ikili oksidi bilen özara täsirleşdirilende natriý bikarbonatynyň NaHCO_3 çökündisi we ammoniý hloridiniň NH_4Cl ergini emele gelýär (1).



Eger bu ergin gyzgyn hek süýdi bilen işlenilse (2), onda ammiak bölünip çykar we ony (1) reaksiýanyň geçirilmeginde ýene-de ulanmak bolar. (2) reaksiýa ammiagyň dikeldilme prosesini aňladýar.

Zyňnyndylaryň peýdaly ulanylyşy. Çig malyň toparlaýyn gaýtadan işlenilmegine seretmezden, häzirki wagtda himiýa önümçilikleriniň käbirinde, özüne ulanma tapmaýan zyňnyndylaryň ýeterlik köp mukdary galýar. Olar kärhananyň çäğinden çykarylýar we suw howdanlaryny, topragy we howany hapalaýarlar. Mysal üçin, soda öndürýän kärhanalarynda suwuk zyňnyndylaryň (şol sanda CaCl_2) uly möçberi işlenip çykarylýar.

Himiýa kärhanalarynyň zyňnyndylaryny zyýansyzlandyrmak üçin ýörite arassalaýjy desgalar gurýarlar.

Çig malyň baýlaşdyrylmagy. Düzüminde ýa-da beýleki maddalaryň ýokary mukdary bolan çig maly ulanmaga çalyşmalydyr.

Şeýle çig malyň ulanylmagy, onuň gaýtadan işlenilişini arzanladýar we ýönekeýleşdirýär. Emma himiýa senagatynda ulanylýan çig mal, gynansak-da, köp ýagdaýlarda, konsentrirenen däldir we şonuň üçin hem, gaýtadan işlenilmezden öňürti ol ýörite baýlaşdyryjy kärhanalarda «baýlaşdyrylýar».

Azyk *çig malyň azyk дәl çig maly bilen çalyşylmagy*. Soňky wagtlara çenli himiki önümleriň we materiallaryň köpüsi azyk çig mallaryndan öndürilýärdi. Olara millionlarça tonna дәne, kartofel, ösümlikleriň we haýwanatlaryň ýaglary harçlanýardy. Mysal üçin, sintetiki kauçuk öndürilende, oňa zerur bolan etil spirtiň bir tonnasyna 10–11 tonna kartofel ýa-da 4 tonna дәne harçlanýardy. Şu mysalyň üsti bilen himiýa senagatynda azyk önümleriniň çakdanaşa köp mukdarynyň harçlanýandygyny görmek bolýar. Azyk дәl çig maldan alynýan önümleriň bahasy azyk çig malyndan alynýan önümlerine görä pesdir.

1.2. Türkmenistanyň himiýa çig mallary we himiýa kärhanalary

Türkmenistan ýerüsti we ýerasty tebigy çig mallara baý ýurtdur. Olardan nebitiň, tebigy gazyň, himiýa çig mallarynyň gorlary dünýä bellidir.

Türkmenistan tebigy gazyň we nebitiň gorlary boýunça dünýäde ilkinji orunlarda durýar. Watanymyzda uglewodorod çig mallaryny gazyp almak, gaýtadan işlemek boýunça hem köp işler amala aşyrylýar.

Türkmenbaşy we Seýdi şäherlerindäki nebiti we gazy gaýtadan işleýän zawodlar ýokary hilli ýangyçlaryň we çalgy ýaglarynyň dürli görnüşlerini, polimer materiallaryny we ş.m. dünýä bazarynyň talaplaryna laýyk görkezijiler boýunça öndürýärler.

Türkmenistanyň Prezidenti Hormatly Gurbanguly Berdimuhamedowyň «Türkmenistanda durmuş-ykdysady özgertmeleriň 2020-nji ýyla çenli baş ugry» Milli Maksatnamasyna laýyklykda, goşmaça himiýa, tekstil, sellýuloza-kagyz, gurluşyk we ykdysadyýetiň ösmegi üçin zerur bolan beýleki ugurlar boýunça täze kärhanalaryň uly ulgamy döredilýär we işe girizilýär.

Garabogaz kölüniň tebigy duzlary, Günbatar Türkmenistanyň ýodly, bromly ýerasty suwlary, Magdanly–Köýtendag sebitiniň dag-magdan baýlyklary dünýä meşhurlygyna eýedir. Olaryň esasynda häzirki wagtda «Garabogazsulfat», «Balkanhimiýa», «Maryazot», «Türkmenmineral» önümçilik birleşikleri, Türkmenabadyň himiýa zawody, Tejenkarbamid zawody öndürjilikli işleýärler. Hazaryň, Balkanabadyň, Boýadagyň ýodly, bromly suwlarynyň esasynda ýoduň öndürilişiniň mukdary gün-günden artýar.

Türkmenistanyň çäklerinde dürli mineral çig mallaryň uly gorlary bardyr. Mysal üçin, natriý, kaliý, magniý, kalsiý, tebigy duzlar seýrek duş gelyän himiki elementler – Garabogaz köl aýlagynda we Magdanly–Köýtendag sebitinde; ýod, brom – Hazaryň, Boýadagyň, Gögerendagyň ýerasty suwlarynda, nebitiň we gaz bilen çykýan ugurdaş suwlarda; kükürt – Magdanlyda; goňur okislenen kömür – Töwürgyrda (Türkmenbaşy etrabynda); hek daşy, dolomit, gips we beýleki gurluşyk materiallary – Günbatar Türkmenistanda, Magdanly–Köýtendag sebitinde ýerleşýärler. Bular himiki çig malyň gorlarynyň doly bolmadyk sanawydyr.

Häzirki wagtda himiki çig mallaryň esasynda halk hojalygy üçin zerur bolan mineral dökünler, kislotalar, dermanlar, boýaglar we ş.m. öndürilýär.

Geljekde ýurdumyzda zerur bolan himiýa önümleriniň ählisini diýen ýaly ýerli çig mallardan öndürmeklik göz önünde tutulýar. Şol sebäpli, hereket edýän kärhanalar giňeldilýär, durky täzelenýär we täze senagat kärhanalary gurulýar.

Tebigy çig maldan adamsada gerek bolan önümleri senagat taýdan almak üçin ýörite himiki-tehnologiki prosesleri amala aşyrmak zerur bolýar.

Tehnologiýanyň esaslary – bu giňden ulanylmagy üçin saýlanyp-seçilýän, önümçilik düzgünleriniň oýlanyşykly esaslandyrylmagynyň ylmy usullarynyň toplumydyr.

Islendik senagat tehnologiýasy ykdysady we ekologiki ugurlary öz içine alýar. Şol bir wagtyň özünde, önümiň ykdysady görkezijileri bolsa senagatda ulanylýan çig malyň, suwuň, ýangyjyň, energiýanyň, ulaglaryň we beýleki ulanylýan we harçlanylýan serişdeleriň gymmaty bilen kesgitlenýär.

Belli bolşy ýaly, häzirki wagtda gündelik durmuş we halk hojalygynyň pudaklary üçin gerek bolan maddalaryň we materiallaryň köpüsi gazylyp alynýan peýdaly baýlyklaryň esasynda öndürilýär.

Peýdaly baýlyklar *mineral* we *organiki* toparlara bölünýärler. Mineral maddalara magdanlar, suwlar, duzlar, kömür, metallar we ş.m. degişlidir. Organiki tebigy baýlyklara bolsa nebit, tebigy gaz, ösümlük we haýwanlardan alynýan önümler we ş.m. degişlidir.

Agregat ýagdaýy boýunça peýdaly baýlyklar *gaz*, *suwuk* we *gaty* hallarda bolýarlar. Gaz halyndaky maddalara mysal: tebigy gaz, kükürtli wodorod (H_2S), kömürturşy gazy (CO_2), inert gazlary; suwuk maddalara nebit, duzlaryň suw erginleri; gaty maddalara bolsa magdanlar, kömür, duzlar, dag jynslary we ş.m.-ler degişlidir.

Peýdaly komponentleriniň mukdary boýunça peýdaly baýlyklar *garyp*, *baý*, *kompleks* we ş.m. toparlara bölýärler. Çig maldan gerek bolan peýdaly komponenti bölüp çykarmak üçin dürli tehnologiýa usullary ulanylýar. Tehnologiýa taýdan alnanda çig mal, energiýa, suw, enjam, ulag, zähmet serişdeleri we beýlekiler zerur bolup durýar. Şol bir wagtyň özünde ekologiki talaplar hem doly ýerine ýetirilmelidir.

Peýdaly baýlyklaryň görnüşlerine baglylykda, olary gaýtadan işlemek üçin dürli usullar ulanylýar. Olar bu maddalaryň himiki, fiziki, biologiki we ş.m. häsiýetlerine esaslanýarlar. Şol sebäpli hem mehaniki, himiki, biologiki we kombinirlenen usullary öz içine alýan tehnologiýalary hem bolýar.

Suwuk ýagdaýyndaky mineral baýlyklara ýerasty gidromineral çig mallar, ýagny düzüminde köp sanly tebigy, duzly senagat suwlary bar bolan minerallar degişlidir. Olar ýörite gazylyp alynýar ýa-da beýleki magdanlar bilen ugurdaş çykýarlar. Bu baýlyklar biri-birlerinden düzüminde erän maddalaryň hili we mukdary boýunça tapawutlanýarlar. Umumy minerallaşmasynyň mukdary 50 g/l-den ýokary bolan suwlara *şerebeler* diýilýär. Türkmenistanda şeýle duzly suwlara Garabogazyň şerebeleri, ýodly-bromly ýerasty suwlary girýärler. Garabogazyň şerebelerinde duzlaryň konsentrasiýasy 350 g/l-e ýetýär. Onuň düzüminde, esasan, natriý we magniý hloridleri we sulfatlary bar. Olardan häzirki wagtda «Garabogazsulfat» önümçilik birleşiginde bişofit –

$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ öndürilýär. Natriý sulfaty zawod we basseýin usullary arkaly öndürilýär. Basseýinlerde çig maldan suwy bugartmak we soňra gys döwründe -5°C -dan pes temperaturada $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ çökdürme usuly ulanylýar. Bu şerebeli suwlarda başga-da gymmatly elementler bolan Br, Li, Sr bar. Hazaryň we Balkanabadyň ýerasty ýodly-bromly suwlarynda duzlulyk derejesi örän ýokary bolmak bilen, ol 200 g/l-e ýetýär. Häzirki wagtda bu suwlardan ýod öndürilýär.

Türkmenistanyň iň gymmatly baýlyklarynyň biri *ýoddur*. Ýod kristalik, brom bolsa suwuk maddadyr. Bu elementleri we olaryň birleşmeleri himiki taýdan örän işjeň maddalar. Şonuň üçin olar tebigatda diňe birleşmeler görnüşinde seýrek halda duş gelýärler. Türkmenistanda ýod we brom Günbatarda – Hazaryň, Balkanabadyň we nebitiň, gazyň ugurdaş suwlarynda duş gelýär. Olaryň düzüminde 20–35 g/l-e çenli ýod, 300–600 mg/l-e çenli brom saklanýar. Bu elementleriň himiki häsiýetleriniň meňzeşligi sebäpli, olar köp halatlarda bilelikde öndürilýär. Ýod, esasan, absorbsiýa we howa bilen kowmak usuly arkaly öndürilýär.

Köp sanly himiki maddalar tebigatda duz görnüşinde duş gelýär. Olardan has giň ýaýranlarynyň biri *natriý hlorididir* (NaCl). Türkmenistanda NaCl duzunyň baý ýataklary bar. Ol tebigatda köp halatlarda silwinit (KCl NaCl) mineraly görnüşinde gabat gelýär.

Nahar duzunyň (NaCl) *öndürilişiniň* üç görnüşli: şahta usuly, kölleriň duzundan, basseýin duzlaryndan alnyş usullary bar. Türkmenistanyň şertlerinde NaCl Garabogazyň şerebesinden, ýerasty ýodly-bromly suwlaryndan alnyp bilner. Häzirki döwürde nahar duzy, esasan, Guwlyduzda öndürilýär.

Türkmenistanyň çäklerinde 7 sany fosforitgöteriji ýataklar bar. Bu fosforitler hakyndaky ilkinji maglumatlar 1875-nji ýylda N.A. Sewersew tarapyndan berildi. Geologiýa gözlegleriniň netijesinde, ýurdumyzda ýerleşýän fosforitleriň ýataklaryndaky P_2O_5 -iň mukdary: Garaşor – Gumsebşen oýunda – 16–19%-e çenli, Günbatar Köpetdagyň eteginde (Gäwers antiklinalynda) – 10–23%-e çenli, Gowurdak – Köýtendag sebitinde – 16–18%-e çenli, Demirgazyk Darganata (Bir ata) – 6–13,8%-e çenli, Amyderýanyň aşak akymynda – 4–19%-e çenli baryp ýetýär.

Türkmenistanyň çäginde önümçilige ýaramly fosforit gory Gündogar Garabogazda ýerleşýän Töwürgyr ýatagydyr. Biziň ýurdumyzda bar bolan fosforitleri senagat önümçiliginde ulanmak üçin olary baýlaşdyrma usullary arkaly gaýtadan işlemek zerurdyr.

Türkmenistanda ýerli çig mallaryň esasynda işleýän birnäçe himiýa kärhanalary hem bardyr.

Ýod-brom önümçiligi kärhanalary. Bulara Günbatar Türkmenistanda ýerleşýän Hazaryň himiýa, Bereket we Balkanabadyň ýod zawodlary girýär. Olarda ýod, ýodly kaliý, kaliý ýodasy, ýodoform we beýlekiler öndürilýär. Bu önümler himiýa senagatynda, derman önümçiliginde we ş.m. giňden ulanylýar. Ýod önümçiligi üçin çig mal hökmünde Hazaryň, Seýitkerdere we Boýadagyň ýerasty has minerallaşan suwlary hyzmat edýärler. Şol ýerasty suwlaryndaky ähli duzlaryň mukdary deňşilikde 25–35 we 450 mg/l töwereginde-dir.

Ýerastyndan burawlanyp çykarylan suwlardan ýody ýörite tehnologiýa usullary bilen öndürýärler. Onuň üçin ilki ýod I^- ion görnüşinden hlor bilen okslendirip, erkin I_2 halyna öwürýärler. Soňra aşgar ergininiň üstünden geçirmek arkaly erginden çykaryp alynýar.

S.A. Nyýazow adyndaky «Garabogazsulfat» önümçilik birleşigi. Bu kärhana Garabogaz aýlagynyň golaýyndaky Garabogaz şäherçesinde ýerleşýär. Ol ýerden Garabogazyň aşa doýgunlaşan suwlaryndan natriý we magniý duzlary öndürilýär. Kärhanada mirabilit ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), natriý sulfaty (Na_2SO_4), bişofit ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), epsomit ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), deňiz duzy we beýlekiler öndürilýär. Garabogazyň duzly suwlarynyň 1 litrinde 250–300 gramdan gowrak mineral birleşmeleri bardyr. Bu şerebeli suwlardan tebigy ýa-da emeli usullar arkaly $-5^\circ C$ -dan aşak temperaturada, çökdürme ýoly bilen mirabilit $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ alynýar. Soňra ony guratmak arkaly suwsuz Na_2SO_4 öndürilýär. Mirabilit çökdürilenden soň galan erginden bolsa natriniň we magniniň dürli duzlary alynýar.

«Guwlyduz» kombinaty. Bu kärhana ýurdumyzy nahar duzunyň dürli görnüşleri bilen üpjün edýän önümçilikdir. Ol Türkmenbaşy etrabynda, Hazar deňziniň kenarynda ýerleşýär. Onda häzirki wagtda NaCl duzlarynyň dürli görnüşleri öndürilýär. Önümçilik tebigy

şertlerde emele gelen NaCl duzuny gazyp almaklyga, arassalamaklyga, owratmaklyga, iriligi we arassalygy boýunça dürli görnüşlere bölüp, alyjylara ugratmaklyga niýetlenendir.

«Maryazot» önümçilik birleşigi. Bu kärhana oba hojalygy üçin zerur bolan azotly birleşmeleri öndürýär. Önümçilik üçin çig mal bolup, esasan, howadan alynýan, azot we tebigy gazdan alynýan wodorod hyzmat edýär. Olaryň esasynda ammiak, ammiak selitrasy (NH_4NO_3), kömürturşy gazy, azot kislotasy we beýlekiler öndürilýär. Tehnologiya taýdan öndürilişi bolsa ýokary basyşda, ýokary temperaturada we degişli katalizatoryň gatnaşmagynda amala aşyrylýar.

Ahal welaýatynda häzirki zaman dünýä tejribeligine laýyk gelýän «Tejenkarbamid» zawody işe girizildi. Bu kärhanada öndürilýän karbamid Türkmenistanyň oba hojalygyny doly üpjün etmek bilen daşary ýurt bazaryna hem çykarylýar.

Türkmenabadyň S.A.Nyýazow adyndaky himiýa kärhanasy. Bu kärhanada kükürt kislotasynyň dürli görnüşleri, fosfor dökünleri, alýuminiý sulfaty, polietilen plýonkasy öndürilýär. Geljekde bu kärhanada karbamidi, oksigumat biostimulýatoryny, bentonit poroşogyny (külkesini), mis kuporosyny, santehniki enjamlary öndürmeklik göz önünde tutulýar.

Fosfor dökünlerini öndürmek üçin ýurduň çäklerinden daşardan (Gazagystandan) getirilýän fosforit külkesi peýdalanylýar. Kükürt kislotasynyň öndürilişi kontakt usuly bilen amala aşyrylýar. Ekstraksiýalaýyn fosfor kislotasy, esasan, ammofosfat, ýönekeý superfosfat dökünlerini almak üçin ulanylýar. Töwürgyryň okislenen goňur kömrüniň esasynda organiki gumin maddalaryny hem-de düzüminde baý we ýokumly elementleri saklaýan dökünleri öndürmekligi ýola goýmak ugrunda degişli işler alnyp barylýar.

Magdanlynyň «Türkmenmineral» önümçilik birleşigi. Bu kärhana Magdanlynyň esasy baýlyklary bolan kükürdiň, nahar duzunyň, kalsiý sulfatynyň (gipsiň), selestin konsentratynyň, hek daşynyň, dolomitiň, gurluşyk materiallarynyň önümçiliklerini öz içine alýar. Gowurdagyň golaýyndaky Garlyk kâninde kaliý duzlarynyň silwinit ($\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$) görnüşinde uly ýataklary bardyr, şolaryň esasynda KCl we K_2SO_4 mineral dökünleri, soda we ýerli hek daşynyň esasynda sement önümçilikleri göz önünde tutulýar.

1.3. Çig malyň gaýtadan işlenilmegine taýýarlanylşy

Çig malyň gaýtadan işlenilmegine taýýarlanylşynyň esasy usullarynyň biri – onuň baýlaşdyrylmagydyr. Çig malyň peýdaly bölegini peýdasyz böleginden bölüp aýyrmak maksady bilen, onuň täzeden işlenilmegine *baýlaşdyrma* diýilýär. Baýlaşdyrylmagyň netijesinde, peýdaly maddalary az mukdarda saklaýan çig malyň ýerine, konsentirlenen çig mal alynýar.

Konsentirlenen çig malyň ulanylmagy, onuň gaýtadan işlenilme prosesini has kämilleşdirmäge mümkinçilik berýär, ýagny peýdaly komponentleriň konsentrasiýalarynyň ýokarlanmagy bilen onuň himiki öwrüliş tizligi artýar, çig malyň gaýtadan işlenmegi ýönekeýleşýär, energiýa harajatda azalýar. Şeýle hem çig mal gazylyp alynýan ýerinde baýlaşdyrylsa, onuň ulanylmaga ugradylmagynyň harajaty tygşytlanylýar. Galyberse-de, peýdaly düzümleriň bölekleri boýunça garyp, baýlaşdyrmasyz ulanyp bolmaýan çig malyň senagatda ulanylmagynyň mümkinçiligi döreýär. Ylaýtada, tebigatda konsentirlenen çig malyň gollarynyň kem-kemden garyplaşmagyna getirýär.

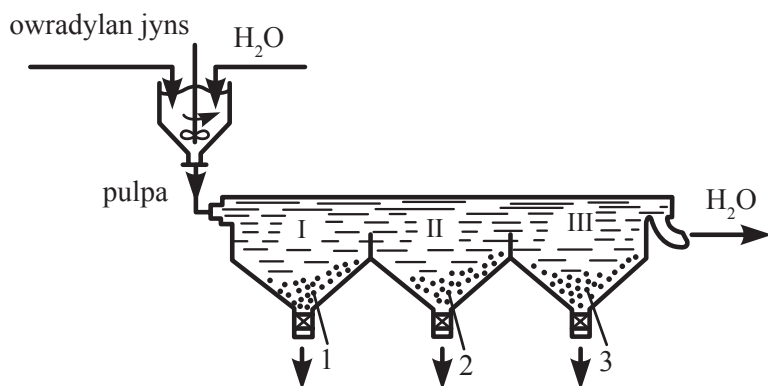
Dürli görnüşli dag jynslary, suwuk materiallar – erginler, şeýle hem gazlar baýlaşdyrylýar. Baýlaşdyrma usullary köp dürlüdir, emma olaryň ählisi çig malyň düzümleriň bölekleriniň fiziki-himiki häsiýetleriniň tapawutlanmagyna esaslanýar.

Peýdaly düzümleriň bölegi bilen baýlaşdyrylan gaty materiallara (meselem, dag jynslara) *konsentratlar*, boş jynslary saklaýan bölege bolsa *galyndylar*, *zyňyndylar* diýilýär. Gaty mineral çig maly, adatça bolşy ýaly, arassa, mineral görnüşinde bolmaýar. Köplenç, onuň düzüminde dürli minerallar bolýar.

Çig malyň peýdaly düzümleriň bölegi we boş jynsy fiziki, fiziki-himiki ýa-da himiki häsiýetleri, ýagny dykzlygy, gatylygy, ereýjiligi, käbir suwuklyklarda öllenmegi, ereýjilik temperaturasy we ş. m. bilen tapawutlanýarlar. Bu häsiýetleriň tapawutlanmagy çylşyrymly mineral çig malyň konsentrata we zyňnyda bölünmegini kesgitleyär.

Eger çig malyň düzümine girýän peýdaly mineralyň we boş jynsyň dürli berkligi (gatylygy), ýagny urguda owranmagy dürli bolsa, onda çig mal ilkibaşda owranýar. Bu ýagdaýda berkligi pes bolan minerallar has ownuk dänejiklere we kristallara bölünýär. Owradylan çig mal deşikleri dürli ululykly eleklerden geçirilýär. Uly bölekler elekde galyp, ownuklary bolsa elekden geçýär. Elekleriň sanyna we olaryň deşikleriniň ululygyna görä çig maly birnäçe bölekler (фракция) bölmek bolýar.

Çig mal baýlaşdyrylanda, onuň bölejikleriniň suwuň ýa-da gazyň akymynda aşak gaçma tizligine, dykzylygyna we ululygyna baglydyr.

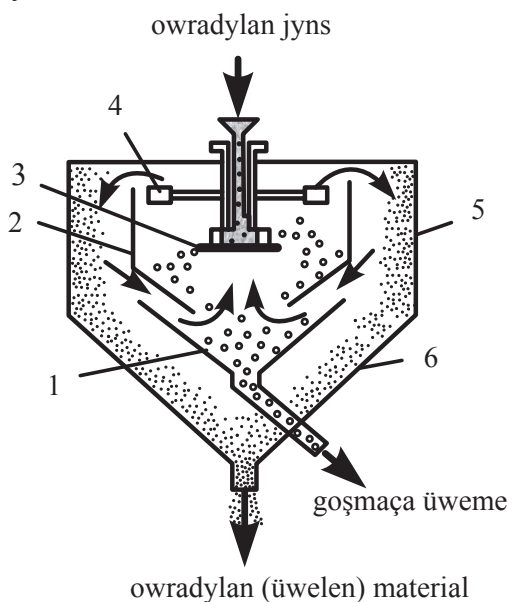


8-nji surat. Öl grawitasiýa baýlaşdyrmanyň ýörite çyzgysy
I, II, III – çökdüriji kersenler; 1, 2, 3 – toplaýjylar.

Öl grawitasiýa baýlaşdyrmasyň çyzgysy 8-nji suratda getirildi. Oňa laýyklykda gaty bölejikleriň çökdürilmegi suwuklygyň (köplenç suwuň) akymynda geçirilýär. Owradylan çig mal garyjy bilen üpjün edilen çelekde suw bilen garyşdyrylýar we garyndy görnüşinde I, II, III, çökdüriji kersenlere iberilýär. Has uly we agyr bölejikleriň çökdürilmegine az wagt gerek bolup, olar I kersende galýarlar. Orta fraksiýa II kersende we ýeňil (ownuk dänejikler) – III kersende çökýärler. Çökündiler 1, 2, 3 toplaýjylardan çykarylýar.

Gury grawitasiýalaýyn baýlaşdyrma – ölleme usulynyň geçiri-
lişi ýaly geçirilýär. Ýöne ondan tapawudy gaty bölejikler suwuklygyň
akymynda däl-de diňe gaz akymynda (köplenç howada) çökýärler.

Merkezden daşlaşdyrýan howa separatorynyň çyzgysy 9-njy
suratda görkezilýär. Ol (6) konus bilen tamamlanýan (5) silindr
görnüşlidir. Esasy silindriň içinde (1) konusly ikinji (2) silindr
ýerleşdirilýär. Separatoryň gapagynyň üstünden (3) tabak we wen-
tilýatoryň (4) ganatjyklary içki silindre girizilýär. Olar elektrik
hereketlendirijisi arkaly aýlandyrylýar. Tabak we ventilyatoryň
ganatjyklary hereketlenende (peýkamlar bilen görkezilen) howa
akymlary döreýär.



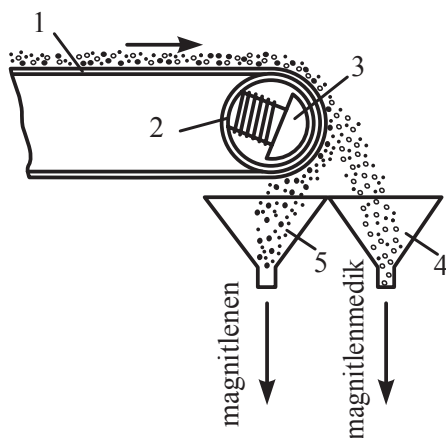
9-njy surat. Merkezden daşlaşdyrýan howa separatory

- 1 – içki konus, 2 – içki silindr, 3 – tabak, 4 – ventilyatoryň ganatjygy,
5 – daşky silindr, 6 – daşky konus.

Tabagyň üstüne goýberilýän, owradylan material, onuň hereke-
tinden, içki silindriň kesimi boýunça pytradylýar. Ownuk bölejikler,
ventilyatoryň ganatjyklary arkaly döreýän howa akymynda alyp
gidilýär we daşky hem-de içki silindrleriň arasyndaky giňişligine

baryp, diwarlara urlup, aşak gaçýarlar we daşky (6) konusdan çykarylýar. Uly bölejikler howa akymynyň garşylygyny ýeňip, içki (1) konusyň aşagyna gaçýar, soňra olar ownuk üwelen fraksiýa şol ýerden çykarylýar.

Elektromagnit bölünme (separasiýa). Eger-de çig mal magnitli (magnitiň polýusyna çekilýän) we magnitsiz (magnit tarapyndan çekilmeýän) materiallardan düzülen bolsa, onda bu usul ulanylýar. Şeýle usul bilen magnitli we hromly demir magdanlary boş jynsdan bölünilip aýrylýar.



10-njy surat. Elektromagnit separatory

1 – transportýor, 2 – baraban, 3 – elektromagnit, 4 we 5 – toplaýjylar.

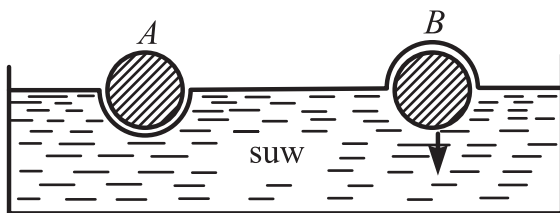
Elektromagnit separatorynyň çyzgysy 10-njy suratda getirilýär. Owradylan material lentaly (1) transportýora goýberilýär. Onuň içinde (3) elektromagnit bilen üpjün edilen baraban bolýar. Transportýoryň lentasy barabanyň üstüne baranda, materialyň magnitsiz bölejikleri magnite ýelmeşmän (4) toplaýja gaçýarlar. Magnitli bölejikler bolsa, lentanyň üstüne ýelmeşip, tä magnitiň täsiri gutarýança onuň bilen hereketlerini dowam edýärler. Magnitiň täsiri gutaran soň bölejikler (5) toplaýja dökülýärler.

Dürli elektrikgeçiriji materiallar *elektro-statiki separasiýa* arkaly bölünýär. Baýlaşdyrmanyň bu usuly elektromagnit bölünme ýaly geçirilýär. Aýratynlygy diňe elektrostatiki separatoryň bara-

bany magnite derek otrisatel zarýadly elektrod bilen üpjün edilýär. Ýokary elektrik geçirijilikli materialyň bölejikleri lentanyň hereketi bilen otrisatel elektrodyň täsir edýän meýdanynda otrisatel biratly zarýadlanýar we şonuň üçin lentadan aýrylyp, biraz daşda duran toplaýja gaçýar. Elektrik geçirijiligi bolmadyk bölejikler lentadan aýrylmaýar we barabana ýakyn ýerleşýän toplaýja dökülýär.

Çig malyň baýlaşdyrylmagynda giň ýaýran usuly *flotasiýadyr*. Ol aýratyn minerallaryň dänejikleriniň suwuklyk bilen (köplenç, suwda) öllenişiniň dürlüligine esaslanýar. Eger-de 11-nji suratda görkezilişi ýaly, suwuklygyň üstünde öllenmeýän (gidrofob) *A* mineralyň üwelen bölejiklerini we öllenýän (gidrofil) *B* mineraly ýerleşdirsek, onda gidrofob bölejik suwuklygyň daşyna iteklenýän ýaly bolup durýar, gidrofil bölejik bolsa suwuklygyň perdesi bilen örtülip, çümüp başlaýar. Şonuň üçin flotasiýa niýetlenen çig mal, başda gum ýaly owardylmalydyr, soňra suwda gowy garyşdyrylmalydyr we emele gelen garyndynyň içinden howa goýberilmelidir. Bu ýagdaýda öllenmeýän mineral howanyň köpürjiklerine ýelmeşip, ýokaryk galar.

Suwda öllenýän gidrofil bölejikler, gidrofob bölejiklerden tapawutlylykda, suwuklykda galar. Wagtyň geçmegi bilen bu bölejikler flotasiýalaýyn enjamyň düýbüne çöker.

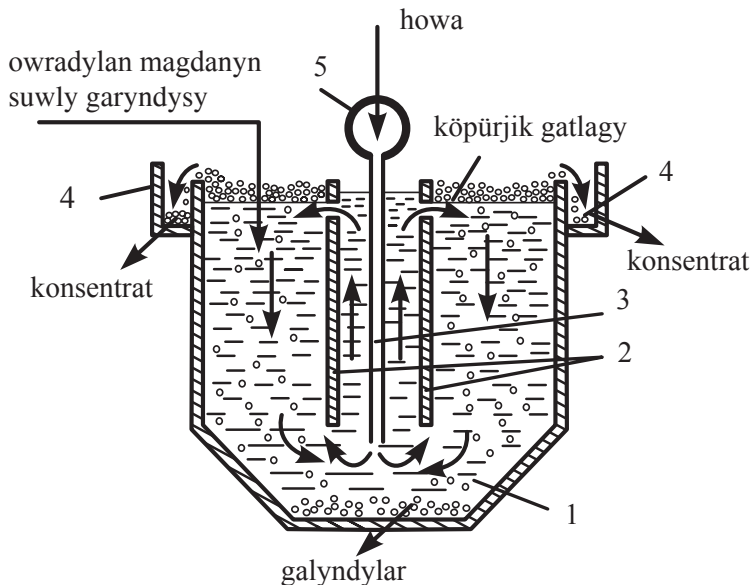


11-nji surat. Materiallaryň öllenýän we öllenmeýän bölejikleriniň bölünme kadasy

A – öllenmeýän (gidrofob) mineral, *B* – öllenýän (gidrofil) mineral.

Önümçilik şertlerinde üwelen (dänejikleriň ululygy 0,2 mm-den uly bolmadyk) dag jynsynyň garyndysy flotasiýalaýyn maşyna iberilýär. Şeýle maşynlaryň iki görnüşi: howanyň berilmeginde bir-bada pulpanyň mehaniki garylmany we howa bilen garylmany ula-

nylýar. Pulpasy howa bilen garylýan flotasiýalaýyn maşynyň kese kesigi 12-nji suratda getirilýär.



12-nji surat. Howa bilen garyşdyryjy flotasiýalaýyn maşyn

1 – kamera, 2 – germewler, 3 – turbajyk, 4 – ternaw, 5 – kollektor.

Çelegiň – (kameranyň) (1) içinde dik goýlan (2) germew bar, olaryň arasynda (3) turbajyklar ýerleşdirilýär. Bu turbajyklar boýunça, (5) kollektordan basyş arkaly (1) kamera howa goýberilýär. Howa suwly garyndyny garýar we onuň köpürjikleri mineralyň gidrofob bölejiklerini özi bilen äkidýär.

Şol birbada howa kameradaky suspenziýanyň aýlanmagyny döredýär (suratda peýkamlar bilen görkezilýär). Suwuklygyň üstünde ýokaryk galýan gidrofob mineraly saklamak üçin suspenziýanyň içine köpürjik emele getiriji maddanyň uly bolmadyk mukdary goşulýar. Köpürjik emele getiriji hökmünde sosna ýagy, agajyň gara ýagy, daş kömür şepbeşiginiň käbir gönüşleri goşulýar. Howanyň köpürjiklerine ýelmeşen mineralyň bölejiklerinden düzülen köpürjik kameranyň gyrasyndan ternawa geçýär, soňra ol çeleklere barýar. Bu ýerde köpürjik dargaýar. Çeleklere düşýän gazyň köpürjigi bilen äkidilen öllenmeýän bölejikler galýar. Şeýlelikde, baýlaşdyrylan görnüşinde alnan mineral böleginiň çökündisine *flotasiýalaýyn kon-*

sentrat diýilýär. Gidrofob mineralyň bölejikleri kameranyň düýbüne gaçýarlar we şol ýerde çökündi görnüşinde toplanýarlar, oňa flota-siýalaýyn galyndy «guýruklar» diýilýär.

Flotasiýalaýyn reagentleriniň ulanylmagy köp dürli dag jyns-larynyň baýlaşdyrylmagyna mümkinçilik döredýär. Flotoreagentlere bolan harajat juda bir ýokary däl (1 tg-dag jynsyna 100 gr). Flota-siýa usuly senagat usuly hökmünde giňden ulanylýar.

Termiki baýlaşdyrma garyndynyň düzümine girýän material-laryň ereýjiligiňiň dürlüligine esaslanýar. Meselem, ereýjilik tempe-raturasy pes bolan (119°C) kükürti boş jynsdan (ereýjiligi 1000°C) aýyrmak üçin ol suwuk görnüşinde eredip alynýar.

Baýlaşdyrmanyň himiki usullarynyň: saýlap eretmek, himiki reagentler bilen dargatmak, ýakmak we beýlekiler ýaly görnüşleri bardyr.

Suwuklyklar eredijini bugartmak, ergine onuň peýdaly bö-lekleriniň goşulmagy (aşa doýgunlaşdyrmak), erginden garyndylary çökündi görnüşinde çykarmak ýa-da olary gaz halyna geçirmek (de-sorbsiýa) ýaly usullar arkaly baýlaşdyrylýar (konsentrirlenilýär).

Gaz garyndylary hem baýlaşdyrylanda garyndynyň düzümine girýän gazlaryň häsiýetleriniň dürlüligi göz önünde tutulýar. Belli bolşy ýaly, her bir gazy bellibir şertlerde suwuklyga öwürüp bo-lýar. Üstesine-de, her gazyň suwuklanmagynyň bellibir tempera-turasy bolýar. Gazlaryň kondensasiýa usuly temperaturalarynyň dürlüliginde, olaryň yzygider (fraksiýalaýyn) kondensirlenmegi-ne esaslanýar. Bu usul arkaly wodoroddan, azotdan, uglerodyň oksidinden CO , metandan CH_4 , etilenden C_2H_4 ybarat bolan koks gazy bölünýär. Bu gazlaryň ählisi dürli kondensasiýa temperaturasy-na ($^{\circ}\text{C}$) eýedir:

Etilen -----	-103
Metan -----	-161-den aşak
Uglerodyň oksidi -----	-191,7
Azot -----	-195,7
Wodorod -----	-252,6

Ilkibaşda gaz etileniň kondensasiýa temperaturasyndan has pes, metanyňkydan bolsa ýokary temperatura çenli sowadylýar. Bu ýag-

daýda ähli gazlardan, diňe etilen suwuklyga öwürüler, beýlekiler bolsa gaz görnüşinde galar. Suwuk etileni aýryp, galan gaz garyndyny metanyň kondensasiýasyndan pes, ýöne uglerodyň oksidiniň kondensasiýalaýyn temperaturasyndan ýokary temperatura çenli sowadýarlar. Metan suwuklyga öwürlip, gaz garyndysyndan aýrylýar. Galan gaz garyndysy ýokardaky ýaly yzygiderlilikde ýene-de işlenilýär. Şeýlelikde, garyndyny yzygiderlilikde sowadyp, ondan, aýratynlykda, ähli gazlary bir-birden bölüp çykarmak bolýar.

Maddalaryň gaýnama temperaturalarynyň tapawutlanmagyna esaslanýan gazlaryň we suwuklyklaryň baýlaşdyrma usuly bardyr. Oňa *rektifikasiýa* diýilýär. Bu usul bilen howadan azody we kislorody bölüp alyp bolýar.

1.4. Himiýa senagatynda suwuň ulanylyşy

Himiýa senagatynda suw giňişleýin we dürli görnüşde ulanylýar. Önümçilikleriň köpüsinde (kükürt kislotasynyň H_2SO_4 , azot kislotasynyň HNO_3 , sodanyň Na_2CO_3 , iýiji natrinyň $NaOH$ we iýiji kaliniň KOH , wodorodyň alynmagynda) ol çig mal we reagent bolup hyzmat edýär. Beýleki önümçiliklerde gaty, suwuk we gaz görnüşli maddalary eretmek üçin erediji hökmünde ulanylýar. Gaty we gaz görnüşli materiallary garyndylardan arassalamak üçin suw zerurdyr.

Suw himiki reaksiýa gatnaşýan jisimleri ýa-da maddalary gyzdirmek we sowatmak üçin – ýylylyk göteriji hökmünde hem giňden ulanylýar.

Tehniki we hojalyk zerurlygyny kanagatlandyrýan suwuň esasy çeşmesi tebigy suwlardyr. Tebigy atmosfera suwlary – ygal suwlary; ýer üsti suwlar – derýalaryň, kölleriň, deňizleriň suwlary; ýerasty suwlar – guýularyň, minerally çeşmeleriň, artezian guýularynyň suwlary.

Tebigy suwlaryň düzüminde organiki we organiki däl maddalaryň emele gelmeleriniň (çäge, toýun we ş.m.) kolloid bölejikleri saklanýar. Olarda bikarbonatlar, sulfatlar, hloridler, kalsiniň, magniniň, kaliniň duzlary we gazlar ereýär. Suwda dürli bakteriýalar, garabaşlar (kömelek görnüşli organizmler) we beýleki mikroblar bolup biler. Suwda gazlaryň, duzlaryň, organiki maddalaryň iri dis-

pers bölejikleriniň we mikroorganizmleriniň bolmagy olaryň käbir reaksiýalarda zyýanly täsir etmegine, enjamlaryň poslap dargamagyna, örtülmeleriň emele gelmegine, turbageçirijileriň, enjamlaryň hapalanmagyna sebäp bolmagyna, gazanlarda we enjamlarda suwuň köpürjiklemegine, flotasiýa prosesleriniň erbetleşmegine alyp barýar. Şonuň üçin hem tehnikada hem hojalykda ulanylýan suwlara kesgitlenen belli talaplar bardyr.

Suwuň häsiýetnamasy. Suwuň hili onuň fiziki we himiki häsiýetleri bilen kesgitlenýär. Suwuň hiliniň esasy görkezijileri: talhylygy, umumy duzlulygy, okislenijiligi, durulygy, reňki, ysy, reaksiýasy we ş.m. ybarat.

Düzüminde ereýän kalsiý we magniý duzlarynyň mukdary bilen şertlendirilýär, suwlaryň häsiýetine *talhylyk* diýilýär. Suwuň wagtlaýyn we hemişelik talhylygy bolup biler.

Wagtlaýyn talhylyk suwda ereýän kalsiniň we magniniň turşy kömürturşy duzlarynyň barlygy bilen ýüze çykýar. Suw gaýnadylanda bu duzlar dargaýarlar we erginde çökündi emele getirýärler (CaCO_3):



Hemişelik talhylyk kalsiniň we magniniň hlorly we kükürtturşy duzlary bilen kesgitlenilýär. Suw gaýnadylanda olar aýrylmaýar. Suwuň talhylygy ondan peýdalanylanda uly kynçylyklar döredýär. Talhy suw gaýnadylanda, magniniň we kalsiniň karbonatlarynyň eremeýän çökündisi ýa-da magniniň esasy duzunyň eremeýän çökündisi emele gelýär. Bu çökündi bug gazanlarynyň we turbalaryň içki diwarlaryny örtýär. Şeýle örtülme turbalaryň diwaryndan ýylylygy geçirmän, olaryň aşagyzmagyna we wagtyndan öň könelmegine getirýär. Şonuň üçin, *talhylygy* emele getirýän duzlar suwdan aýrylmalydyr.

Mineral we organiki garyndylaryň bolmagy suwuň umumy duzlulygyny häsiýetlendirýär.

Suwuň düzümindäki organiki maddalaryň mukdary bilen kesgitlenýän häsiýetine onuň *okislenmegi* diýilýär. Olaryň mukdary suwuň içmäge laýyklygyna, uzak wagtlaýyn saklanmagyna we tehniki maksatlar üçin ulanyлма mümkinçiligine täsir edýär.

Suwuň durulygy – daşyndan ýa-da fotoelementiň kömegi bilen atanagyň ýa-da belli harp ululygynyň suwuň gatlagynyň galyňlygyndan görüňänligi bilen ölçenýär.

Suwuň reaksiýasy – bu onuň turşulygy ýa-da aşgarlylygy, adatça pH wodorod görkezijisiniň ululygy bilen häsiýetlendirilýär. pH – erginiň $[H^+]$ wodorodyň ionlarynyň konsentrasiýasynyň otrisatel onluk logarifmidir. Ol 1-den ÷ 14-e çenli baha eýe bolup bilýär. Bitarap erginde pH-ň bahasy 7, erginiň turşulygy artdygyça ol kiçelýär, aşgarlylygy ulalsa – ýokarlanýar.

Maksada laýyklykda, suwlar senagat we içilýän suwlar diýen toparlara şertleýin bölünýärler.

Içilýän suwlar ilki bilen bakteriýalardan arassalanmalydyrlar. Olara tagamy, reňki, ysy boýunça aýratyn talaplar bildirilýär.

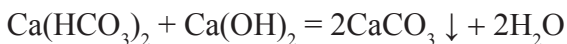
Tehniki (ýod-brom we şerebe) suwlarda ereýän duzlaryň köp mukdary bolmaly däl. Ereýän duzlaryň iň ýokary ýol berilýän konsentrasiýasy suwy ulanýan önümçilige baglylykda degişli Döwlet standarty bilen kesgitlenilýär.

Suwuň taýýarlanylyşy. Talaplara laýyklykda, birnäçe tapgyrlardan ybarat bolan suwuň taýýarlanyş prosesi geçirilýär. Olardan iň wajyplary: uly ölçeqli (iri) garyndylardan arassalanylma, talhylygy aýyрма, duzsuzlandyrylma, erän gazlary aýyрма, organiki garyndylaryndan we mikroorganizmlerden arassalanylma bolup durýar.

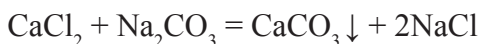
Suw uly ölçeqli iri garyndylardan çökdürilme ýa-da süzülme arkaly arassalanylýar. Organiki maddalaryň garyndylary suwda durukly ulgamlary emele getirýän, örän ownuk, kyn aýrylýan bölejikler görnüşinde bolýar. Olar kolloid ulgamlar hem diýlip atlandyrylýar. Olary aýyrmak üçin suwa ýörite maddalar – koagulyantlar goşulýar. Koagulyantlar ownuk bölejikleriň uly ýa-da kiçi bölejiklere ýelmeşmegine ýardam berýärler. Emele gelen toplumlar soňra çökündä geçýärler. Suwdan organiki garyndylary çökdürip almak üçin koagulyant hökmünde kükürtturşy alýuminiý peýdalanylýar. Çökündi soňra süzülýär we suwda bar bolan bakteriýalar hem onuň bilen bilelikde aýrylyar.

Suwuň ýumşadylmagy – suwuň taýýarlanylyşynyň möhüm amatlarynyň biridir. Suw fiziki, himiki we fiziki-himiki usullar arkaly taýýarlanylýar. Suwuň taýýarlanylmagynyň fiziki usullaryna onuň

gaýnadylmagy degişlidir. Şonda wagtlaýyn talhylygy döredýän duzlar aýrylýar. Himiki usulda, suwuň talhylygynyň azalmagy üçin, ereýän kalsiý we magniý duzlary eremeýän görnüşe geçirilýär, olar çökündä öwürülýärler we soňra süzülip aýyrylýar. Kalsiý we magniý duzlaryny çökündä öwürmek üçin dürli himiki reagentler suwa goşulýar. Suw hek süýdi Ca(OH)_2 ýa-da kaustik sodanyň NaOH ergini bilen işlenilende, wagtlaýyn talhylyk duzlary aýrylýar. Mysal üçin:

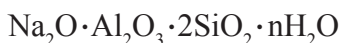


Kalsinirlenen sodanyň täsiri bilen suwuň hemişelik talhylygyny emele getirýän duzlary aýrylýar:

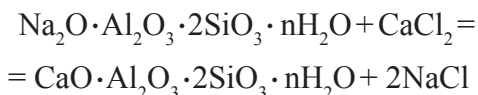


Adatça, utgaşdyrylan hekli – sodaly usuldan peýdalanylýar. Onda suwa ilki bado hek, soňra bolsa soda goşulýar. Şonda wagtlaýyn we hemişelik talhylyk aýrylýar, ýagny kalsiý we magniý duzlarynyň ählisi kalsiý karbonaty CaCO_3 we magniý gidroksidi Mg(OH)_2 görnüşinde eremeýän çökündä geçýär.

Suwuň ýumşadylmagynyň we duzsuzlandyrylmagynyň fiziki-himiki usullaryna *ion çalyşma usullary* degişlidir. Olar birnäçe kyn ereýän maddalaryň – ionitleriň öz ionlaryny suwda erän duzlaryň ionlaryna çalyşma häsiýetine esaslanýarlar. Meselem:



düzümlü alýumosilikat ioniti düzüminde ergine geçmäge ukyply, natriniň işjeň ionlaryny saklaýar. Şol ionlary çalyşýan, kalsiniň we magniniň ionlary erginden olaryň ornuna siňip bilýär, ýagny suw natriniň işjeň ionlaryndan arassalanýar:



Kükürtli wodorod, kükürtli anhidrid, kömürturşy gazy we ş.m. ýaly suwuň düzümindäki zyýanly gazlary aýyrmak üçin suw howa bilen üflenilýär, ýagny *suwuň gazsyzlandyrylmasy* geçirilýär. Suwuň içinden howa üflenilip geçirilende, siňen gazlar howa bilen bilelikde çykyp gidýär.

Zyňyndy tehniki suwlary arassalamaklyk halk hojalygyň uly meseleleriniň biri bolup durýar. Köp sanly himiýa kärhanalarynyň zyňyndy suwlary, hapalaýjy hökmünde, düzüminde kislotalary, aşgarlary, duzlary, köp ýagdaýlarda ösümlik we haýwanat organizmleri üçin zäherli bolan dürli organiki maddalary saklaýar. Şeýle suwlaryň kärhananyň golaýynda ýerleşýän suw howdanlaryna zyňylmagyna ýol berilmeli däl.

Zyňyndy suwlaryň zyýansyzlandyрма usullary aşakdakylardan ybaratdyr:

Fiziki-himiki usullar – adsorbsiýa garyndylary çökündä geçir-mek bilen bilelikde bugardylma – aerasiýa;

Himiki usullar – garyndylaryň dürli reagentler arkaly çökdü-rilmegi, soňra durlandyrylmagy we çökündiniň süzülip aýrylmagy;

Biologiki usullar – ýaşaýyş ýerlerinde birnäçe mikroorganizm-leriň kömegi bilen zyňyndy suwlaryň arassalanmagy.

Uly himiýa kärhanalarynda suwuň ulanylyşy millionlap kubometrlere barabardyr, şonuň üçin hem önümçilikleriň köpüsinde işlenilen, mysal üçin, sowadyjylardan çykýan suw ýene-de şol önümçilikde peýdalanylýar. Şeýle suwlara öwrülýän, aýlaw siklli gaýtadan ulanylýan suwlar diýilýär.

1.5. Himiýa senagatynyň energetikasy

Himiýa önümçiliginde energiýanyň ummasyz köp mukdary ulanylýar. Energiýa diňe himiki reaksiýalaryň geçirilmegine däl-de, eýsem materiallaryň ondan-oňa göçürilişine, gaty maddalaryň owradlyşyna we üwelmegine, süzülmegine, gazlaryň gysylmagyna we ş.m. sarp edilýär. Himiýa önüminiň özüne düşýän gymmatynda energiýa harajaty, takmynan, 10%-e ýetýär.

Energiýanyň görnüşleri. Himiýa senagatynda elektrik, ýyly-lyk, himiki, ýagtylyk, içki-ýadro energiýasy we ikilenji energetiki serişdeler ulanylýar.

Elektrik togunyň täsiri bilen erginleriň dargadylmagynda (elektrohimiki prosesler), reaksiýalaýyn garyndylaryň ýokary tem-peraturalara çenli gyzdyrylmagynda (elektrotermiki prosesler),

materiallaryň göçürilmeginde, owradylmagynda, gazlaryň gysylmagynda we ş.m.-lerde elektrik toguny mehaniki energiýa öwürmek üçin *elektrik energiýasy* gerek bolýar.

Ýylylyk energiýasy gyzdyrmak, guratmak, bugartmak, arassalamak we ş.m. üçin ulanylýar.

Himiki energiýa galwaniki elementlerde we akkumulýatorlarda elektrik energiýasyna öwrülýär.

Ýagtylyk energiýasy ýagtylygyň täsiri astynda geçýän proseslerde (fotohimiýada) zerur bolýar.

İçki ýadro energiýasy radioaktiw şöhlemenmäniň täsiri bilen geçýän reaksiýalarda peýdalanylýar.

Ikilenji energetiki serişdeler – bu energetiki zyňyndylaryň ýa-da önümçiligiň ýokary temperaturaly ugurdaş önümleri öndürýän kärhana gerek bolanda ulanyp, daşky gurşawa energiýanyň ýitgisini azaltmagyň serişdeleri hökmünde ulanylýar.

Energiýanyň tygşytly ulanylmagy. Belleýşimiz ýaly, himiýa senagaty energiýanyň uly mukdaryny ulanýar, ol, esasan, emele gelýän önümleriň bahasyny kesgitleýär. Energiýanyň tygşytly harçlanylmagy wajyp meseleleriň biridir. Energiýanyň tygşytly ulanylmagynyň esasy bolup energiýanyň ulanma görkezijisi hyzmat edýär. Bu görkeziji emele gelýän önüm birligine harçlanýan energiýanyň nazary mukdarynyň hakykatdan harçlanýan mukdaryna bolan gatnaşygy diýlip düşündirilýär.

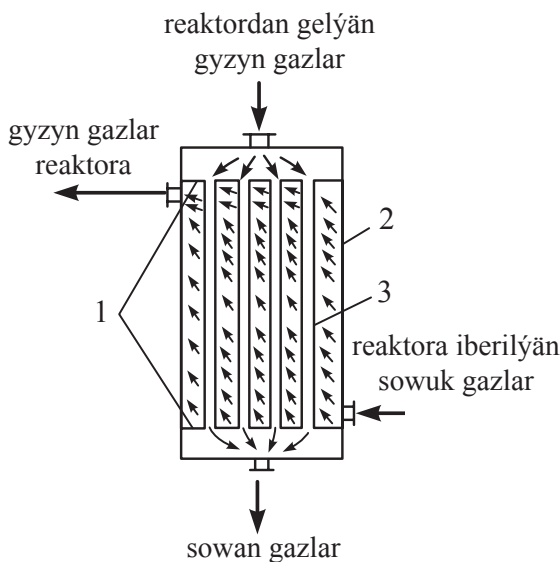
Himiki kärhanalarynda ýylylyk energiýasy energiýanyň beýleki görnüşlerinden has köp harçlanýar. Onuň ulanylyş derejesi peýdaly täsiriň ýylylyk koeffisiýenti diýlip häsiýetlendirilýär. Bu ululyk esasy himiki reaksiýalaryň amala aşyrylmagyna harçlanýan ýylylyk mukdarynyň umumy harçlanýan ýylylyk mukdaryna bolan gatnaşygyna deňdir. Önümçilikleriň köpüsinde bu koeffisiýent uly däl. Meselem, 900°C temperaturada hekiň ýanma prosesinde



reaksiýa geçýär. Bu prosesde ýylylyk energiýasynyň ulanylyş koeffisiýenti $\approx 65\%$ deň bolup, onuň 25%-i ýylylygy enjamdan çykýan önümler bilen, 10%-i bolsa, gurşap alýan daş-töwerekde ýitýär. Şeýlelikde, himiýa kärhanalarynyň önünde reaksiýanyň geçýän

enjamlaryndan çykýan gazlaryň, suwuklyklaryň we gaty maddalaryň ýylylygyny ulanmaklyk barada mesele goýulýar.

Aýrylýan gyzgyn gazlaryň ýylylygyny, köplenç, reaksiýanyň geçýän apparatlaryna girýän materiallaryň başga gyrgyzmagy ýa-da önümçilikde zerur bolan bugy emele getirmek üçin ulanylýarlar. Şeýle maksatlara *rekuperatorlar* we *ýylylygyň regeneratrlary* diýlip atlandyrylýan ýylylyk çalşyjylary we ulizatorlar – gazanlar hyzmat edýär. Rekuperator (13-nji surat) – bu içinde turbalar bilen seplesdirilen plitalar (1) ýerleşen adaty silindr şekilli (2) enjam. Reaksiýanyň bolup geçýän enjamlaryndan çykýan gyzgyn gazlar (3) turbalaryň içinden geçýär; sowuk gazlar bolsa, turba aralygyndan reaksiýanyň geçýän ýerine iberilýär. Ýylylyk çalyşmanyň netijesinde, turbajyklaryň diwarlarynyň üsti bilen geçýän gyzgyn gazlar sowatýar we sowuk gazlar gyzýar.

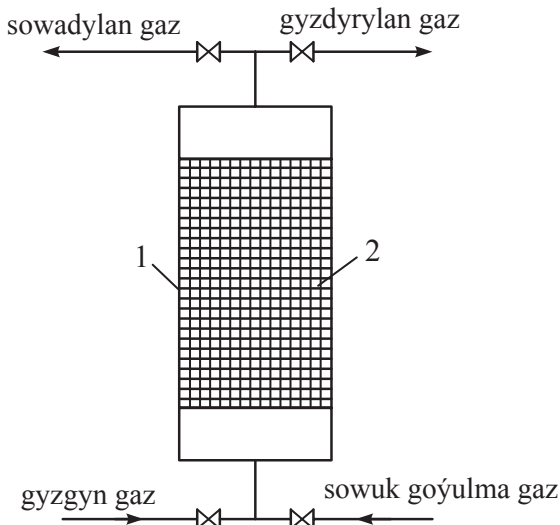


13-nji surat. Rekuperator

1 – plitalar, 2 – enjamyň gabarasy, 3 – turbajyklar

Regenerator – goýulma bilen doldurylan, döwürleýin işleýän kameradyr (14-nji surat).

Ilkibaşda reaksiýanyň geçýän enjamdan çykýan gyzgyn gazlar (1) kameranyň içinden geçirýär.



14-nji surat. Regenerator

1 – kamera, 2 – goýulma

Gazlar (2) goýulma bilen galtaşyp, oňa ýylylygyny berýär we sowaýar; goýulma bolsa gyzýar. Soňra gyzgyn reaksiýalaýyn gazlaryň iberilmegi togtadylýar we gyzgyn goýulmanyň üstünden reaktora iberilmeli sowuk gazlar geçirilýär. Sowuk gazlar goýulmanyň ýylylygyny özüne çekip, gyzýar; goýulma bolsa öz gezeginde, sowaýar. Soňra sowadylan goýulmanyň üstünden gyzgyn gazlar üflenilýär we ş.m.

Aýrylýan gazlaryň ýylylygy bug almak üçin ulanmaly bolanda utilizatorlar – gazanlar peýdalanylýar.

HIMIKI-TEHNOLOGIK PROSESLERIŇ ESASY KANUNLARY

2.1. Himiki-tehnologik prosesler barada düşünje

Himiki tehnologiýa – umumy organiki we fiziki himiýa, fizika, mehanika we beýleki himiki we umumy inženerçilik derslere esaslanýan ylymdyr. Bu tehnologik prosesiniň birtopar fiziki we himiki hadysalardan ybaratdygy belli.

Umumy himiki-tehnologik proses özara baglanyşýan birtopar proseslerden ybarat: 1) täsirleşmeli maddalaryň reaksiýa zolaga eltilmegi, 2) himiki reaksiýa, 3) emele gelen önümleriň reaksiýa zolagundan aýrylmagy.

1. *Täsirleşýän maddalaryň reaksiýa zolaga eltilmegi* molekulýar diffuziýa ýa-da konweksiýa ýollary bilen amala aşyrylýar. Maddalaryň garylmagynyň çaltlaşdyrylmagynda geçýän konwektiw geçirmä *turbulent diffuziýa* diýilýär.

Himiki-tehnologiýa, adatça bolşy ýaly, köp fazaly toplumdan düzülýär. *Ulgam* özara baglanyşykly maddalaryň toplumydyr. Faza bolsa ulgamyň düzümidir, ol himiki we fiziki häsiýetleri boýunça birmeňzeş we ulgamyň biri-birinden çäklendirilýän bölekleriniň jemi diýlip düşünilýär. Köp fazaly ulgamlarda täsirleşýän maddalar adsorbsiýanyň ýa-da desorbsiýanyň, gaty maddalaryň eredilmeginiň ýa-da suwuk ýagdaýda olaryň erginini taýýarlamagyň, bugardylmagynyň üsti bilen reaksiýa zolagyna eltilýär. Köplenç täsirleşýän maddalaryň bir fazadan beýleki faza geçýän basgançagy himiki-tehnologik prosesiniň, iň haýal basgançagy bolup durýar we onuň umumy tizligini kesgitleýär. Faza ara geçiş çylşyrymly diffuziýalaýyn prosesdir.

2. *Himiki reaksiýa* tehnologik prosesiniň esasydyr. Maddanyň himiki öwürilişi yzygider (parallel) himiki reaksiýalaryň hatarynyň üsti bilen amala aşyrylýar. Netijede, esasy we ugurdaş ýa-da önümçiligiň zyňyndy önümleri emele gelýär. Ugurdaş önümler we önümçiligiň zyňyndylary hem esasy, hem ugurdaş reaksiýalaryň netijesinde eme-

le gelip bilýär. Adatça, önümçilik proseslerine gözegçilik edilende, ähli geçýän reaksiýalar hasaba alynmaýar, olardan diňe emele gelýän esasy önümleriň hiline we mukdaryna täsirini ýetirýän reaksiýalar seredilýär.

3. *Emele gelyän önümleriň reaksiýa zolagyndan çykarylmany* edil täsirleşýän maddalaryň reaksiýanyň geçýän zolagyna eltilmegi ýaly amala aşyrylýar.

Prosesiň *tizliginiň jemi* sanalyp geçilen basgançaklaryň tizligi bilen kesgitlenilýär. Adatça bolşy ýaly, bu ýönekeý prosesler dürli tizlik bilen geçýär. Şonuň üçin hem, procesiň umumy tizligi iň haýal geçýän basgançagyň tizligi bilen çäklendirilýär. Eger-de himiki reaksiýanyň özi haýal geçýän bolsa, hem-de ol umumy tizligi çäklendirse, onda proses kinetiki çäklerde geçýär. Şeýle prosesleri tizleşdirmek üçin tehnologlar dürli faktorlary (temperaturany, başlangyç maddalaryň konsentrasiýalaryny, basyşy) üýtgedýärler. Eger-de procesiň umumy tizligi reagirleşýän maddanyň eltilmegi we reaksiýanyň önümleriniň alyp gidilmegi bilen çäklendirilse, onda proses *diffuziýalaýyn çäklerde* geçýär. Şeýle prosesleri tizleşdirmek üçin diffuziýa ýokarlandyrylýar, ýagny köpfazaly ulgamy bir fazaly ulgama öwürmek, garyşdyrylmany çaltlaşdyrmak we ş.m. ýaly işler geçirilýär.

Himiki tehnologiýanyň esasy kanunalaýyklyklaryny bilmek, procesiň amatly şertlerini kesgitlemäge, ony maksimal çykym bilen has amatly geçirmäge, emele gelyän önümleriň ýokary hilliligini üpjün etmäge mümkinçilik berýär.

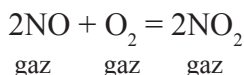
2.2. Himiki-tehnologik procesiň toparlara bölünşi

Himiki-tehnologik procesiň iň möhüm tapgyry bolan himiki öwürilmeleriň öwrenilmegi, himiki tehnologiýada esasy wajyp orun tutýar. Senagat proseslerinde geçýän himiki reaksiýalar diýseň köp görnüşlidir. Olar dürli alamatlar boýunça toparlara bölünýär.

Geçiş şertleri boýunça prosesleriň bölünşi: 1) izotermiki prosesler – temperaturanyň hemişeliginde; 2) izohoriki prosesler – göwrümiň hemişeliginde; 3) izobariki prosesler – basyşyň hemişeliginde; 4) adiabatiki prosesler bolsa procesiň geçirilişi ýylylygy

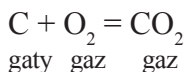
daşyndan berilmesiz ýagdaýda ýa-da daşky gurşawa ýylylygyň berilmezliginde amala aşyrylýar.

Reagentleriniň *faza ýagdaýy* boýunça *gomogen* (birmeňzeş) we *geterogen* (birmeňzeş däl) prosesler bolýar. Gomogen reaksiýalarda ähli özara täsirleşýän maddalar bir fazada, ýagny gaz (g), suwuk (s) ýa-da gaty (gt) ýagdaýda bolýar. Gaz fazada geňýän azot oksidiniň kislorod bilen okislenmegi gomogen reaksiýalarynyň mysaly bolup biler:

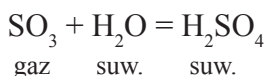


Bu prosesde başlangyç maddalar we reaksiýanyň önümi gaz ýagdaýda bolýar.

Geterogen proseslerde reaksiýa gatnaşýan maddalar dürli fazalarda bolýar. Reaksiýalaýyn göwrümde birbada iki ýa-da ondan köp fazalar bolup biler. Meselem, iki fazaly ulgamlarda himiki baglanyşykda aşakdaky: gaz – suwuklyk, gaz – gaty, suwuklyk – gaty, gaty – gaty, suwuk – suwuk* fiziki ýagdaýlardaky maddalar gatnaşyp bilerler. Ähli geterogen proseslerde fazalaryň galtaşýan araçäkleri bolmaly. Geterogen prosesiniň mysaly hökmünde kömrünň ýakylýşyny mysal getirse bolar:



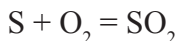
Gaz – suwuklyk ulgamyň mysaly kükürtli ангидридиň suw bilen siňişmegidir:



Reaksiýalaryň geçişi (mekanizmi) boýunça prosesler ýönekeý, parallel we yzygider bolýarlar. Bu reaksiýalar gaýdymly we gaýdym-syz bolup hem biler. Ýönekeý gaýdym-syz reaksiýada başlangyç madda prosesin geçmeginde reaksiýanyň önümüne doly öwrülýär we başda alnan maddanyň konsentrasiýasy ilkinji bahasyndan nola

* Biri-birleri bilen garyşmayan suwuklyklar, meselem, benzol-suw. Şeýle suwuklyklar durli fazalardyrlar.

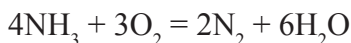
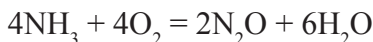
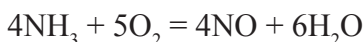
çenli kemelýär. Kükürdiň ýakylmagy gaýdymсыз reaksiýanyň mysaly bolup biler:



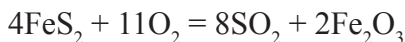
Bu reaksiýa tä kükürt doly harçlanyp, kükürtli gaza SO_2 çenli öwürlýänçä geçýär.

Gaýdymly reaksiýada emele gelýän önümler täzeden öňki başlangyç maddalara öwürlip bilýär.

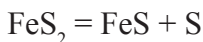
Parallel reaksiýalarda şol bir başlangyç maddalaryň arasynda dürli önümleri emele getirýän birnäçe öwürlmeler bolup geçýär. Mysal üçin, gaz görnüşli ammiak kislorod bilen özara täsirleşende birbada dürli önümleriň – azotyň oksidiniň NO , azotyň ikili oksidiniň N_2O we azotyň N_2 emele gelmegi bilen şeýle reaksiýalar geçip biler:



Yzygider reaksiýalarda başlangyç madda çalt gutarnykly önüme öwürlmeýär: ilki ondan aralyk madda emele gelip, soňra ol gutarnykly önüme öwürlýär. Mysal üçin, kükürtli kolçedanyň okislenmeğinde kükürtli gaz SO_2 we demriň oksidi Fe_2O_3 emele gelýär.



Ýöne bu önümler birbada emele gelmeýär, olar aralyk tapgyrlaryň üsti bilen peýda bolýar. Başda kükürtli kolçedan ýokary temperaturada kükürtli demre (FeS) we kükürde (S) dargaýar:



Diňe şondan soň kükürtli demir we kükürt kislorod bilen okislenip, ahyrky önümleri – SO_2 we Fe_2O_3 – emele getirýär.

Himiki-tehnologik proses geçirilende, iki sany soraga jogap tapmak zerurdyr:

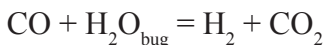
1. Berlen çig maldan iň ýokary önümiň näçe mukdary alnar?
2. Himiki öwürlmäni amala aşyrmak üçin näçe wagt sarp etmek zerur ýa-da başgaça aýdylanda, proses nähili tizlik bilen geçer?

Birinji soragyň jogaby, prosesiniň statikasynda, ýagny himiki deňagramlylygyň taglymatynda berilýär.

Ikinji soragyň jogaby, himiki kinetika diýlip atlandyrylýan, himiki prosesleriň tizlikleri baradaky taglymatdadyr. Prosesiň deňagramlylygyny we kinetikasyny öwrenmek himiki tehnologiýa üçin aýratyn wajyp işdir. Bu iş massanyň we energiýanyň saklanma kanunlary ýaly, umumy kanunlar bilen bir hatarda, iň amatly tehnologik düzgüni saýlamaga mümkinçilik berýär, has dogrusy, önümiň çykymyna, hiline we onuň emele geliş tizligine täsir edýän esasy ululyklaryň (düzgüniň parametrleriniň) has amatly, sazlaşykly saýlanyňp-seçilmegini üpjün edýär. Prosesleriň köpüsinde düzgüniň esasy görkezijileri bolup temperatura, basyş, katalizatoryň ulanylyşy, özara täsirleşýän maddalaryň konsentrasiýasy hyzmat edýärler.

2.3. Himiki-tehnologik prosesin deňagramlylygy

Senagatda himiki reaksiýalaryň köpüsi gaýdymly proseslerdir. Şeýle ýagdaýlarda himiki proses iki ugurda bolup geçýär. Onuň mysaly bolup, senagatda, wodorodyň alynmagynda giňden ulanylýan, uglerodyň oksidiniň suwuň bugy bilen özara täsirleşýän reaksiýasy (uglerod okisiniň konwersiýasy) hyzmat edýär:



Göni reaksiýa boýunça (çepden saga) başlangyç maddalar (uglerodyň oksidi we suw) reaksiýanyň önümlerine (wodorod we uglerodyň ikili oksidine) öwrülýärler. Emele gelen önümler özara täsirleşip, başlangyç maddalary döredip başlaýarlar, ýagny yzyna gaýdýan (sagdan çep) reaksiýa geçýär. Bu iki reaksiýa birbada bolup geçýär.

Prosesiň başynda başlangyç maddalaryň (CO we H_2O) konsentrasiýasy ýokary we şonuň üçin göni reaksiýanyň tizligi hem ýeterlik derejeli uly bolýar. Emma prosesin geçmegi bilen uglerodyň oksidi we suwuň bugy harçlanýar, olaryň konsentrasiýasy peselýär we göni reaksiýanyň tizligi ýuwaş-ýuwaşdan peselýär. Şol bir wagtda emele gelýän önümleriň (wodorodyň we kömürturşy gazyň) mukdary artýar, olaryň konsentrasiýasy ýokarlanýar, şol sebäpli yzyna gaýdýan reaksiýanyň tizligi hem artýar. Iň soňunda, şeýle pursat döreýär, haçanda göni we yzyna gaýdýan reaksiýalaryň tizlikleri deňleşýär.

Reagirleşýän toplumyň şeýle ýagdaýyna *himiki deňagramlylyk* diýilýär.

Yzyna gaýdýan prosesde başlangyç maddalaryň reaksiýanyň önümler üçin doly harçlanylmaýanlygy sebäpli, deňagramlylyk ýagdaýdaky toplumyň düzüminde birwagtda hem başlangyç maddalar, hem reaksiýanyň önümleri (CO , H_2O , CO_2 we H_2) saklanýar, üstesine-de, deňagramlylykda CO , H_2O , CO_2 we H_2 konsentrasýalarynyň üýtgemeýän takyk bahalary kesgitlenilýär.

Deňagramlylykdaky ulgamda maddalaryň arasyndaky takyk saklanylyşy daşky şertler (meselem, temperatura) üýtgeýänçä hemişelik bolýar.

Deňagramlylyk pursadynda, reaksiýanyň önümleriniň konsentrasýalarynyň köpeltme hasylynyň başlangyç maddalarynyň konsentrasýalarynyň köpeltme hasylyna bolan gatnaşygyna *reaksiýanyň deňagramlylygynyň hemişeligi* diýilýär.

Başlangyç maddalaryň we reaksiýanyň önümleriniň konsentrasýalary şol reaksiýanyň deňlemesine girýän maddalaryň koeffisiýentlerine deň bolan derejede alynmalydyr.

Deňagramlylyk ýagdaýyndaky önümiň mukdaryna *deňagramlylyk çykymy* diýilýär. Berlen şertlerde (temperaturada, basyşda, başlangyç maddalaryň konsentrasýasynda) ol, ýagny çykym, iň ýokarydyr. Deňagramlylykdan soň proses näçe geçirilse-de önümiň şol çykymyndan ýokary mukdaryny almak mümkin däl. Onuň artmagyny bolsa diňe prosesin daşky şertleriniň üýtgedilmegi bilen gazansa bolar. Şonuň üçin hem, himiki reaksiýalaryň deňagramlylygyna dürli tehnologik görkezijileriniň (temperaturanyň, basyşyň, reagirleşýän maddalaryň konsentrasýasynyň) täsirini bilmek wajypdyr.

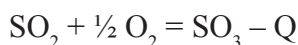
Gaýdymly reaksiýalaryň deňagramlylygyna dürli faktorlaryň täsiri. Le-Şatelýe düzgüni

Gomogen we geterogen prosesleriň deňagramlylygyna reagirleşýän maddalaryň konsentrasýasynyň, temperaturanyň, basyşyň täsiri 1884-nji ýylda açylan Le-Şatelýe düzgüni bilen kesgitlenilýär: eger-de deňagramlylykda duran ulgama, ýagny deňagramlylyk ýagdaýyny kesgitleýän ululyklaryň haýsy hem bolsa birine, daşyndan

täsir edilse, onda deňagramlylyk täsirleýji güýjüň gowşadylmak tarapyna süýşer.

Gaýdymly reaksiýalarda deňagramlylygyň süýşmegine täsir edýän wajyp faktorlara temperatura, basyş, täsirleşmä gatnaşýan maddalaryň konsentrasiýalary degişlidir.

Temperaturanyň täsiri. Gaýdymly reaksiýada deňagramlylygyň süýşmegine temperaturanyň täsirini kesgitlemek üçin berlen reaksiýa ekzotermik (ýylylygyň bölünip çykarmagy bilen, çepden saga geçýän) ýa-da endotermiki (ýylylygy özüne siňdirip, sagdan çepge gidýän) görnüşleriniň haýsysyna degişlilikini bilmek zerurdyr.

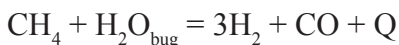


ýaly ýylylygy emele getirýän täsirleşmede temperaturanyň ýokarlanmagy deňagramlylygyň süýşmegini emele gelýän önümleriň dargamagynyň tarapyna ugrukdyrýar. Şonuň üçin ulgamy sowatmak hökmandyr. Ýagny $\Delta H = -Q$ bolýanlygy sebäpli, $\Delta H < 0$ bolar.

Diýmek,

$$\frac{d \ln K_d}{dT} < 0.$$

Deňlemeden görnüşi ýaly, ekzotermiki reaksiýalarda deňagramlylygyň hemişeligiň bahasy temperaturanyň ýokarlanmagy bilen peseler.

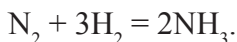


ýaly ýylylygy özüne siňdirýän täsirleşmeler üçin temperaturanyň ýokarlanmagy deňagramlylygyň süýşmegini reaksiýanyň önümleriniň emele gelme tarapyna gönükdirýär. Şeýle täsirleşmeler ýylylygy talap edýär. Bu ýagdaýda $\Delta H = -Q$ bolýanlygy üçin, endotermiki reaksiýalarda $\Delta H > 0$ hem-de

$$\frac{d \ln K_d}{dT} > 0.$$

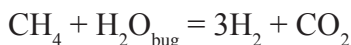
Diýmek, endotermiki reaksiýalarda deňagramlylyk hemişeligiň bahasy temperaturanyň ýokarlanmagy bilen artýar, netijede, önümiň çykymy hem ýokarlanýar.

Basyşyň täsiri. Eger-de gaýdymly reaksiýada göwrüm üýtgemese, onda temperaturadan başga-da deňagramlylyk ýagdaýyna basyş hem täsir edýär. Mysal üçin, ammiagyň sinteziniň gaýdymly reaksiýasy göwrümiň kiçelmegi bilen çepden saga geçýär:



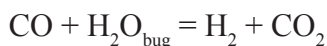
Bu ýagdaýda başdaky maddalaryň dört molekulasyndan önümiň iki molekulasy emele gelýär. Şeýle deňagramlylyk ýagdaýdaky ulgamda basyş ýokarlanmasa, Le-Şateliýe düzgünine laýyklykda, basyşy peseldýän üýtgeşmeler bolup geçmelidir. Bu bolsa gazly ulgamda molekulalaryň sanynyň azalmagyna getirýär. Proses göni reaksiýa boýunça bolup geçýär. Şonuň üçin azotyň we wodorodyň belli mukdary goşmaça ammiaga öwrülýär, deňagramlylyk saga süýşýär we ammiagyň çykymy bolsa ýokarlanýar. Basyşyň peselmeginde göwrümi kiçelýän reaksiýalarda deňagramlylyk çepi süýşýär.

Göwrümi ulalýan reaksiýalarda, tersine, basyşyň peselmegi önümiň çykymyny artdyrýar. Meselem, metanyň konwersiýasynda



basyşyň peselmegi bilen reaksiýanyň önümleriniň çykymy artýar.

Reagirleýän maddalaryň konsentrasiýasynyň täsiri. Reaksiýa gatnaşýan maddalaryň konsentrasiýalaryny üýtgedip, önümiň çykymyny artdyryp bolýar. Mysal üçin, uglerodyň oksidiniň konwersiýasynyň reaksiýasynda deňagramlylyk durnuklaşandan soň



başdaky reagentleriň (uglerodyň monooksidiniň ýa-da suw bugunyň) konsentrasiýasyny artdyrsak, onda Le-Şateliýe düzgünine laýyklykda, bu reagentleriň konsentrasiýasyny azaldýan prosesler, ýagny CO we H_2O arasynda reaksiýa geçmeli bolýar. Şonda deňagramlylyk saga süýşýär we önümiň çykymy artýar. Adatça, başdaky reagentleriň ählisiniň konsentrasiýasyny ulaltman, diňe has arzan reagenti artykmaç mukdarda almak bolýar. Biziň mysalymyzda şeýle reagent suw, şonuň üçin hem suwuň bugy artykmaç mukdarda alnýar. Deňagramlylygyň süýşmegini diňe başdaky reagentleriň konsentrasiýasyny ulaltmak bilen däl-de, eýsem reaksiýanyň önümleriniň

konsentrasiýasyny azaltmak bilen hem amala aşyryp bolýar. Bu ýagdaýda reaksiýalaýyn ulgamdan önümleriň çykarylmany ýeterlikdir.

Gaýdymly prosesler himiýa tehnologiýasynda giňden peýdalanylýar. Şeýle prosesleriň geçiş şertleriniň saýlanyp-seçilip alynmagynda, ilkinji nobatda, deňagramlylygyň reaksiýanyň önümleriniň emele gelme tarapyna süýşmegini gazanmak talaplaryny göz önünde tutmalydyr. Şonda deňagramlylyk çykymynyň ýokarlanmagy üçin hasaba alynmaly şertleriň zerurlygy aşakdakylardan ybarat:

- 1) ekzotermiki reaksiýalarda temperaturany peseltmek;
- 2) endotermiki reaksiýalarda temperaturany ýokarlandyrmak;
- 3) göwrümi kiçelýän reaksiýalarda basyşy artdyrmak;
- 4) göwrümi ulalýan reaksiýalarda basyşy peseltmek;
- 5) başlangyç reagentleriň konsentrasiýasyny ulaltmak;
- 6) reaksiýanyň önümleriniň konsentrasiýasyny peseltmek.

Şeýle hem deňagramlylygy süýşürmek üçin önümiň çykymyny artdyran birnäçe görkezijileri (mümkin bolanda) bilelikde üýtgedip bolýar.

Ýokarda sanalyp geçilen ýagdaýlar, önümiň deňagramlylyk çykymynyň mümkinçiligini döredýän şertleriň çäklerini takyklaýar. Ýöne prosesiniň adaty ýagdaýda geçirilmegi üçin şol şertleriň bilinmegi ýeterlik däl, sebäbi diňe bir önümiň uly çykymyny gazanmak däl-de, eýsem prosesiniň enjamlarynyň öndüriljiligine ýokary derejede täsir edýän uly tizligi hem üpjün edilmelidir.

2.4. Himiki-tehnologik prosesleriň tizligi

Himiýa ylym hökmünde öwrülişikler bilen baglanyşyklydyr. Himiki reaksiýanyň netijesinde belli häsiýetli bir maddalar täze häsiýetli beýleki bir maddalara öwrülýärler. Berlen başlangyç reagentleriň toplumyndan haýsyndan täze maddalaryň emele gelýändigini himik-tehnologlara esaslanyp bilmek zerurdyr. Öň sere-dilip geçilen maglumatlar boýunça öwrülişme derejeleriň hasaplanylmagy, mümkin bolýan iň ýokary çykymy kesgitleýärler, ýöne şol öwrülişme prosesiniň tizligi barada hiç hili maglumat bermeýär. Senagat prosesiniň ykdysadyýete laýyk bolmagy üçin onuň geçiş wagty çäklendirilmelidir. Ol näçe gysga bolsa, şonçada başdaky

reagentleriň köpüsi gaýtadan işleniler we enjamyň ölçegleri kiçi bolar. Şonuň üçin hem usulyň himiki konsepsiýasyny gutarnykly saýlap-seçmekde reaksiýanyň tizliginiň prosesini geçirilme şertlerine baglylygyny, ýagny prosesiniň kinetikasyny bilmek zerur bolýar.

Himiki kinetika – ýeterlik derejede ýaş ylymdyr. Kinetiki nazaryýetiň işlenmegi himiki reaksiýanyň näme üçin we nähili geçýänligini öwrenmekde uly ähmiýete eýedir.

Tejribehanalarda reaksiýanyň geçiş tizliginiň ölçenilmesi, adaty, goşmaça faktorlaryň täsiriniň aradan aýyrylýan şertlerinde amala aşyrylýar. Däp bolşy ýaly, gözlegler p , $T=const$ şertlerde we mazaly garylmany bilen geçirilýär. Şeýdip, alnan kinetiki maglumatlar reaksiýanyň mehanizmini öwrenmekde önäm peýdaly bolup, prosesiniň tizligine mukdar taýdan baha bermeyärler.

Senagat şertlerinde geçirilýän himiki prosesde, şol bir wagtda birnäçe ýönekeý himiki reaksiýalar bolup geçýär. Olar goşmaça akymyň gidrodinamikasyna, massa we ýylylyk geçirijiligine bagly bolýarlar. Şonuň üçin uly göwrümlü prosesler üçin öwrülişmäniň tehniki tizligi diýlen düşünje girizilmeli bolýar. Umumy ýagdaýda bu tizlik diňe ulgamyň düzüminiň we temperaturanyň funksiýasy bolman, eýsem akymyň tizliginiň we ş.m.-leriň funksiýasy bolýar.

Diýmek, himik-tehnologlara himiki reaksiýalaryň haýsy tizlikde geçjekdigini bilmek, şeýle hem olaryň tizligi faktorlaryň haýsylary bilen kesgitlenýändigine düşünmek wajypdyr.

Diýmek, *kinetika* himiki reaksiýalaryň geçişiniň tizligini öwrenýän fiziki himiýanyň bölümidir.

Reaksiýanyň geçiş tizliginiň aňladylyşyny we kesgitlenilişini ýada salalyň, ondan başga-da reaksiýanyň tizligine, göwrümiň, konsentrasiýanyň, temperaturanyň we katalizatoryň täsirini kesgitleliň.

Himiki reaksiýanyň tizligi saýlanylyp-seçilip alnan reagentiň (i) mol sanynyň reaksiýa zolagynda üýtgemeginiň tizligi hökmünde kesgitlenilýär.

Köplenç ol reaksiýa ulgamyň göwrüm birligine gatnaşdyrylýar:

$$v_i = -\frac{1}{V} \frac{dn_i}{d\tau}, \quad (1)$$

bu ýerde n_i – başdaky i maddanyň mol sany.

Bu deňleme gomogen ulgamlary üçin ulanylýar.

Suw (gaz)-gaty madda; gaz (suw)-suw toplumlarda reaksiýanyň tizligini faza ara üstün meýdan birligine degişli edip hasaplanylýar:

$$v_i = -\frac{1}{s} \frac{dn_i}{d\tau}, \quad (2)$$

bu ýerde s – reaksiýa ulgamynda faza ara üstün meýdany.

Gaz fazada gaty katalizatoryň gatnaşmagynda geçýän reaksiýalaryň tizligini gaty fazanyň birligi boýunça hasaplap bolýar:

$$v_i = -\frac{1}{w} \frac{dn_i}{d\tau}, \quad (3)$$

bu ýerde w – gaty fazanyň massasy.

Şeýlelikde, reaksiýanyň kinetikasynyň öwrenilmegi, olaryň mehanizmini ýüze çykarmaga mümkinçilik döredýär, ýagny hem nazary, hem iş ýüzünde ähmiýeti uludyr.

Himiki tehnologik prosesin intensifikasiýasy – ylmy-tehniki ösüşiň wajyp ugrudyr.

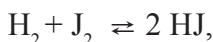
Prosesin tizligine köp faktorlar täsir edýär. Oňa reagentleriň tebigaty we konsentراسیاسы, basyş (gazlaryň gatnaşmagynda geçýän reaksiýalar üçin), temperatura, katalizator, garyndylar we olaryň konsentراسیalary, owranma derejesi (gaty maddalaryň gatnaşmagynda geçýän reaksiýalar üçin), gabyň görnüşi (sikli reaksiýalarda) we ş.m.-ler degişlidir.

Şeýle faktorlaryň köpüsinde, olaryň diňe birnäçesi şol birbada, hem tizlige, hem himiki deňagramlylyga täsir edýärler. Şol sebäpli, reaksiýanyň tizligine dürli faktorlaryň täsirleri, ylaýta-da olara mukdar taýdan baha berilmegi, köp kynçylyk döredýär. Ähli proseslerde hasaba alynýan, esasan, konsentراسیа, basyş, temperatura we katalizatoryň täsiri ýaly parametrlerdir.

Konsentراسیаныň himiki reaksiýalaryň tizligine täsiri

Bir elementar başgançakly himiki özara täsirleşmede geçýän reaksiýalara *ýönekeý reaksiýalar* diýilýär. Başlangyç döwre gatnaşýan molekulalaryň sany boýunça reaksiýalar bir molekulýar, iki molekulýar we ş.m. ýaly görnüşlere bölünýär. Köp sanly molekulalaryň birbada çaknyşmagynyň mümkinçiligi örän az, şonuň üçin hem

üç molekulýar reaksiýalar seýrek duş gelýär, dört molekulýar reaksiýalar belli däl. Eger-de reaksiýanyň mehanizmi stehiometriki deňlemä gabat gelse, onda onuň molekulýarlygyny şol deňleme bilen baglanyşdyryp bolar. Mysal üçin, ýodly wodorodyň sintezi bir molekulýar reaksiýa:



Bu reaksiýanyň stehiometriki deňlemesi onuň hakyky geçiş ýoluna gabat gelýär we deňlemäniň esasynda reaksiýanyň molekulýarlygyny kesgitläp bolýar. Berlen reaksiýanyň tizligi reagentleriň konsentrasiýasyna proporsionaldyr, ýagny

$$v = kC_{\text{H}_2} \cdot C_{\text{J}_2}, \quad (4)$$

bu ýerde k – göni reaksiýanyň tizliginiň hemişeligi.

Bu massalaryň özara täsirleşme kanuny diýlip atlandyrylýan kanuny 1867-nji ýylda norweg himikleri Guldberg we Waage açdylar. Massalaryň täsirleşme kanuny şeýle aýdylýar: iki reagentleriň özara täsirleşme tizligi olaryň reaksiýa ulgamyndaky konsentrasiýalaryna göni proporsional bolup, himiki deňagramlylyga ýetmegi bolsa göni we ters reaksiýalaryň tizliklerine baglydyr. Ýodly wodorodyň sintezinde HJ molekulalary emele gelip başlandan, olaryň dargama reaksiýasy geçip başlar, ýagny

$$v = C_{\text{HJ}} \cdot C_{\text{HJ}} \quad (5)$$

Berlen reaksiýanyň kinetiki deňlemesi mese-mälim görünýän madda esaslanýar, ýagny reagentleriň konsentrasiýalary näçe ýokary bolsa, soňra olaryň gabatlaşma, duş gelme mümkinçiligi we şol sebäpli, özara täsirleşmesi şonça-da köp bolar.

(4) we (5) deňlemelerdäki dereje görkezijileriň jemine reaksiýanyň umumy tertibi diýilýär.

Mysal hökmünde I we II tertipli reaksiýalar üçin tizligiň konsentrasiýa baglylygyny görkezse bolar. Şol reaksiýalaryň kinetiki deňlemelerini çykaralyň.

I-nji tertipli reaksiýanyň differensial deňlemesi: $\frac{dc}{d\tau} = -kc$,

bu deňlemeden $\frac{dc}{c} = -kd\tau$ integrirläp, alýarys:

$$\ln c = -k\tau + \text{const.}$$

Integrirlemäniň hemişeligini (*const*) başlangyç şertlerden tapýarys, ýagny $c = c_0$; $\tau = 0$, onda

$$\ln c_0 = \text{const}$$

diýmek,

$$\ln \frac{c}{c_0} = e(-k\tau) \quad \text{ýa-da} \quad \frac{c}{c_0} = e(-k\tau). \quad (6)$$

Bu deňleme täsirleşýän maddalaryň konsentrasiýasyny reaksiýanyň tizliginiň belli ululygy boýunça islendik wagt pursadynda ýa-da tersine, reaksiýanyň tizliginiň hemişeligi, berlen temperatura-da islendik wagt pursadyndaky konsentrasiýasyny kesgitlemek arkaly hasaplamaga mümkinçilik berýär.

(6) deňlemeden görnüşi ýaly, başlangyç maddalaryň konsentrasiýasy wagtyň geçmegi bilen $\tau \rightarrow \infty$; $c \rightarrow 0$ şertde asimptotiki nola ýakynlaşyp, eksponensial ýagdaýda peselýär (asimptotos – ýakynlaşmaýan).

Tükeniksiz şahaly erginiň asimptotasy – göni çyzyga tükeniksiz ýakynlaşýar. Asimptotik ýakynlaşma diýmek, nola tükeniksiz ýakynlaşmadyr.

Şeýle hem reaksiýanyň tizligi çalt peselýär. (6) deňlemä laýyklykda, şol bir wagt aralygynda täsirleşýän maddalarynyň c/c_0 gatnaşygynyň birmeňzeş bölegi degişlidir. Áýdylanlary göz önünde tutup, I tertipli reaksiýalar üçin ýarym dargama döwür başlangyç konsentrasiýa bagly bolmaýar. Hakykatdan $c/c_0=1/2$ diýip hasaplasak, (6) deňlemeden

$$\tau_{0,5} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k} \text{ alarys.}$$

Bu gatnaşykdan görnüşi ýaly, I tertipli reaksiýanyň tizliginiň hemişeligi ýarym dargama döwrüne ters proporsionaldyr.

Egerde özara täsirleşýän iki maddalaryň konsentrasiýalary deň bolsa, ýagny

$$c_{AO} = c_{BO} = c,$$

Onda ýönekeý II tertipli reaksiýalar üçin differensial deňlemäniň görnüşi aşakdaky ýaly bolar:

$$-\frac{dc}{d\tau} = kc^2. \quad (7)$$

Bu deňlemeden üýtgeýän ululyklary bölüp, soňra integrirläp, alýarys:

$$\frac{1}{c} = k\tau + const.$$

Hemişeligi («const»-ny) başlangyç ýagdaýdan taparys ($\tau = 0$; $c = c_0$):

$$const = \frac{1}{c}.$$

Şonda

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{c_0} = k\tau \text{ ýa-da } \frac{c_0 - c}{c - c_0} = k\tau. \quad (8)$$

II tertipli reaksiýalar üçin ýarym dargama döwrüň wagty «const» däl, ol reagirleşýän maddalaryň başlangyç konsentrasiýasyna ters proporsionaldyr.

Hakykatdan hem, (8) deňlemä $c = \frac{c_0}{2}$ girizip, alýarys:

$$\tau_{0,5} = \frac{1}{kc_0}.$$

Şeýlelikde, II we ondan ýokary tertipli reaksiýalarda ýarym dargama döwür reagirleşýän maddalaryň konsentrasiýasyna baglydyr.

Ýokarda aýdylanlardan görnüşi ýaly, bellenen reaksiýanyň mehanizmi çylşyrymly mesele bolup, ol diňe kinetiki deňlemeleri tapmakdan ybarat däl. Taslama işlerinde, köplenç, eksperiment arkaly tapylan kinetiki deňlemeler peýdalanylýar. Ýöne bu deňlemeler diňe, seýrek ýagdaýda, ýagny reaksiýanyň mehanizmi doly öwredilende gerek boljak maglumatlara esaslanýar.

Temperaturanyň himiki-tehnologik prosesleriň tizligine täsiri

Himiki reaksiýanyň tizligi, köp ýagdaýlarda, gyzdyrylmak bilen çaltlandyrylýar. Ol temperaturanyň üýtgemegine has duýgurdyr. Mysal üçin, 20° C-de suwuň sintezi, adatça, 15 % hem geçmeýär (onuň doly geçmegine 54 mlrd ýyl gerek bolardy), ýöne temperaturany 500° C ýetirsek, proses 50 minutda; 700° C-da bolsa, partlama bilen geçýär. Tejribe maglumatlary Want–Goff düzgüniň takmynan dogrulygyny (1884-njy ý.) häsiýetlendirýärler, ýagny temperaturanyň her 10° C ýokarlanmagynda reaksiýanyň tizligi $\approx 2 \div 4$ esse çaltlanýar.

Näme üçin gyzdyrylma prosesi şeýdip, çalt geçýärkä?

Reaksiýanyň tizligi molekulalaryň arasyndaky çaknyşma sanyna göni proporsional bolsa, onda seredäýmäge temperaturanyň ýokarlanmagy çaknyşma sanyny köpeldýän ýaly, ýöne bu çaklama subut edilmeyär, çünki gyzdyrylanda bölejikleriň hereket tizligi her 10° C diňe 1–2% ýokarlanýar. Ondan başga-da reaksiýanyň geçiş şerti diýip, diňe molekulalaryň çaknyşmasy ýeterlik diýip hasaplasak, onda konsentراسiýanyň, katalizatoryň täsiri düşnüksiz bolardy. Galyberse-de, her çaknyşma bellibir önümi emele getirýän bolsa, onda ähli reaksiýalar partlama tizlik bilen geçerdi. Mysal üçin, 1 sm³ gazda her sekuntda $\approx 10^{28}$ çaknyşma bolýar.

Şeýlelikde, täsirleşýän molekulalaryň sany (işjeň çaknyşma) bilen umumy çaknyşma sanynyň arasynda uly tapawut bardyr.

1889-njy ýylda şwed alymy Swante Awgust Arrhenius reaksiýanyň tizliginiň temperatura baglylygyny aşakdaky deňleme bilen aňladylmalydygyny teklipti:

$$\ln k = \frac{A}{T} + B, \quad (9)$$

bu ýerde A , B – berlen reaksiýanyň häsiýetlerine degişli hemişelikler. Bu deňleme himiki kinetikanyň esasy deňlemesidir.

Katalizatoryň täsiri

Katalizatoryň (ýörite maddalaryň) täsiri netijesinde himiki reaksiýalaryň tizliginiň üýtgemegine *kataliz* diýilýär.

Katalizator, reagentler bilen aralyk himiki arabaglanyşyga girip, reaksiýa gatnaşýar, ýöne katalitiki täsirden boşan soň, ol öz himiki düzümini dikeldýär.

Katalizatorlar gaz, suwuk we gaty ýagdaýda bolup bilýärler. Reagentleriň we katalizatoryň faza ýagdaýy boýunça katalitiki prosesler esasy iki sany: gomogen we geterogen diýen toparlara bölünýärler. Katalizatorlaryň tizlendiriji täsiriniň düýp manysy, esasan hem, prosesiň reaksiýa ýolunyň üýtgedilmegindedir. Şonda energetiki harajaty has az talap edýän aralyk birleşmeleri emele gelýär, ýagny işjeňleşme energiýasy peselýär. Netijede, wagt birliginde emele gelýän we dargaýan aralyk birleşmeleriň mukdary köpelýär. Köp katalizatorlaryň aýratynlyklary, haýsy bolsa-da bir ýa-da meňzeş reaksiýalaryň toparyny tizleşdirmäge ukyplydyr. Degişli katalizatory saýlap-seçip almak bilen, zerur bolan önümleriň emele gelmegine getirýän reaksiýalarynyň köpüsinden birini geçirip bolýar.

Katalizatorlar reaksiýanyň deňagramlylygyna täsir etmeýärler, olar diňe berlen temperaturada reaksiýanyň deňagramlylyga ýetmegini tizleşdirýär.

Ähli katalitiki reaksiýalar, reagentleriň we katalizatoryň özara täsirleşme görnüşine laýyklykda, okislendiriji – dikeldiji we kislota – esas katalizine bölünýärler.

Okislendiriji – dikeldiji kataliziniň mehanizmi reagentler bilen katalizatoryň arasyndaky elektron geçişleri bilen baglanyşýar. Bu düzgün boýunça okislenme reaksiýasy, uglewodorodlaryň konwersiýasy, ammiagyň, metanolyň sintezleri we beýleki prosesler bolup geçýär.

Kislota – esas kataliziniň mehanizmi položitel zarýadlanan ionyň geçişi bilen düşündirilýär. Onuň netijesinde, başdaky maddalaryň özara baglanyşmagyny ýeňilleşdirýän içki molekulýar öwürülmeler bolýar. Şu ýol bilen gidratasiýa, degidratasiýa, gidroliz, eterifikasiýa we başga reaksiýalar bolup geçýär.

Suwuklyklarda we gazlarda geçýän köp sanly katalitiki prosesler zynjyrlaýyn mehanizm boýunça amala aşyrylýar. Olarda katalizator başyny başlaýjy (inisiator) bolup hyzmat edýär.

Dürli katalizatorlar şol bir prosesi dürli derejede tizleşdirýärler. Katalizatoryň berlen reaksiýa görä tizleşdirmä täsiriniň ölçegine

katalizatoryň işjeňligi diýilýär. Diýmek, katalizatoryň işjeňligi näçe ýokary bolsa, şonça-da köp derejede ol reaksiýanyň tizligini ýokarlandyrýar we şonuň üçin hem katalizatoryň gatnaşmagynda reaksiýalary pes temperaturalarda hem uly tizlik bilen geçirip bolýar.

Berlen katalizatoryň gatnaşmagynda, prosesin senagatda ulanylyp boljak, ýeterlik tizligini üpjün edýän in pes (minimal) temperaturasy *katalizatoryň otlalma temperaturasy* diýilýär.

Katalizatoryň gatnaşmagynda reaksiýa birnäçe ýönekeý basgançaklara bölünýär. Bu basgançaklaryň toplumy, katalizatorsyz reaksiýa bilen deňeşdirilende, pes işjeňleşme energiýasyny talap edýär.

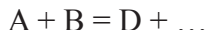
Kanuny taýdan, prosesin kinetikasyna katalizatoryň täsiri Arrheniusyň deňlemesine girýän eksponentanyň önündäki köpeldijiniň üýtgemegi bilen hasaba alynýar.

Işjeňleşme energiýasy näçe kiçi bolsa, şonça hem reaksiýanyň tizligi uludyr we eksponenta baglanyşygynyň netijesinde

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

reaksiýanyň tizligi, işjeňleşme energiýasynyň sähelçe azalmagynda, ýeterlik derejede ýokarlanýar.

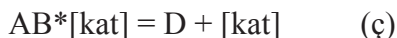
Mysal üçin, reaksiýa ulgamynyň, bimolekulýar katalizatorsyz geçýän reaksiýasynyň



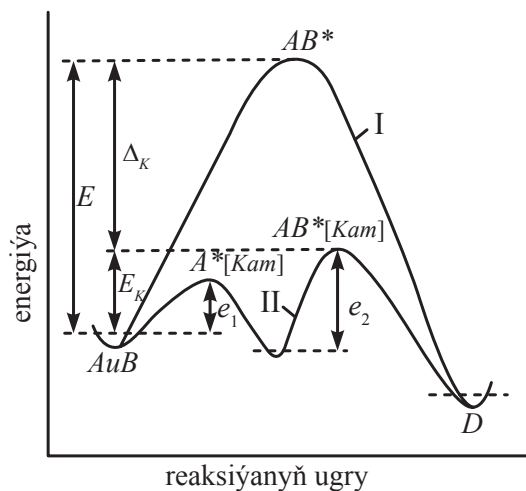
energetiki aňladylyşyna seredeliň. Bu ýagdaýda reaksiýa AB^* işjeň kompleksiň emele gelmegi bilen geçýär:



Katalizatoryň gatnaşmagynda reaksiýa başga ýol bilen, ýagny ýönekeý basgançaklaryň üsti bilen geçýär:



Berlen reaksiýa üçin katalizatorsyz we katalizatoryň gatnaşmagynda täsirleşýän ulgamyň energiýasynyň üýtgeýşi 15-nji suratda görkezilýär.



15-nji surat. Katalitiki däl (I) we katalitiki (II) reaksiýalarda täsirleşýän ulgamyň energiýasynyň üýtgeýşi

Suratda katalitiki däl reaksiýanyň işjeňleşme energiýasy – E ; katalitiki reaksiýanyň (çäklendiriji basgançagy boýunça) işjeňleşme energiýasy – E_k ; e_1 we e_2 – aralyk basgançaklaryň (a we b) işjeňleşme energiýalary. 15-nji suratdan görnüşi ýaly, $\Delta E = E - E_k$.

Şeýlelikde, täze reaksiýa ýolunyň açylyş prosesinde-de katalizator işjeň gatnaşygy bolýar, onuň gatnaşmagy reagirleşýän maddalar bilen durnuksyz aralyk birleşmeleriniň – işjeň kompleksleriniň emele gelmegi bilen aňladylýar. İşjeň kompleksler dargandan soň katalizator öz başdaky ýagdaýyny dikeldýär.

Gomogen katalizniň esasy kemçiligi önüm garyndysyndan (suwuklykdan ýa-da gazdan) katalizatoryň bölüp çykarylmagynyň kyn-dygundan ybarat. Şonuň üçin, katalizatoryň birnäçe mukdary öwrülişiksiz ýitýär, önüm bolsa onuň bilen hapalanýar.

Geterogen katalizde katalizator gaz ýa-da suwuk reaksiýalaýyn garyndydan ýeňillik bilen aýrylýar we şonuň üçin hem, senagatda geterogen kataliz has giňden peýdalanylýar.

Geterogen kataliz, gomogen katalize görä senagatda ýeterlik derejede giňden ulanylýar. Köp sanly belli-belli katalitiki reaksiýalar –

bular gaty katalizatorlaryň gatnaşmagynda gaz görnüşli reagentleriň arasyndaky reaksiýalardyr.

Geterogen katalizde hem reaksiýa, pes işjeňleşme energiýasyny talap edýän täze reaksiýa ýolunyň açylmagynyň netijesinde tizleşýär. Geterogen katalizde aralyk birleşmeler katalizatoryň üstünde emele gelýär, aýratyn faza ýüze çykarmaýar we himiki analiz boýunça kesgitlenilmeýär.

Katalizatoryň katalitiki häsiýetleri diňe bir olaryň himiki tebigaty bilen däl-de, eýsem olaryň taýýarlanylş usullary bilen hem kesgitlenilýär.

Katalizatoryň işçi üst ýüzüniň meýdany we häsiýeti hem-de onuň dänejikleriniň öýjükliiligi onuň işjeňligine uly täsir edýär. Köp ýagdaýlarda, katalizatoryň içki üsti, ýagny öýjükleriň diwarlarynyň üsti–ýüzi, dänejikleriň daşky sany üst ýüzünden ýüzlerçe we münlerçe esse ýokarydyr. Adatça bolşy ýaly, katalizatorlar kiçi dänejikler, tabletkalar görnüşinde taýýarlanylýar we şonuň ýaly hem ulanylýar.

Katalizde işjeň merkezler, ýagny ýokary işjeňlilige eýe bolýan üstüň meýdanlary, has wajyp orny eýeleýär. İşjeň merkezler – bu üst-ýüzüň geometrik taýdan meňzeş bolmadyk kristallaryň çüňkleri, gapdal gyraňlary ýa-da üst ýüzüň mikrogurluşynyň defektleridir (ýetmezçilikleridir).

Umumy ýagdaýda, gaty öýjükli katalizatoryň üst ýüzünden geçýän katalitiki prosesi aşakdaky ýaly ýönekeý basgançaklardan düzülýär:

1. Täsirleşýän maddalaryň akymynyň merkezinden katalizatoryň dänejikleriniň düşýän üst-ýüzüne düýpli maddalaryň diffuziýasy;

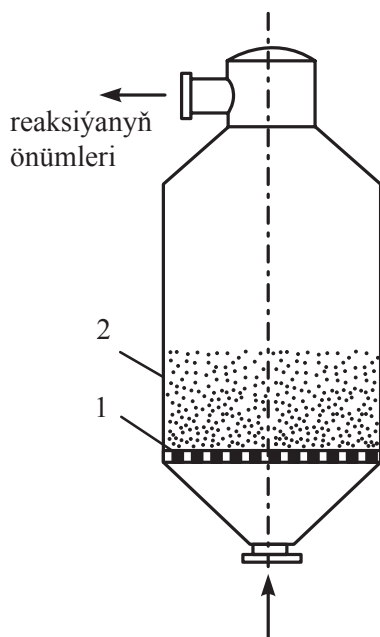
2. Katalizatoryň dänejikleriniň öýjükleriniň iç-ýüzüne düşýän reagentleriň diffuziýasy;

3. «Reagent–katalizator» işjeň kompleksleriň katalizatoryň üst-ýüzüne, üstleýin himiki birleşmeleriň emele gelmegi bilen, işjeňleşdirilen absorbsiýasy (hemosorbsiýasy);

4. «Önüm – katalizator» – üstleý kompleksleriniň emele gelmegi bilen atomlaryň täzeden toplanmagy;

5. Katalizatoryň üst-ýüzünden önümiň desorbsiýasy;

6. Katalizatoryň dänejikleriniň öýjüklerine önümiň diffuziýasy;



16-njy surat. Sygymly kontakt enjamy
1 – gözenek, 2 – katalizator gatlagy.

7. Katalizatorlaryň dänejikleriniň üst-ýüzünden akymyň ýadrosyna önümiň diffuziýasy.

Geterogen katalitiki prosesiniň umumy tizligi aýratyn basgançaklaryň otnositel tizlikleri bilen kesgitlenilýär we olaryň has haýal geçýän basgançagy boýunça çäklendirilýär.

Käbir ýagdaýda, katalizatoryň üst-ýüzündäki himiki baglanyşyklaryň biri, kähalatda bolsa diffuziýalaýyn prosesler has haýal geçýärler. Aýratyn basgançaklaryň tizlikleri, öz gezeginde, tehnologik kadasy bilen kesgitlenilýär. Üçünji we dördünji tapgyrlar maddalaryň himiki häsiýetleri we ilkinjyda temperaturanyň ýokarlanmagy bilen tizlenýärler. Bu tapgyrlaryň mehanizmi täsirleşýän maddalaryň we katalizatoryň tebigatyna baglylykda üýtgeýär. Egerde kataliziniň umumy tizligini çäklendirýän, haýal geçýän basgançaklar birinji ýa-da ýedinji bolsa, onda proses daşky diffuziýa zolagynda geçýär we ony tizleşdirmek üçin reagirlleşýän maddalary gowy garyşdyrmaly bolýar.

Senagat katalizatorlary. Köplenç, bu garyndylara *kontakt massalary* hem diýilýär. Kontakt massalarynyň düzümine girýän maddalar – bu katalizatoryň özi, göterijiler we promotorlar bolup durýar.

Katalizatorlar – bu demir, alýuminiý, kobalt we beýleki metallaryň oksidleri; demir, mis we beýleki metallar, käbir duzlar, hlory simap, alýumosilikatlar we ş.m. maddalar.

Göterijiler – bu katalizatoryň öýjükligini artdyran, ony berkidýän hem-de bahasyny peseldýän, pemza, asbest, kaolin, kömür we beýleki ýokary öýjükli maddalardyr.

Promotorlar katalizatorlaryň işjeňligini ýokarlandyryrlar. Olara kaliniň, kalsiniň, alýuminiň oksidleri we beýleki maddalar degişlidir.

2.5. Geterogen – katalitik prosesleriň kontakt enjamlarynyň şekillendirilişi

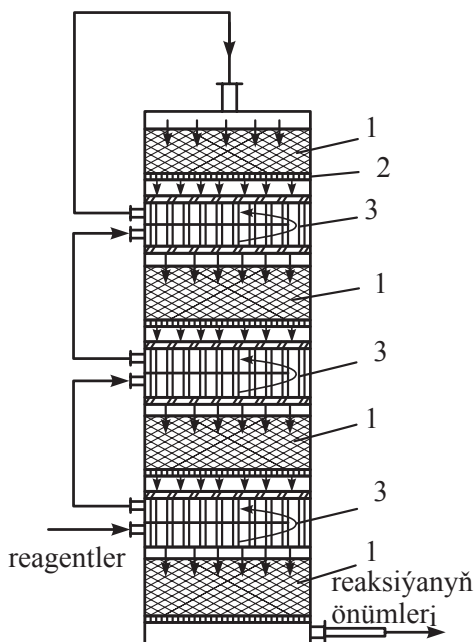
Geterogen – katalitik prosesleriň amala aşyrylmagy üçin *kontakt enjamlary* diýilýän dürli görnüşli reaktorlar ulanylýar.

Sygymly kontakt enjamlary – metaldan ýasalan, silindr şekilli, üstünde (2) katalizatoryň gatlagy ýerleşýän, (1) gözenekli göwrümlü enjamlardyr.

16-njy suratda görkezilişi ýaly, gazlar, kontakt enjamlarynda aşakdan ýokaryk ýa-da ýokardan aşak geçýärler. Şunuň ýaly enjamlar ýönekeýligi bilen tapawutlanýar. Mysal üçin, olar nebiti gaýtdan işleýän zawodlarda ulanylýar.

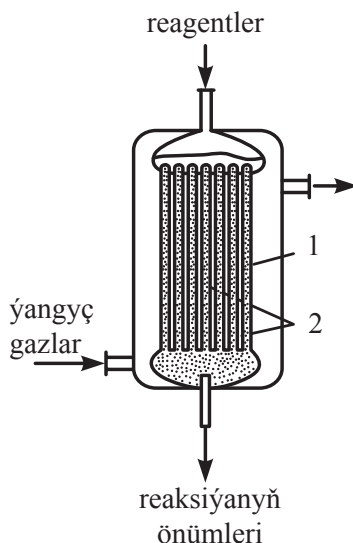
Tekçeli kontakt enjamlary, (17-nji surat) üstünde (1) katalizator ýerleşdirilen, bir hatar (2) tekçelerden ybaratdyr. Tekçeleriň arasynda ýylylygy çalşyjylar (3) gurnalýar. Adatça, bu enjamlar ýylylyk emele getirýän (ekzotermik) reaksiýalary geçirmek üçin ulanylýarlar.

Reaksiýalaýyn gazlar, ýokarky tekçäniň üstünde ýerleşen katalizatoryň üstüne barmazdan öň, (3) ýylylyk çalşyjynyň turba ara giňişliginden yzygider geçýär we gyzýar. Ýokarky tekçede ekzotermik reaksiýa geçýär we gazyň temperaturasy ýokarlanýar. Soňra gyzgyn gazlar (3) ýylylyk çalşdyryjynyň turbalarynyň içine barýar, bu ýerde olar sowayarlar, ýagny turba ara giňişlikde sowuk gaz he-



17-nji surat. Tekçeli kontakt enjamy

1 – katalizator, 2 – tekçe, 3 – ýylylyk çalyşdyryjylar.



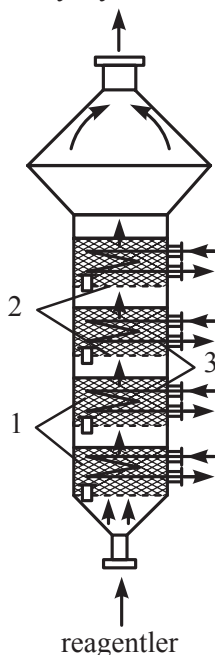
18-nji surat. Turbaly kontakt enjamy

1 – katalizatorly turbajyklar, 2 – turba ara giňişlik.

reket edýär. Ýylylyk çalyşdyryjynyň turbalaryndan gaz garyndysy katalizatoryň indiki gatlagyna barýar we sowadylmak üçin indiki ýylylyk çalyşdyryja girýär. Katalizatoryň ähli gatlaklaryny we ýylylyk çalyşdyryjlaryny yzygider geçip, ol reaktordan çykarylýar. Şeýlelikde, kontakt massanyň her gatlagynda bellibir temperatura saklanýar we reaksiýanyň ýylylygy katalize iberilýän gazy gyzdýrmak üçin ulanylýar. Şonuň ýaly enjamlar kükürdiň dioksidiň SO_3 çenli okslendirilmeginde, azotdan we wodoroddan ammiagyň sinteziniň alynýan önümçiliginde we beýleki köp proseslerde ulanylýar.

Turbaly kontakt enjamlary (18-nji surat) gurluşy boýunça turbaly ýylylyk çalyşdyryjlara meňzeş. Katalizator reaksiýalaýyn gaz geçýän turbalarda (1) ýerleşdirilýär. Eger-de reaksiýa ýylylygy siňdirmek bilen geçse, onda (2) turba ara giňişlikde turbalaryň içindäki

reaksiýanyň önümleri



19-njy surat.
«Gaýnaýan» gatlakly katalizatorly kontakt enjamy

1 – katalizator, 2 – tekçeler, 3 – turbajyklar.

temperaturany saklamak üçin gyzdyryjy gazlar goýberilýär.

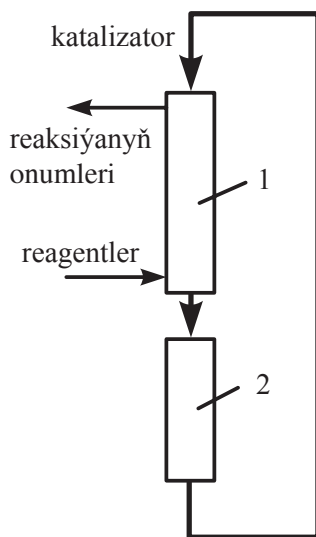
Turbaly kontakt enjamlary himiýa senagatynyň azot we beýleki önümçilik pudaklarynda ulanylýar.

«Gaýnaýan» gatlakly katalizatorly enjamlar (19-njy surat) ownuk däneli katalizator (1) bilen ýüklenen birnäçe (2) tekçelerden ybarat. Reaktoryň aşagyndan uly tizlik bilen gaz görnüşli reagentler berilýär. Olar katalizatoryň gatlagyndan geçip, ony «gaýnaýan» ýagdaýa getirilýär, ýagny galan bölejikler garyşdyrylýar. Daşky görnüşi boýunça gatlak gaýnaýan suwuklygy ýatladýar. Katalizatoryň her «gaýnaýan» gatynda reaksiýa bolup geçýär. Reaksiýalaýyn garyndy enjamlaryň ýokarsyndan çykarylýar.

Reaksiýanyň ýylylygynyň aýrylmagy ýa-da reaksiýany geçirmek üçin zerur bolan ýylylygyň berilmegi, katalizatoryň gatlagyna çümdürilen, towlam-towlam (3) turbajyklaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Enjamlaryň şu görnüşi gurluşynyň ýönekeýligi we ýokary önümliligi bilen tapawutlanýar. Olar kükürt kislotasynyň, nebit gaýtadan işlenilende we beýleki önümçilik pudaklarynda ulanylýar.

Prosesiň geçişinde katalizatoryň işjeňligini tiz ýok etjek bolсан we onuň katalitik häsiýetlerini dikeltjek bolсан (gerek bolanda), *hereket edýän katalizatorly enjamlar (20-nji surat)* ulanylýar. Reaktor iki bölümden ybaratdyr. Ýokarda (1) kontakt enjam, aşakda (2) regeneratör ýerleşýär. Katalizator kontakt enjamyň ýokarsyndan girizilýär we ýokardan aşaklygyna üznüksiz hereket etdirilýär. Reagentler bolsa onuň garşysyna hereket edýär.



20-nji surat. Hereket edýän katalizatorly kontakt enjamy

1 – kontakt enjamy, 2 – regenerator.

Reaksiýanyň önümleri enjamyň aşagyndan çykarylýar. Kontakt enjamdan işjeňligi ýiten katalizator (2) regeneratora baryp, ýokardan aşaklygyna hereket edýär. İşjeňligi dikeldilen katalizator ýene-de kontakt enjamynyň ýokarsyna düşýär. Şonuň ýaly kontakt enjamlary, nebitiň we nebit önümleri gaýtadan işlenende ulanylýar.

2.6. Ýokary temperaturada bolup geçýän prosesler

Himiýa senagatynda amala aşyrylýan köp sanly prosesleriň tizligini artdyrmak we deňagramlylyk ýagdaýyny saklamak üçin esasy usul bolup temperaturanyň ýokarlandyrylmagy hyzmat edýär. Olar ýokary temperaturalarda geçirilýär we şonuň üçin *ýokary temperaturada bolup geçýän prosesler* diýlip atlandyrylar.

Himiki öwrülmäniň ýokary tizligini bir derejede saklamak üçin, ýeterlik ýokary temperaturada geçirmeli bolýan ekzotermiki prosesler hem bolup biler, ýagny olarda birbada hem prosesiniň tizliginiň, hem önümiň çykymynyň artdyrylmagy üçin temperaturanyň ýokarlandyrylmagy amatly usul bolup durýar.

Ýokary temperaturada geçýän prosesler dürli enjamlarda – peçlerde, kontakt enjamlarynda, gazanlarda, awtoklawlarda we ş.m. amala aşyrylýar, ýöne bu prosesleri geçirmek üçin esasy enjamlar hökmünde – senagat peçleri ulanylýar.

Senagat peji – bu ýokary temperaturada geçýän prosesi geçirmek üçin zerur bolan, ýylylyk bölüp çykarýan enjamdyr. Senagatda ulanylýan peçler dürli görnüşlidir. Emma ähli peçlerde ýylylyk energiýasy: ýangyjyň (gaty, suwuk we gaz görnüşli) ýakylmagynda; elektrik energiýanyň ýa-da enjamda geçirilýän himiki reaksiýanyň ýylylygynyň hasabyna geçirilýän usullaryň biri boýunça alynýar.

Göni gyzdyryýan peçlerde ýylylyk energiýanyň çeşmesi ýa-da gyzgyn gaz gyzdyrylýan materiallar bilen galtaşýar ýa-da ýylylyk energiýasy materiallaryň özünden bölünip çykýar.

Gapdaldan, keseleýin gyzdyrylýan peçlerde ýylylyk energiýasynyň çeşmesi bilen gyzdyrylýan materiallaryň arasy ýylylygy geçirýän diwarjyk bilen araçäklendirilýär.

Ýokary temperaturany almak üçin dürli görnüşli ýangyç ýakylýan peçler ulanylýar. Köplenç, sementiň alynmagynda, soda önümçiliginde, natriý bikarbonatynyň dargadylmagynda aýlanýan deprek (baraban) görnüşli peçler peýdalanylýar. Olarda gyzdyrylma prosesi gyzgyn gazlaryň reagentler bilen galtaşmagy bilen geçýär. Oda çydamlylaryň bişirilmeginde gaz görnüşli ýangyç ýakylýan *tunel* peçler ulanylýar.

Hek, sulfat magdanlaryny köýdürmek üçin *şahtaly peçler* giňden peýdalanylýar.

2.7. Himiki reaktorlar

Himiki reaktor bu haýsy-da bolsa bir himiki prosesiň esasy enjamydyr. Onuň gurluşyna we iş görkezijilerine himiýa önümçiliginiň ykdysady netijeliligine ep-esli derejede baglydyr.

Himiki reaktoryň möhüm görkezijileriniň biri bu reaktorda geçýän prosesiň (ýokary derejedäki) işjeňligidir.

Işjeňlik näçe ýokary boldugyça, şonça-da alynýan önüme sarp edilýän wagt gysga bolýar. Şonuň üçin dürli görnüşli reaktorlarda geçýän himiki prosesler öwrenilende, reagentleriň dürli faktora bag-

lylykda reaktorda saklanan wagtyňyň funksional baglanyşygyny tapmaklyk esasy mesele bolup durýar. Bu baglanyşygy şu aşakdaky deňleme görnüşinde ýazyp bolýar:

$$\tau = f(x, c, v), \quad (10)$$

bu ýerde

τ – reagentiň reaktorda bolýan wagty;

x – başky reagentiň öwrülme derejesi;

c – reagentiň başky konsentrasiýasy;

v – himiki reaksiýanyň tizligi.

Görkezilen parametrleri baglanyşdyrýan bu deňleme reaktoryň modeliniň matematiki ýazgysy diýlip atlandyrylýar.

Reaktorlaryň maddy balansy. Haýsy hem bolsa bir tipli reaktoryň häsiýetlendiriji deňlemesiniň alynmagy üçin esas bolup, reaksiýalaýyn garyndynyň bir komponenti boýunça düzülen maddy balans hyzmat edýär. Ýönekeý $A \rightarrow R$ gaýdymсыз reaksiýada A reagent üçin maddy balans düzeliň. Umumy görnüşde maddy balans aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$B_{A(\text{gir})} = B_{A(\text{sow})}, \quad (11)$$

$$B_{A(\text{gel})} = B_{A(\text{git})},$$

$B_{A(\text{gir})} = B_{A(\text{soň})} - A$ reagentiň reaktorda üç ugurda harç edilenini göz önünde tutup, aşakdaky deňlemäni ýazyp bolýar:

$$B_{\text{gid}} = B_{(\text{h.r.})} + B_{\text{akym.}} + B_{\text{toplanma}}, \quad (12)$$

bu ýerde

$B_{(\text{h.r.})}$ – wagıt birliginde, reaksiýalaýyn göwrümde himiki reaksiýa girýän A maddanyň mukdary;

B_{akym} – A maddanyň akymy, ýagny wagıt birliginde reaksiýalaýyn göwrümünden çykýan A maddanyň mukdary; B_{toplanma} – A maddanyň (ýygınanmasy) toplanmasy, ýagny wagıt birliginde reaksiýalaýyn göwrümde üýtgemeyän görnüşde alnan A maddanyň mukdary.

(12) deňlemäni göz önünde tutup, (13) deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazyp bolýar:

$$B_{A(\text{gel})} = B_{A(\text{him. reak.})} + B_{A(\text{akym.})} + B_{A(\text{top.})}. \quad (13)$$

$B_{\text{gel}} - B_{\text{akym}} = B_{\text{kon}}$ – konwektiw akym bilen geçirilen A reagentiň mukdaryny emele getirýär:

$$B_{A(\text{kon.})} = B_{A(\text{gel})} - B_{A(\text{akym.})} \quad (14)$$

bu deňlemäni hasaba alyp, aşakdaky ýaly ýazyp bolýar:

$$B_{A(\text{top.})} = B_{A(\text{kon.})} - B_{A(\text{him.reak.})} \quad (15)$$

Her bir kesgitli ýagdaýda maddy deňleme dürli görnüşe eýe bolýar. Ol reaksiýalaýyn massanyň göwrüm birligi, tükeniksiz kiçi göwrümi we tutuş reaktor üçin düzülip bilner. Şeýlelikde, wagt birliginde göwrüminiň üstünden geçýän maddy akymyny hasaplap bolýar ýa-da bu akymlyary başky maddalaryň bir moluna deňläp bolýar. Şeýlelikde, umumy ýagdaýda, haçanda reaktoryň her bir nokadynda reagentiň konsentrasiýasy hemişelik bolmasa ýa-da wagta görä hemişelik bolmasa, onda reaktoryň ýönekeý göwrümi üçin maddy balans differensial görnüşinde düzülýär.

Netijede, öňünde himiki reaksiýanyň geçişini hasaba alýan goşmaça agzaly konwektiw massa çalşygynyň deňlemesinden ugur alyp, aşakdaky deňlemäni ýazyp bolýar:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \tau} = -W_x \frac{\partial c_A}{\partial y} - W_z \frac{\partial c_A}{\partial z} + D \left(\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2} \right) + v_A, \quad (16)$$

bu ýerde, c_A – reaksiýalaýyn garyndyda A maddanyň konsentrasiýasy; x, y, z – giňişlik koordinatalary; W_x, W_y, W_z – akymyň tizligini düzüjileri; D – molekulýar we turbulent diffuziýa koeffisiýenti; v_A – himiki reaksiýanyň tizligi.

(16) deňlemäniň çep tarapy, ýönekeý göwrümde maddy balansy düzülen A maddanyň konsentrasiýasynyň wagta görä umumy üýtgeýişini häsiýetlendirýär. Bu ululyk $B_{A_{\text{mol}}}$ ululyga deňdir.

(16) deňlemäniň sag bölegindäki agzalaryň birinji topary – koordinata oklaryň ugry boýunça akymyň tizligini düzüjileriň konsentrasiýalarynyň gradiýentlerine bolan köpeltmek hasyly. Ol A reagentiň reaksiyon massa bilen umumy akymynyň ugruna deň gelýän ugurda süýşürilmegi bilen onuň konsentrasiýasynyň üýtgeýişini görkezýär.

Agzalaryň topary – D -niň x, y, z konsentراسیalaryndan alnan ikinji derejesi önümleriň jemine köpeltmek hasyly – diffuziýanyň netijesinde ýönekeý göwrümde A maddanyň konsentراسیاسynyň üýtgeýşini görkezýär.

v_A – himiki reaksiýanyň netijesinde ýönekeý göwrümde A maddanyň konsentراسیاسynyň üýtgeýşini görkezýär. Ol (6) deňlemde $B_{A(x,p.)}$ ululyga deň gelýär.

Reaktorlaryň görnüşine we işleýiş düzümine baglylykda maddy balansynyň differensial deňlemesi ýönekeýleşýär we ony çözmek ýeňilleşýär. Egerde reaktoryň бүтін göwrümünde we wagtda prosesiniň görkezijileri hemişelik bolsa, onda maddy balansyny differensial görnüşde düzmek zerurlygy bolmaýar. Balans soňky ululyk boýunça, başky we ahyrky görkezijileriň ululyklarynyň tapawudy göz önünde tutulyp düzülýär.

Reaktorlaryň ýylylyk balansy. Ýylylyk balansy hem maddy balansy ýaly, dürli görnüşde düzülip bilner. Ol umumy görnüşde aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$Q_{\text{gel}} - Q_{\text{gid}} \quad (17)$$

Ýylylyk balansynyň deňlemesi reaktoryň görnüşine we prosesiniň ýylylyk düzgünine baglylykda dürli görnüşde bolup biler. Bu maksat üçin konwektiw ýylylyk çalşygynyň deňlemesi:

$$\begin{aligned} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial \tau} = \rho c_p \left(W_x \frac{\partial T}{\partial x} + W_y \frac{\partial T}{\partial y} + W_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \\ + \tau \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \end{aligned} \quad (18)$$

bu ýerde ρ, c_p – reaksiýa garyndysynyň dykzlygy we udel ýylylyk sygymy; τ – reaksiýa garyndysynyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti; F_{ud} – ýylylyk çalşygynyň udel üsti; K – ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti; $\Delta T = T - T_r$; $T = T - T_{s'}; T_{s.k.}$ – reaksiýalaýyn garyndysynyň temperaturasy; T_r – sowuk komponentiň (agentiň) temperaturasy; ΔH – reaksiýanyň ýylylyk effekti; v_A – himiki reaksiýanyň tizligi.

Deňlemäniň çep tarapy ýylylygyň umumy tizligini häsiýetlendirýär.

Deňlemäniň sag tarapynda agzalaryň birinji topary ýönekeý göwrüme degişli bolup (x, y, z) koordinatalar boýunça ýylylygyň konwektiw geçirilişiniň tizligini kesgitleýär.

Deňlemäniň sag tarapyndaky agzalaryň ikinji topary bolsa, reaksiýa gurşawynyň molekulýar we konwektiw ýylylyk geçirilişiniň netijesinde emele gelen ýylylyk çykarma tizligini kesgitleýär.

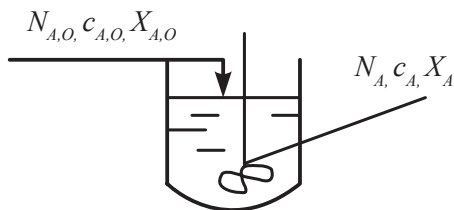
Deňlemäniň umumy çözügi uly kynçylyklar bilen baglanyşyklydyr. Şonuň üçin reaksiýanyň häsiýetine, reaksiýalaýyn geýän göwrümiň gurşawynyň ýylylyk we hereket düzgünine, ýagny reaktordaky gidrodinamiki tertibe baglylykda deňlemäni ýönekeýleşdirýäris. Bu bolsa amaly maksatlar bilen dürli meseleler çözümlende takyk bahalary almaga mümkinçilik berýär.

Döwürleýin reaktorlar. Döwürleýin reaktorlar enjamlara belli-bir wagtda maddalaryň ýerleşdirilmegi bilen häsiýetlendirilýär. Bu reaktorlarda reagentleriň konsentrasiýasy wagt boýunça üýtgeýär, ýöne işjeň garyşdyrylmagy bilen wagtyň islendik pursadynda, reaktoryň ähli nokatlarynda maddalaryň konsentrasiýasy deň we ol diňe wagt boýunça üýtgeýär. Döwürleýin reaktoryň bir sikliniň dowamlylygyny aşakdaky deňleme bilen kesgitlep bolýar:

$$\tau_d = \tau + \tau_g, \quad (19)$$

bu ýerde, τ_d – sikliniň doly wagty; τ – himiki reaksiýany geçirmäge sarp edilen iş wagty; τ_g – önümi düşürmäge we reagenti ýüklemäge sarp edilýän goşmaça wagt.

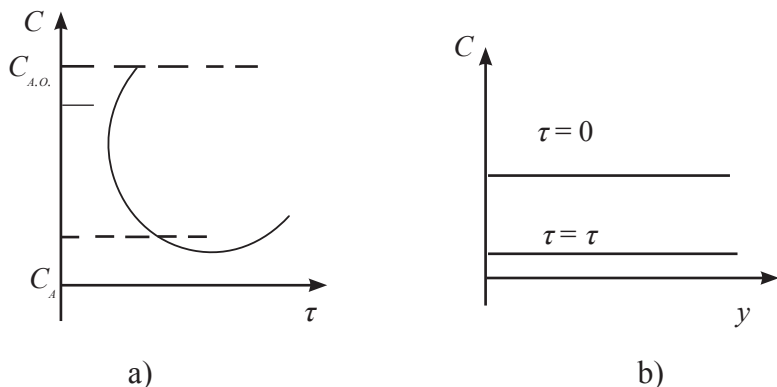
Bu reaktor, ideal garyşdyrylma (döwürleýin) reaktor gysgaldylyp (IGR-D) diýlip atlandyrylýar, bu garyjy enjam görnüşinde gezekme-gezek başlangyç hasaplary ýerine ýetirýär.



21-nji surat. Periodik (gezekli-gezegine) garyşdyryjy reaktor

$N_{A,0}$ – reaksiýa garyndydaky A maddanyň başdaky mukdary;
 $c_{A,0}$ – reaksiýa garyndydaky A maddanyň başdaky konsentrasiýasy;
 $X_{A,0}$ – A maddanyň başky öwrülme derejesi; N_A , c_A , X_A – prosesin soňundaky şol bir bahalar; τ – wagt; y – giňişlik koordinatasy.

A maddanyň konsentrasiýasynyň wagt birliginde we reaktoryň göwrümünde üýtgemesi 22-nji suratda görkezilendir.



22-nji surat. Döwürleýin ideal garyşdyryjy reaktorlarda reagentiň konsentrasiýasynyň paýlanylyşy
a) – wagt boýunça; b) – göwrüm boýunça.

Döwürleýin himiki prosesler özleriniň häsiýeti boýunça hemişe stasionar däl proseslerdir. Sebäbi himiki reaksiýanyň dowamynda prosesin görkezijileri wagt birliginde üýtgeýär (mysal üçin, reaksiýanyň önüminiň emele gelme prosesi bolup geçýär).

Döwürleýin reaktory hasaplamak üçin onuň iş wagtyny kesgitläýän deňlemesini bilmek zerurdyr.

Reaktoryň deňlemesininini esasy bolup (7) deňleme çykyş edip biler. Işjeň garyşdyrylmagyň netijesinde, ähli görkezijileri reaktoryň islendik nokadynda, islendik wagtda hemişelik bolýandygy üçin bu deňleme ýönekeýleşýär. Bu ýagdaýda x , y , z oklar boýunça alynýan islendik tertipli önümiň konsentrasiýasy nola deň. Şonuň üçin deňlemäni şeýle ýazyp bolar:

$$W_x \frac{\partial c_A}{\partial x} - W_y \frac{\partial c_A}{\partial y} - W_z \frac{\partial c_A}{\partial z} = 0, \quad (20)$$

$$D\left(\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2}\right) = 0. \quad (21)$$

Alnan bahalary göz önünde tutup, deňlemäni ýönekeý differensial deňleme görnüşinde ýazyp bolýar:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \tau} = v_A, \quad (22)$$

$$d\tau = c_{A0} \frac{dx_A}{-r_A}. \quad (23)$$

Bu deňlemäni bellibir wagt aralygynda we öwrülme derejesiniň 0-dan $O - X_A$ aralygynda integrirläp, alarys:

$$\tau = c_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dx_A}{-r_A}. \quad (24)$$

Alnan deňlemä döwürleýin ideal garyşdyrylma reaktorynyň deňlemesi diýilýär.

22-nji suratda ideal garyşdyrylma reaktorlaryndan biri görkezilen.

Üznüksiz işleýän reaktorlar. Üznüksiz işleýän reaktorlarda madda bilen üpjün ediliş we reaksiýanyň önümleriniň çykarylyşy üznüksiz amala aşyrylýar.

Egerde döwürleýin reaktorda görkezijileriň wagta görä üýtgeýänligi sebäpli, reaksiýanyň dowamlylygyny her sagatda ölçäp bolýan bolsa, üznüksiz hereketli reaktorlarda ölçäp bolmaýar. Şonuň üçin hem şeýle reaktorlar üçin reagentleriň ulgamda bolýan şertli wagty diýlen düşünje ulanylýar. Ol aşakdaky deňleme bilen aňladylýar:

$$\tau = V_r / V_0, \quad (25)$$

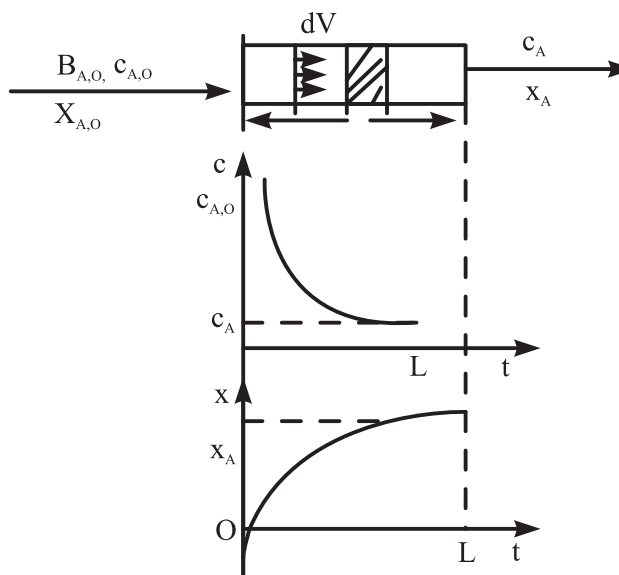
bu ýerde τ – şertli wagt; V_r – reaksiýanyň göwrüm; V_0 – wagt birliгинde reaktora girýän reaksiýalaýyn garyndysynyň göwrümi.

Ideal süýşürme reaktorlary. Ideal gysyp çykaryjy reaktorlary (IGÇR) – bu uzynlygynyň (L) diametrine (d) gatnaşygy has uly bolan turba görnüşdäki enjamlardyr. Reaktora ilkinji madda üznüksiz berilýär we ol turbanyň uzynlygy boýunça süýşmegi netijesinde, reaksiýanyň önümleri emele gelýär.

Ideal gysyp çykaryjy reaktorlarda gidrodinamiki tertip akymyň islendik bölejiginiň turbanyň uzynlygy boýunça hereket edýänligi bilen häsiýetlendirilýär. Akymyň bölejigi yzyna we keseligine garyşmaýar. Bu halatda maddanyň keseligine paýlanmasy birmeňzeşdir, ýagny reaksiýa garyndysynyň görkezijileriniň bahalary birmeňzeş diýlip kabul edilýär.

Reaksiýalaýyn massanyň her bir göwrüm elementi (dVr) reaktoryň uzynlygy boýunça öňdäki we ahyrky göwrüm elementleri bilen garyşman hereket edýär we silindrde porşen bilen garyşman hereket edişi ýaly, öňündäki ähli zady süýşürýär (gysyp çykarýar).

Her bir göwrüm elementiniň düzümi (dVr) himiki reaksiýanyň geçýänligi sebäpli, reaktoryň uzynlygy boýunça yzygider üýtgeýär we silindriň içindäki porşene meňzeş bar zatlaryň hemmesini gysyp çykarýar. Meselem, A maddanyň başky konsentrasiýasy (C_{A0}) reaktoryň uzynlygy boýunça C_A soňky konsentrasiýa çenli üýtgeýär (23-nji surat). Netijede reaktorda her bir bölejigiň bolýan wagty birmeňzeş bolýar.



23-nji surat. Ideal gysyp çykaryjy reaktor

Bu reaktoryň matematiki ýazgysyny ýazmak üçin maddy balansynyň (16) differensial deňlemesinden ugur alyp, ony ýokardaky görkezilen aýratynlyklary göz önünde tutup üýtgedýärler.

Ideal süýşürme reaktorda reaksiýasynyň garyndysynyň diňe bir ugurda hereket edýänligi üçin (16) deňlemäniň sag tarapyny aşakdaky ýaly ýazyp bolar:

$$-W_y \frac{\partial c_A}{\partial y} = 0; -W_z \frac{\partial c_A}{\partial z} = 0; -W_x \frac{\partial c_A}{\partial x} = -W \frac{\partial c_A}{\partial l}, \quad (26)$$

bu ýerde W – reaksiýa garyndysynyň reaktorda hereket etmeginiň liniýalaýyn tizligi.

ℓ – uzynlyk (reaksiýalaýyn garyndynyň göwrüm elementiň reaktordaky geçen ýoly). Ideal reaktorda reaksiýalaýyn garyndysynyň göwrüm elementi öňki we ahyrky göwrümler bilen garyşmaýanlygy we radial garyşdyrylmanyň ýoklugy sebäpli:

$$D \left(\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2} \right) = 0 \quad (27)$$

diýip ýazyp bolýar.

Onda ideal gysyp çykaryjy reaktoryň deňlemesi aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \tau} = -W \frac{\partial c_A}{\partial l} + r_A. \quad (28)$$

Bu deňleme ideal gysyp çykaryjy reaktoryň stasionar däl ýagdaýynda, maddanyň akymynyň maddy balansynyň matematiki ýazgysydyr. Bu ýagdaý reaktoryň işe goýberilen we saklanan tapgyrlary üçin mahsusdyr.

2.8. Maddy we energetik balanslar

Tehnologiýa hasaplamalary enjamlaryň, desganyň, önümçiligiň aýratyn usullary deňeşdirilende ýa-da täzeden taslama işleri gözden geçirilende geçirýärler. Tehnologik prosesiniň ýa-da onuň böleginiň maddy balansy maddalaryň saklanma kanunynyň esasynda düzülýär. Tehnologik prosese goýberilýän maddalaryň agramlary (giriş) – emele gelen maddalaryň agramyna (çykyş) – deňdir.

Balanslaryň hasaplamlary tehniki-ykdysadyýet görkezijilere esaslanýar. Umumy himiki reaksiýa bilen häsiýetlendirip bolýan prosesler üçin maddy balans iki bölümden ybaratdyr: deňlemäniň çep tarapy – giriş, sag tarapy – çykyş. Maddy balans esasy umumy reaksiýanyň deňlemesi boýunça (ýönekeýleşdirilen) ýa-da parallel, goşmaça geçýän reaksiýalaryň ählisi we önümleriň hasabaty boýunça (doly) hasaplanylýar. Maddy balansyň deňlemesi:

$$m_{\text{gir}} = m_{\text{çyk}},$$

$$m_{\text{gir}} - m_{\text{çyk}} = 0,$$

bu ýerde m_{gir} – prosesi geçirilmegi üçin başda alnan maddalaryň agramlarynyň jemi;

$m_{\text{çyk}}$ – prosesiň geçişinde emele gelýän önümleriniň agramlarynyň jemi.

Maddy balans, adaty, öndürilen önümiň birligine (kg, t, m^3) ýa-da %-de önümçiligiň maglumatlarynyň esasynda hasaplanylýar. Hasaplamlaryň netijeleri tablisada berilýär. Ýylylyk balansynyň düzülmeginiň esasy maddy balans bolup durýar. Maddy balansyň düzülmeginiň netijesinde, çig malyň önümçilikde sarp edilme koeffisiýentlerini hasaplap bolýar.

Tehnologik prosesiň ýa-da onuň bölüminiň ýylylyk (energetiki) balansy energiýanyň saklanma kanunynyň esasynda düzülýär. Bu kanuna laýyklykda, ýapyk ulgamyň energiýalarynyň ähli görnüşleriniň jemi hemişelikdir, ýagny prosese girýän ýylylyk, onuň şol prosesde, enjamlardan çykýan ýylylygyna deňdir. Ýylylyk balansyň deňlemesi:

$$Q_{\text{gir}} = Q_{\text{çyk}},$$

bu ýerde $Q_{\text{gir}} - Q_1, Q_2, Q_3$ ýylylyklaryň jemi.

Q_1 – maddalar bilen enjama girýän ýylylyk;

Q_2 – berlen enjamda geçýän ekzotermiki reaksiýalaryň ýylylygy;

Q_3 – gyzdyrmagyň netijesinde daşdan berilýän ýylylyk;

$Q_{\text{çyk}} - Q_4, Q_5, Q_6$ ýylylyklaryň jemi;

Q_4 – enjamdan çykýan önümler bilen gidýän ýylylyk;

Q_5 – enjamda geçýän endotermiki reaksiýanyň ýylylygy;

Q_6 – gurşap alýan, daş-töwerege ýitýän we sowadyjylar arkaly aýrylýan ýylylyk.

Diýmek, ýylylyk (energetiki) balansyny şeýle deňleme arkaly hem görkezmek bolar:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6.$$

Tehnologiýada Q_1 we Q_4 ýylylyklara maddalaryň ýylylyk mukdary diýilýär we olar enjama iberilýän we ondan çykarylýan her bir madda üçin aýratyn hasaplanylýar:

$$Q_i \text{ ýa-da } Q_4 = m c t,$$

bu ýerde m – maddanyň agramy (kg , mol hasabynda) (maddy balansyň maglumatlaryndan alynýar).

c – şol maddanyň ortaça ýylylyk sygymy (*maglumat beriji kitaplardan alynýar*).

T – temperatura (K)

Q_2 we Q_5 – dürli maddalaryň elementlerden emele geliş izobariki ýylylyklarynyň ýa-da ýanma ýylylyklarynyň esasynda hasaplanylýan himiki reaksiýalaryň ýylylyk effektleri.

Q_3 – prosese daşyndan berilýän ýylylyk. Ony ýylylyk göterijiniň ýitirýän ýylylygynyň mukdary boýunça hasaplap bolar.

Q_6 – sowadyjynyň ýylylygynyň üýtgemesi ýa-da girizilen ýylylyga görä göterimde hasaplanylýan ýylylyk ýitgisi.

HIMIKI-TEHNOLOGIK PROSESLERİŇ WE ULGAMLARYŇ MODELLEŞDIRME USULY ARKALY BARLANYLYŞY

3.1. Modeller we himiki-tehnologik prosesleriň modelleşdirilişi

Himiki-tehnologik prosesleriň modellerini gurmagyň usullaryna hem-de şol modelleriň käbir ulanylyş ýollaryna garap geçeliň.

Himiki tehnologiýanyň prosesleri öz aýratynlyklary hem-de çylşyrymlylyk derejesi boýunça juda köpdürlidirler. Şonuň üçin hem olaryň analizine hem-de olary dolandyrmaklyga bolan çemeleşmeler hem dürli-dürli bolýar.

Çemeleşmäniň, esasan, iki görnüşi bar. Bu iki ýol ylmyň we amalyýetiň ähli ugurlarynda giňden ulanylýar. Olaryň tapawudy ylmy usulyýetde örän wajyp orun tutýar.

Birinji çemeleşme prosesini geçişini öwrenmekdäki ylmy barlaglara esaslanýar. Şeýle barlagyň netijesinde prosesiniň soňunda geçirilen analiziniň hem-de ony dolandyrmagyň esasy bolup hyzmat edýän nazaryýet döredilýär. Muňa – determinirleşdirilen çemeleşme, onuň esasynda alnan modellere bolsa – determinirleşdirilen modeller diýilýär (*determinare* diýen latyn sözi *kesgitlemek* diýmegi aňladýar).

Ýöne başgaça çemeleşmeler hem bolýar. Eger-de proses örän çylşyrymly bolup, onuň geçirilişini jikme-jik anyklamak işleri juda köp harajatlary talap edip, maksada laýyk gelmezligi mümkin. Şeýle ýagdaýlarda prosesi empiriki ýol arkaly, ýagny nazaryýete çuňňur aralaşmazdan öwrenmek amatly bolýar. Adatça şeýle usula *stohastiki* (ol grek sözünden gelip çykýar. Bu söz *güman etmek, çak etmek* diýen manyny berýär) çemeleşme diýilýär. Oňa degişli modellere – empiriki ýa-da statistiki modeller diýilýär, sebäbi bu modeller döredilende matematiki statistika örän wajyp ähmiýete eýe bolýar.

Deterministiki çemeleşmedäki usullar şeýlebir köp dürli bolan-soň, olara umumy häsiýetnama bermek mümkin däl. Ýöne olaryň güýçli we gowşak taraplaryny belläp geçse bolar.

Deterministik çemeleşmäniň esasynda alnan maglumatlaryň esasy artykmaçlygy – olaryň önünden aýtmakda, çaklamakda tutýan wajyp, möhüm ornudyr. Haýsy hem bolsa bir prosesini geçişini doly derejede anyklap, ýokary derejedäki ynandyryjylykda, onuň dürli şertlerde özüni nähili alyp barjakdygyny önünden aýtsa bolýar. Şonuň üçin hem belli aforizmde aýdylyşy ýaly, «gowy teoriýadan amatly hiç bir zat bolup bilmez».

Bu usulyň gowşak ýeri – çylşyrymly prosesini gowy teoriýasyny döretmegiň kynlygydyr. Eger-de himiki-tehnologik prosesini diňe bir elementi – onuň gidrodinamikasy alynsa, onda şu günki gün turbulentligiň teoriýasynyň ýokdugy bilen oňuşmaly bolýar. Häzirki zaman himiýasynda ýüz-müňlerçe maddalar bellidir. Eger-de biz bu maddalaryň ählisiniň reaksiýalarynyň alnyş ýollaryny anyklamagy önümüzde çynlakaý maksat edip goýsak, onda bu maksada ýakyn gelejekde ýetjegimiz gümäna bolup galýar. Şunuň ýaly kynçylyk her ädimde duş gelýär.

Prosesleri stohastik çemeleşme arkaly barlap öwrenmek üçin kibernetika ylmynda käbir umumy usullar işlenilip düzüldi. Bu usullar barada düşüňjani «gara gapyrjak» diýlip atlandyrylýan çyzgy arkaly berse bolar. Bu ilki başda ýarym degişme görnüşde alnan adalga häzirki döwürde kibernetikada giňden ulanylýar.

Model barada düşüňje. Modelleşdirmegiň esasy düzgünleri we basgançaklary. Häzirki döwürde model sözi giňden ýaýran adalgalaryň biridir. «Model» sözüne dürli düşündirişler berilýär, şeýle hem olar dürli klaslara (toparlara) bölünýärler.

«Model» adalgasy latynça *modis, modilie* (ölçeg, keşp, usul we ş.m.) sözlerden gelip çykýar. «Model», «model teswiri» diýen sözler ulanylanda, öwrenilýän obýektiň barlagçyny gyzyklandyran aýratynlyklarynyň teswirlenmegine düşünilýär. Model islendik dilde, meselem, türkmen, rus, iňlis dillerinde teswirlenip bilner. Olar grafiki görnüşde gurlup, himiýa, fizika, biologiýa ylmlarynyň tejribesini ulanyp döredilip bilner. Modelleriň hususy ýagdaýlarynyň

biri hem-de iň köp ulanylýany *matematiki modeldir*. Matematiki modelleri teswirlemek üçin matematikanyň dili ulanylýar.

Islendik matematiki model üç ýol arkaly döredilip bilner:

a) hadysalara we proseslere gönüden-göni gözegçilik etmek netijesinde döredilýän modeller. Şeýle usul arkaly alnan modellere *fenomenologiki modeller* diýilýär.

b) käbir deduksiýa prosesleriniň netijesinde döredilýän modeller. Bu modeller has umumy modeliň hususy ýagdaýlarynyň biri hökmünde alynýar. Şeýle modellere *asimptotiki modeller* diýilýär.

ç) käbir induksiýa prosesleriniň netijesinde döredilýän modeller. Taze model elementar modelleri umumylaşdyrmak arkaly alynýar. Şeýle modellere *ansambl modelleri* diýilýär.

Model gurmak ýönekeý bir iş bolup, ol barlagçynyň bilimine, tejribesine, zehinine we öwrenilýän obýekt barada mälim bolan maglumatlara esaslanýar. Modeliň diňe bir obýektde bolup geçýän hadysalary, doly derejede teswirlemegi ýeterlik däl. Mundan başga-da modeliň iş ýüzünde ulanylmagy hem aňsat bolmalydyr.

Fiziki, matematiki we imitasiýalaýyn modelleşdirme barada düşünje

Modelleşdirmegiň üç görnüşi bolýar:

- 1) fiziki modelleşdirme;
- 2) matematiki modelleşdirme;
- 3) imitasiýalaýyn modelleşdirme.

Fiziki modelleşdirme – munuň özi hadysany öwrenmekden, obýekti dürli masştablarda gaýtadan dikeltmekden, onuň fiziki aýratynlyklaryny hem-de çyzyklaýyn ölçeglerini hasaba almakdan ybaratdyr. Fiziki modelleşdirme geçirilen synag gönüden-göni öwrenilýän obýekte göçürilip geçirilýär. Alnan maglumatlar fiziki ululyklaryň hem-de çyzykly ölçegleriň utgaşdyrylmasyndan düzülen, ölçegsiz kompleksleriň baglanyşyklary görnüşinde işlenilýär. Ölçegsiz görnüşler tapylan baglanyşyklary öz aralarynda meňzeş hadysalaryň toparyna ýaýratmaga mümkinçilik berýär.

Fiziki modelleşdirmе меңзеşlik ýörelgesini ulanmaklyga esaslanýar. Меңзеşlik ýörelgesi differensial deňlemeler bilen teswirlenýän hadysalaryň klasynyň içinden ölçegsiz görnüşe getirmek arkaly özara меңзеş toparlary saýlap almaga mümkinçilik berýär.

Hadysalaryň меңзеşligi. Меңзеş hadysalar diýlip häsiýetlendirýän ähli ululyklary giňişligiň islendik nokadynda özara birмеңзеş gatnaşykda bolan hadysalara aýdylýar, şeýle ýagdaýdaky меңзеşlige doly меңзеşlik diýilýär. Eger-de меңзеşlik ululyklaryň diňе kábiri üçin berjaý edilýän bolsa, onda оňa кем-käsleýin меңзеşlik diýilýär.

Islendik proses bellibir geometriki sudurda bolup geçýändigі sebäpli, ilkinji nobatda onuň geometriki меңзеşligi, diňе şondan soňra, berlen prosesi häsiýetlendirýän fiziki меңзеşlik häsiýetlendirilýär.

Geometriki меңзеşlik. Iki sany figuranyň меңзеşligi baradaky ýöneкеýje düşünje bize geometriýadan hem mälim. Egerde şekiliň göni çyzyklaýyn ölçeglerini diňе bir skalýar däl, eýsem belli bir ugry hem bolan ululyk hökmünde garalsa, onda şeýle şekiller giňişlikde olaryň birмеңзеş ölçegleri biri-birlerine parallel bolup ýerleşmeli болýar.

Modeliň hem-de hakyky obýektiň birмеңзеş analogiki ölçegleriniň gatnaşygyna modeliň masştaby diýilýär. Modeliň haýsy hem bolsa bir çyzyklaýyn l_m ölçegini alyp hem-de hakyky obýektiň degişli l_n ölçegine bölüp, modeliň çyzyklaýyn masştabyny alarys:

$$a_1 = \frac{l_m}{l_n}. \quad (1)$$

Mysal üçin, egerde garyşdyryjyly iki sany, ölçegleri: degişlilikde, diametrleri D_1 we D_2 ; garyşdyrylýan suwuklugyň gatlagynyň beýikligi H_1 we H_2 ; garyşdyryjlaryň pilçeleriniň (ganatlarynyň) diametri d_{g_1} we d_{g_2} , pilçeleriniň beýikligi h_{g_1} we h_{g_2} bolsa, onda bu enjamlar меңзеş болar ýaly

$$a_D = \frac{D_1}{D_2}; \quad d_H = \frac{H_1}{H_2}; \quad a_d = \frac{d_{g_1}}{d_{g_2}}; \quad h_d = \frac{h_{g_1}}{h_{g_2}} \quad (2)$$

deňlikler berjaý edilmelidir.

Geometriki meňzelik şertlerinde

$$a_D = d_H = a_d = h_d \quad (3)$$

deňlikler berjaý edilýär.

Ýöne enjamlaryň geometrik meňzeşligine kesgitleýji geometrik ölçeg girizip, ony aňlatmak aňsat bolýar. Mysal üçin, egerde garyşdyryjyly enjamyň seredilip geçilýän modeliniň kesgitleýji geometrik ölçegi hökmünde garyşdyryjynyň pilçesiniň d_g diametri alynsa hem-de onuň bilen ähli esasy ölçegler deňeşdirilse,

$$i_D = \frac{D_1}{d_{g_1}}; i_H = \frac{H_1}{d_{g_1}}; i_h = \frac{h_{g_1}}{d_{g_1}}, \quad (4)$$

onda islendik başga bir enjamda şol bir kesgitleýji häsiýetnamada i_D, i_H, i_h ölçegsiz gatnaşyklar saklanyp galsa, ýagny

$$\frac{D_2}{d_{g_2}} = \frac{D_1}{d_{g_1}} = i_D; \frac{H_2}{d_{g_2}} = \frac{H_1}{d_{g_1}} = i_H; \frac{h_{g_2}}{d_{g_2}} = \frac{h_{g_1}}{d_{g_1}} = i_h \quad (5)$$

bolanda, geometrik meňzeşlik berjaý edilýär.

Modelde hem-de natural (real) obýektde şol bir bahany saklaýan ölçegsiz i_D, i_H, i_h we ş.m. gatnaşyklara geometrik meňzeşligiň inwariantlary diýilýär.

Şeýlelikde, deňeşdirip boljak ulgamlarda geometrik meňzeşligiň inwariantlary şol bir bahany saklanlarynda, ýagny

$$i_D = idem; i_H = idem; i_h = idem \quad (6)$$

bolanda geometriki meňzeşlik berjaý ediler.

Geometrik meňzeşligiň inwariantlary san taýdan özara deň bolman hem biler. Inwariantlaryň ölçegsizligi geometrik meňzeşligiň şertlerini islendik ölçegleri bolan enjamlara geçirmäge mümkinçilik berýär. Diňe berlen ölçegiň kesgitleýji ölçege bolan gatnaşygy (5) deňlige laýyk gelmegi wajyp bolup durýar. Akymlar turbalarda, kanallarda, senagat enjamlarynda hereket edenlerinde, kesgitleýji ölçeg hökmünde togalak turbalar üçin turbanyň diametri bilen gabat gelýän ekwiwalent d_e diametri kabul edilýär.

Fiziki meňzeşlik. Fiziki meňzeşlik geometrik meňzeşlik ýaly, deňeşdirilýän ulgamlarda, onuň inwariantlary şol bir baha eýe

bolanda berjaý edilýär. Fiziki meňzeşligiň inwariantlary, geometrik meňzeşligiňkiler ýaly ölçegsiz ululyklar bolmalydyr. Ýöne fiziki hadysanyň fiziki ululyklarynyň tutuş bir hatary (tizlik, dyklylyk, süýgeşliklik we ş.m.) bilen häsiýetlendirilýändigini sebäpli, şol ululyklardan ölçegsiz gatnaşyklary düzmek meňzeşlik usulynyň esasy meselesi bolup durýar.

Bu meseläniň çözülişi iki ýol: 1) differensial deňlemeleri ölçegsiz görnüşe özgertmek arkaly; 2) ölçegleriň analiziniň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Differensial deňlemeleriň ölçegsiz görnüşe özgerdilişi. Bu özgerdiliş süýgeşik suwuklygyň hereketiniň deňlemesiniň mysalynda görkezilse bolar. Munuň üçin z ok boýunça bir ölçegli durukly ýagdaýa gelen hereketiň deňlemesini ýazalyň:

$$-\gamma - \frac{dP_z}{dz} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w_z}{dz^2} = \rho \cdot \frac{dw_z}{d\tau}. \quad (7)$$

(7) deňlemäniň ähli agzalaryny dz uzynlyga köpeldip, bu bolsa ähli parametrleriň dz uzynlyk boýunça üýtgemegi bilen deň güýçlüdir, alarys.

$$-\gamma \cdot dz - \frac{dP_z}{dz} \cdot dz + \mu \cdot \frac{\partial^2 w_z}{dz^2} \cdot dz = \rho \cdot \frac{dw_z}{d\tau} \cdot dz = \rho \cdot w_z \cdot dw_z \quad (8)$$

(8) deňleme $\rho \cdot w_z \cdot dw_z$ inersiýa eýe bolan we $\gamma \cdot dz$ agyrlık güýjüniň, $\frac{\partial P_z}{\partial z} \cdot dz$ basyşyň hem-de $\mu \cdot \frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2} \cdot dz$ sürtelmäniň täsiri astynda süýşüp, ýerini üýtgedýän, hereketdäki süýgeşik suwuklygyň modelidir. (8) deňlemede güýçler göwrüm elementine gatnaşdyrylýar we uzynlygy dz bolan kesimiň uzaboýuna täsir edýärler.

Geometrik meňzeşligiň inwariantlary baradaky düşüňjä esaslanyp, ähli täsir edýän güýçleri inersiýa güýji bilen deňeşdirmeler geçireliň. Bu güýçleriň inersiýa güýjüne bolan (ýa-da tersine) gatnaşygy ölçegsiz ululyklaryň alynmagyna eltýär. Differensial deňlemeleri ahyrky aňlatmalar bilen çalşalyň:

inersiýa güýji üçin

$$\rho \cdot w_z \cdot dw_z \approx \rho \cdot w_z^2; \quad (9)$$

agyrlyk güýji üçin

$$\gamma \cdot dz \approx \gamma \cdot l; \quad (10)$$

basyş güýji üçin

$$\frac{\partial P_z}{\partial z} \cdot dz \sim \frac{\Delta P}{l}; \quad (11)$$

sürtülme güýji üçin

$$\mu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \cdot dz \sim \mu \cdot \frac{w}{l^2} \cdot l \sim \mu \cdot \frac{w}{l}. \quad (12)$$

Inersiýa güýjüni agyrlyk güýjüne gatnaşdyryp, alarys:

$$\frac{\text{Inersiýa güýji}}{\text{Agyrlyk güýji}} = \frac{\rho \cdot w^2}{\gamma \cdot l} = \frac{w^2}{g \cdot l}. \quad (13)$$

Egerde hereket edýän suwuklyklaryň deňeşdirilýän ulgamlarynda ölçegsiz (13) kompleks şol bir bahasyny saklaýan bolsa, ýagny

$$\frac{w_1^2}{g \cdot l_1} = \frac{w_2^2}{g \cdot l_2} = \frac{w_3^2}{g \cdot l_3} = \dots = \frac{w^2}{g \cdot l} = idem. \quad (14)$$

bolsa, onda bu kompleks agyrlyk güýçleriniň täsiri boýunça fiziki meňzeşligiň inwarianty bolup hyzmat edýär, oňa bolsa Frudyň sany diýilýär:

$$\frac{w^2}{g \cdot l} = Fr = N_{Fr}. \quad (15)$$

Basyş güýjüni inersiýa güýjüne gatnaşdyryp, alarys:

$$\frac{\text{Basyş güýji}}{\text{Inersiýa güýji}} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2} \quad (16)$$

Egerde hereket edýän suwuklyklaryň deňeşdirilýän ulgamlarynda ölçegsiz (16) kompleks şol bir bahasyny saklaýan bolsa, ýagny

$$\frac{\Delta P_1}{\rho \cdot w_1^2} = \frac{\Delta P_2}{\rho \cdot w_2^2} = \frac{\Delta P_3}{\rho \cdot w_3^2} = \dots = \frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2} = idem \quad (17)$$

bolsa, onda bu kompleks basyş güýçleriniň, täsiri boýunça fiziki meňzeşligiň inwarianty bolup hyzmat edýär, oňa bolsa $E_{\text{ýler}} / s_{\text{any}}$ diýilýär:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2} = E_u = N_{Eu}. \quad (18)$$

Ahyrynda bolsa, inersiýa güýjüni sürtülme güýjüne gatnaşdyryp, alarys:

$$\frac{\text{Inersiýa güýji}}{\text{Sürtülme güýji}} = \frac{\rho \cdot w^2}{\mu \cdot \frac{w}{l}} = \frac{\rho \cdot w \cdot l}{\mu}. \quad (19)$$

Eger-de hereket edýän suwuklyklaryň deňeşdirilýän ulgamlarynda ölçegsiz (19) kompleks şol bir bahasyny saklaýan bolsa, ýagny

$$\frac{\rho_1 \cdot w_1 \cdot l_1}{\mu_1} = \frac{\rho_2 \cdot w_2 \cdot l_2}{\mu_2} = \frac{\rho_3 \cdot w_3 \cdot l_3}{\mu_3} = K = \frac{\rho \cdot w \cdot l}{\mu} = idem \quad (20)$$

bolsa, onda bu kompleks içki sürtülme ýa-da molekulýar süýgeşikligiň güýçleriniň täsiri boýunça fiziki meňzeşligiň inwarianty bolup hyzmat edýär; oňa Reýnoldsyň sany diýilýär:

$$\frac{\rho \cdot w \cdot l}{\mu} = Re = N_{Re}. \quad (21)$$

Suwuklygyň süýgeşikliginiň onuň dykzyzlygyna bolan gatnaşygy kinematiki süýgeşiklik $\mu / \rho = \nu$ bolansoň, Reýnoldsyň sanyny aşadaky görnüşe getirse bolar:

$$N_{Re} = Re = \frac{w \cdot l}{\nu}. \quad (22)$$

Şeýlelikde, ýerine ýetirilen özgertmeler hereketiň differensial deňlemesini ölçegsiz sanlarda aňladylan

$$f(Fr, Eu, Re) = f(N_{Fr}, N_{Eu}, N_{Re}) \quad (23)$$

funksiýa görnüşindäki deňlemä çalyşmaga mümkinçilik berýär.

Funksional (23) baglanyşygyň görnüşi diňe tejribe geçirmek arkaly anyklanylyp bilner. (23) görnüşli deňlemelere kriterial

deňlemeler hem diýilýär, ölçegsiz kompleksler bolsa, – meňzeşlik kriteriýalary diýlip atlandyrylýar.

Fiziki modelleşdirmede esasy maksat – öwrenilýän obýektde hem-de modelde meňzeşlik kriteriýalarynyň hemişelik deň bahalaryny almakdyr.

Himiki tehnologiýada, esasan, aşakdaky meňzeşlik kriteriýalary ulanylýar:

$$\text{Frudyň kriteriýasy } Fr = \frac{w^2}{d \cdot l}, \quad (24)$$

$$\text{Eýleriň kriteriýasy } Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}, \quad (25)$$

$$\text{Reýnoldsyň kriteriýasy } Re = \frac{\rho \cdot w \cdot l}{\mu} \quad (26)$$

$$\text{Gomohronlyk kriteriýasy } Ho = \frac{w \cdot \tau}{l} \quad (27)$$

we ş.m.-ler.

Fiziki modelleşdirmekde obýekt we model üçin aşakdaky deňlikler ýerine ýetirilmelidir:

$$Re' = Re''; Fr' = Fr''; Eu' = Eu''; Ho' = Ho'', \quad (28)$$

bu ýerde: Re' , Fr' , Eu' , Ho' – meňzeşlik kriteriýalarynyň obýektde alýan bahalary; Re'' , Fr'' , Eu'' – meňzeşlik kriteriýalarynyň modelde alýan bahalary.

(23) görnüşli deňlemeler meňzeşlik kriteriýalarynyň arasyndaky baglanyşygy aňladar ýaly öwrenilýän prosesin parametrleriniň arasynda takyk analitiki baglylyk bolmaly, ýagny deňlemäni ýöne ölçegsiz görnüşe getirmek ýeterlik däl. Şonuň üçin hem (23) deňlemäniň düzümindäki ölçegsiz kompleksleri meňzeşlik kriteriýalary däl-de, eýsem degişli ölçegsiz sanlar diýlip atlandyrylsa dogry bolar.

Parametrleriň arasyndaky baglanyşyklaryň deňlemeleriniň ölçegsiz görnüşde berilmegi olary fiziki hadysalaryň giň klasy üçin ulanmaga mümkinçilik berýär, ýagny matematikanyň esasy ýörelgesi bolan izomorflyk prinsipinden peýdalanmaga ýardam berýär. Bu ýörelgä laýyklykda, funksional baglanyşyklaryň ölçegsiz

kompleksleriniñ inwariantlygy saklanylyp galanda, dürli fiziki parametrleri bolan ölçeşleri boýunça tapawutlanýan enjamlarda amala aşyrylýan prosesleriñ matematiki teswirleme meseleleriniñ giň toparyna ýaýradyp ulansa bolýar. Şonuň üçin hem (23) görnüşli deňlemeler seredilip geçilýän hadysalary we prosesleri hemmetaraplaýyn geçirmäge, fiziki meňzeşligi ýa-da fiziki modelleşdirmegi amala aşyrmaga mümkinçilik berýär.

Berlen hadysany häsiýetlendirýän fiziki ululyklaryň ölçeşleriniñ analizi ölçeşsiz kompleksleri düzmäge we görnüşini boýunça (23) deňlemä meňzeş bolan deňlemäni almaga mümkinçilik berýär. Hadysa juda az öwrenilende, ony differensial deňlemeler arkaly teswirlemäge mümkinçiligiň ýok halatlarynda, şeýle usula ýüzlenilýär.

Ölçeşleriñ analizi funksional baglylygy iň umumy görnüşden häsiýetlendirýän fiziki ululyklaryň ölçeşsiz kompleksleriniñ takyk kesgitlenen sanyna, meňzeşlikler bolanda bolsa, meňzeşlik inwariantlarynyñ takyk kesgitlenen sanyna eltmäge mümkinçilik berýär. Bu usul fiziki ululyklaryň ölçeşlerine esaslanýar. Fiziki ululyklaryň ölçeşleri diýlip, ony ölçemegiň esasy birliklerine baglylykda görkezilmegine düşünilýär.

Fiziki modelleşdirmekde berlen hadysany onuň özünde dürli möçberlerde ýasap we fiziki aýratynlyklarynyñ hem-de göni çyzyk boýunça ölçeşleriñ täsirleri analizlenip öwrenilýär. Synag işleri gönüden-göni öwrenilýän fiziki prosesde geçirilýär. Tejribe maglumatlar dürli fiziki ululyklaryñ hem-de göni çyzyk boýunça ölçeşleriñ kombinasiýasynyñ esasynda düzülen ölçeşsiz kompleksleriñ baglylygy görnüşinde görkezip işlenilýär. Bu ölçeşsiz görnüşe getirilen maglumatlar tapylan baglanyşyklary ölçeşsiz kesgitleýji kompleksleriñ ýa-da meňzeşlik kriteriýalaryñ hemişelikligi bilen häsiýetlendirilýän özara meňzeş hadysalaryñ toparyna ýaýratmaga (degişli etmäge) mümkinçilik berýär. Ölçeşsiz kompleksler differensial deňlemeleriñ esasynda ýa-da ölçeşlilik nazaryýet usullary arkaly alynýar.

Fiziki modelleşdirmе modeldäki hem-de obýektdäki meňzeşligiñ kesgitleýji kriteriýalarynyñ hemişelikligini (üýtgeşsizligini) döretmekden ybaratdyr. Munuň özi iş ýüzünde öwrenilýän

fiziki prosesi birnäçe tapgyrda döredilmegini, ýagny onuň amala aşyrylmagynyň kiçi masştablaryndan uly masştablara liniýalaýyn (göni çyzyk boýunça) kesgitleýji ölçegleri kanunalaýyk warirläp (dürli wariantlaryny barlap), geçilmegini aňladýar (meňzeşlik kriteriýasy).

Şeýlelikde, fiziki modelniň deformasiýasy gönüden-göni obýektiň özünde, ýagny fiziki prosesiň geçýän ýerinde, amala aşyrylýar. Şeýle çemeleşmede prosesi gitdigiçe uly (zawod möçberine çenli) çäklerde gaýtadan döredilmegi we himiki tehnologiýada iş salşylyan örän çylşyrymly ulgamlar bilen amal edilmegi talap edilýär. Meňzeşlik ýörelgesi we fiziki modelleşdirmе deňeşdirilende, ýönekeý ulgamlarda (meselem, bir fazalaýyn akymly gidrawliki ýa-da ýylylyk ulgamlarynda) ulanylanda, özlerni ödeýärler, çünki olarda kriteriýalaryň çäklendirilen sany bilen iş salşymaly bolýar. Emma çylşyrymly deňlemeler arkaly teswirlenýän çylşyrymly prosesler we ulgamlar alnan ýagdaýynda, şeýle çemeleşme meňzeşlik kriteriýalarynyň juda uly, şol bir wagtda sazlaşyksyz, diýmek, amala aşyryp bolmaýan toplumynyň alynmagyna getirýär. Meňzeşlik ýörelgesi özüni doly derejede klassiki mehanikanyň kanunlary arkaly teswirlenýän we fiksirlenen (adatça gaty diwarjagazly) çäkleri bolan bir fazaly ulgamlarda bolup geçýän, determinirlenen prosesler analizlenende ödeýär. Hadysalaryň arasynda köp manyly stohastiki görnüşli baglanyşygy bolan determinirlenmedik prosesleri, hususanda, iki fazaly erkin üstli ulgamlary hem-de himiki reaksiýalaryň geçmegi bilen çylşyrymlaşdyrylan prosesleri analizlemek üçin fiziki meňzeşligi ulanmak juda çetin bolýar.

Şonuň üçin hem himiki tehnologiýanyň çylşyrymly proseslerini hasaplamagyň esasy usuly bolup, matematiki modelleşdirilme usuly hyzmat edýär. Ondaky hasaplamalar elektron-hasaplaýjy maşynlarda (EHM-lerde) amala aşyrylmagy netijesinde bu matematiki modelirleme usuly prosesleri geçirmegiň iň amatly düzgünlerini hem-de olary dolandyrmagyň şertlerini tapmaga mümkinçilik berýär.

Häzirki wagtda fiziki modelleşdirilmegiň usullary täze häsiýetlere eýe bolýar: olary matematiki modelniň deňlemelerine girýän koeffisiýentleriň deformasiýa araçäklerini tapmak üçin peýdalanmak, şunlukda, matematiki taýdan teswirlenen prosesi giňeltmek

hem-de modeliň öwrenilýän obýekte adekwatlygyny anyklamak meselelerini çözmekde ulanmak bolýar.

Matematiki modelleşdirilme. Matematiki modelleşdirilme – munuň özi prosesleri hil hemde mukdar taýdan matematiki modelleriň kömegi arkaly teswirlemek usulydyr.

Matematiki model düzülende, real proses sada görnüşe getirilýär, çyzgy düzülýär we alnan ulgam öwrenilýän hadysanyň (prosesiň) çylşyrymlylygyna baglylykda, ol ýa-da beýleki matematiki deňlemeler arkaly teswirlenýär.

Geçirilýän barlaglaryň şowlulygy hem-de alynýan netijeleriň gymmaty, ähmiýetliligi amatly saýlanyp-seçilip alnysa we düzülen modeliň öwrenilýän prosesiniň häsiýetlerini dogry hem-de takyk teswirleýändigine baglydyr.

Esasy prosese täsir edýän faktorlaryň ählisi hasaba alynmalydyr. Şol bir wagtyň özünde, prosese gowşak täsir edýän faktorlar, modelde hasaba alynmaýar, çünki olaryň hasaba alynmagy matematiki analizi çylşyrymlaşdyrýar we barlagy amala aşyrmagy kynlaşdyrýar.

Modeliň gurluşyny düzýän matematiki teswirnama prosesiniň tebigatyna baglylykda dürli parametrleriň özara täsirini hasaba alýan tükenikli ýa-da differensial deňlemeleriň ulgamy görnüşinde teswirlenilýär.

Fiziki-himiki prosesi teswirleýän matematiki model belli-bir matematiki teswirnama görnüşinde ýazylýar. Ol tejribe arkaly alnan maglumatlary birleşdirýär we parametrleriň arasyndaky baglanyşyklary kesgitleýär. Modeli döretmekde nazary usullar we zerur synag – tejribe maglumatlary ulanylýar.

Matematiki modelleriň işlenilip düzülmeginiň ahyrky maksady – prosesi geçirmegiň netijelerini önünden çaklamakdan we onuň geçişine edilip bilnäýjek täsirleri işläp düzmekden ybaratdyr. Öwrenilýän hadysalar barada ýeterlik maglumatyň bolmadyk halatlarynda, olary öwrenmeklik öwrenilýän prosesiniň esasy (hil taýdan) aýratynlygyny ýoýmaýan ýönekeý modelleri gurmakdan başlanýar.

Fiziki modelleşdirilmeden tapawutlylykda, matematiki modelleşdirilmede modelniň üýtgeýşini fiziki modelde däl-de, eýsem EHM-iň kömegi bilen matematiki modelde öwrenilýär.

Matematiki modelleşdirmek häzirki zaman EHM-leri kompýuterler arkaly, gysga wagtyň içinde, az çykdajylar bilen şol bir prosesi dürli enjamlarda geçirmegiň wariantlaryny barlamaga, onuň aýratynlyklaryny hem-de amatly, oňaýly şertlerini tapmaga mümkinçilik berýär.

Matematiki modelleşdirmek usuly elmydama fiziki modelleşdirmek usulyna garanyňda arzan düşýär we az harajat talap edýär. Elbetde, fiziki modelleşdirmegi inkär etmek bolmaz, çünki matematiki hem-de fiziki modelleşdirme usullary biri-birleriniň üstüni ýetirýär.

Matematiki modelleşdirilme diýlip, obýektiň häsiýetlerini matematiki modelde öwrenmeklige düşünilýär.

Matematiki modelleşdirilme usulynyň esasyňy matematiki model düşünjesi tutýar. Haýsy bolsa-da bir hadysanyň ýa-da prosesiniň matematiki simwollar (belgiler) arkaly teswirlenen ýazgysyna matematiki model diýilýär.

Matematiki modelleşdirme özara baglanyşykly basgançakdan ybarat bolup durýar:

1. Öwrenilýän obýektiň matematiki teswirlemesiniň düzülmegi;
2. Matematiki teswirlemegiň deňlemelerini çözmek üçin usul saýlap-seçip alynmagy we onuň modelleşdiriji algoritmi görnüşinde ýerine ýetirilmegi;
3. Modelniň obýekte adekwatlygynyň (laýyk gabat gelýändigini) barlanylmagy.

Matematiki teswirleme düzülende, obýektde bolup geçýän hadysalar olary düzýän elementlere bölünýär. Soňra bolsa, şol elementleriň arasyndaky baglanyşyklar jikme-jik öwrenilýär. Aýratyn alnan her bir elementiň deňlemesi (ýa-da deňlemeler ulgamy) ýazylýar. Mundan başga-da, şol prosesleriň arasyndaky baglanyşygy teswirleýän deňlemeler matematiki teswirlemä goşulýar.

Prosesiň görnüşine baglylykda, matematiki teswirleme algebraik, differensial, integral we integro-differensial deňlemeleriň ul-

gamy görnüşinde ýazylyp bilner. Deňlemeler ulgamyny çözmegiň usulynyň saýlap-seçip alynmagy hem-de modelleşdiriji maksatnamanyň işlenilip düzülmegi, basgançak bölümi bar bolan usullaryň arasyndan has amatlysyny, peýdalysyny saýlap-seçip almagy we maksatnamany düzmegi öz içine alýar.

Fiziki pikir ýöretmeleriniň esasynda düzülen matematiki model öwrenilýän obýektiň häsiýetlerini hil we mukdar taýdan teswirlemelidir, ýagny öwrenilýän prosese meňzeş bolmalydyr. Matematiki modelniň hakyky obýekte adekwatlygyny barlamak üçin obýektiden alnan netijeler bilen modelde geçirilip alnan netijeler birmeňzeş şertlerde deňeşdirilmelidir.

Matematiki modelniň bir-birine meňzeşligini kesgitlemek modeli işläp düzmegiň basgançaklarynyň ahyrkysy – iň soňkusy bolup durýar.

Imitasiýalaýyn modelleşdirilme. Çylşyrymly ulgamlaryň özlerini alyp barylaryny fiziki modelleşdirilme usuly arkaly öwrenmek mümkin däl diýen ýalydyr. Şeýle ulgamlaryň matematiki modellerini işlemegiň juda çylşyrymly we kyndygy sebäpli, olaryň özlerini alyp barylaryny öwrenmek üçin imitasiýalaýyn modelleşdirilme usuly ulanylýar.

Hereket edýän we taslamasy düzülýän, häsiýeti hem-de çylşyrymlylygy dürli hilli obýektleri barlamagyň iň bir netijeli usullarynyň biri imitasiýalaýyn modelleşdirilmedir. Bu usul barlanylyp öwrenilýän imitasiýalaýyn modeli gurmakdan hem-de ýüze çykyan ol ýa-da beýleki meselelere jogap tapmaga gönükdirilen tejribe eksperimentini modele geçirmekden ybaratdyr. Imitasiýalaýyn modelleşdirme usulyna barlag geçirmegiň özboluşly usuly hökmünde garamak hem mümkindir.

Adaty synag tejribesini amala aşyrmagyň usullaryndan tapawutlylykda, alnyp barylýan barlag işi hakyky obýektde geçirilmän, eýsem EHM-de ýerine ýetirilýän obýektiň imitasiýalaýyn modelinde amala aşyrylýar. Imitasiýalaýyn modelleşdirilme usuly meseläniň analitiki çözügüni tapmaga mümkinçilik bermeýär.

Häzirki wagtda imitasiýalaýyn modelleşdirilme usuly köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň, himiýanyň, biologiýanyň, saglygy

goraýşyň (lukmançylygyň) we ş.m.-leriň meselelerini çözmekde hem ulanylýar.

Imitasiýalaýyn modelleşdirilme meselesine aşakdaky mysalda garap geçeliň: birinji tertipli reaksiýa (meselem, dargama ýa-da izomeriýasiýa reaksiýasy) üçin t wagt birliginde reaksiýa gatnaşýan bölejikleriň sany galan beýleki reaksiýa gatnaşmadyk bölejikleriň sanyna proporsionaldyr. Bu kesgitleme aşakdaky kinetiki deňlemäni berýär:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-k \cdot t}, \quad (29)$$

bu ýerde N_t – bölejikleriň t wagtdaky sany;
 N_0 – reagentleriň başlangyç wagtdaky sany;
 k – dargama tizliginiň hemişeligi.

Prosesleri imitasiýalaýyn modelleşdirilme usulyny şeýle düşündirse bolar: goý, her birinde bölejik ýerleşen N sany gutujyk bar diýeliň. Gutujykdaky bölejigiň reaksiýa gatnaşmagy mümkin. Tötänleýin haýsy hem bolsa bir gutujygy alalyň. Eger-de onda reaksiýa gatnaşmadyk bölejik bar bolsa, onda ol reaksiýa gatnaşar. Şeýlelikde, reaksiýanyň amala aşmagy reaksiýa gatnaşmadyk bölejikleriň sanyna proporsionaldyr.

ESASY HIMIKI ÖNÜMÇİLİKLER

4.1. Kükürt kislotasynyň önümçiligi

Himiýa senagatynyň wajyp önümleriniň biri – kükürt kislotasdyr. Suwsuz kükürt kislotaýa ýa-da monogidrat – bu ýagjymak, suwdan agyr suwuklykdyr. 0°C -de kükürt kislotasynyň 1 ml mas-sasynyň dykyzlygy $1,84\text{ g/sm}^3$ deň; şol şertlerde suwuň dykyzlygy 1 g/sm^3 deňdir.

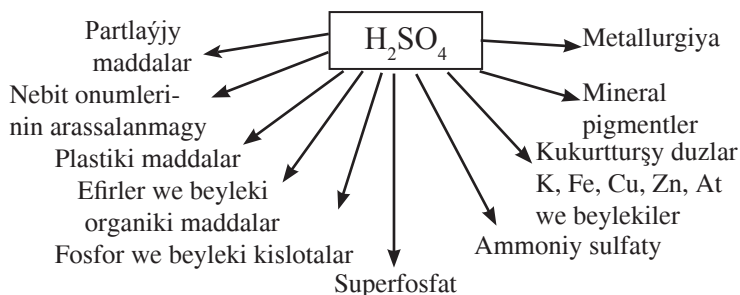
Kükürt kislotaýa ýokary işjeňligi bilen tapawutlanýar – himiki reaksiýalara örän çalt gatnaşýar. Ol metallar bilen gowy reagirleşýär, suw bilen hem çalt birleşýär. Agaç, beýleki ösümlikler, şeýle hem haýwan dokumalary kükürt kislotaýynda çalt dargaýarlar. Kükürt kislotaýy bilen işleýän adamlar seresaplylygy, howpsuzlyk düzgünlerini berjaý etmelidirler.

Kükürt kislotasynyň ýokary himiki işjeňligi ondan ýa-da onuň kömegi bilen beýleki maddalary öndürmäge mümkinçilik berýär.

Kükürt kislotaýa himiýa senagatynyň ähli pudaklarynda diýen ýaly ulanylýar. Ol himiýa senagatynyň ösüşini kesgitleýän esasy himiýa önümleriniň biridir – ol «himiýanyň çöregi» diýlip, tötänden aýdylmandyr. Himiýa senagatynda kükürt kislotaýa superfosfatyň, ammoniý sulfatynyň, ammosofosyň we beýleki mineral dökünleriň önümçiliginde ulanylýar. Öndürilýän kislotaýyň takmynan ýarysy dökün önümçiligine harçlanýlar.

Kükürt kislotaýa boýaglary, plastiki massalary, himiki süýüm-leri, farmasewtiki derman serişdelerini almak üçin zerurdyr. Kükürt kislotaýyň ep-esli mukdary nebit önümlerini – suwuk ýangyçlary, çalgý ýaglaryny almaga sarp edilýär. Kükürt kislotaýyň senagatyň dürli pudaklarynda ulanyşynyň doly bolmadyk sanawy 24-nji suratda görkezilýär:

Kükürt kislotaýyň has zerurlygy onuň önümçiliginiň möçberini kesgitleýär. Kükürt kislotaýyň dünýä boýunça öndürilişi ýyl-da takmyndan 100 mln t barabardyr.



24-nji sur. Kükürt kislotasyny ulanýan pudaklar

Senagatda ulanylýan kükürt kislotasy tehniki kükürt kislotasy diýlip atlandyrylýar. Ol kükürt kislotasynyň suwdaky erginidir. Şol erginlerde kükürt kislotasynyň saklanylyşy (konsentrasiýasy) dürli bolup biler: meselem, nitroza kislotasynyň düzüminde H_2SO_4 -ň 75–80%-i we H_2O 22–25%-i saklaýar. Köp mukdarda öndürilýän kontakt kislotasy – has konsentrirenen we arassa bolup, onuň düzüminde H_2SO_4 – 92,5% we H_2O 7,5% saklanýar. Kükürtli angidridiň (SO_3) kükürt kislotasyndaky ergini o l e u m diýlip atlandyrylýar. Onda 18–20% SO_3 , galany H_2SO_4 . Kükürt kislotasynyň önümçiliginiň dürli usullarynyň birinji basgançagy – kükürtli çig malyň ýakylmagyndan, kükürdiň, kükürt oksidiniň (SO_2) alynmagyndan ybaratdyr:



Kükürtli gaz arassalanandan soň, kükürdiň oksidi (SO_2) kükürtli angidride (SO_3) çenli okislendirilýär:



Kükürtli angidrid (SO_3) suw bilen birleşip, kükürt kislotasyny emele getirýär:



Kükürtli angidridiň okislendirme usulyna laýyklykda kükürt kislotasynyň önümçiliginiň kontakt we nitroza usullary tapawutlandyrylýar. Häzirki wagtdaky önümçiliklerde SO_2 -niň okislenme reaksiýasy gaty katalizatoryň gatnaşmagynda geçirilýär we önüm-

çiligiň bu usulyna *kontakt* usuly diýilýär. Bu usul boýunça kükürt kislotasynyň 95%-den gowragy alynýar.

Nitroza usulynda azot oksidleri katalizator bolup hyzmat edýärler. Okislenme, kislorody beriji nitrozanyň kömegi bilen suwuk fazada geçirilýär. Prosesi goýulmaly sütünlerde – diňlerde (başňalarda) amala aşyrylýar, şonuň üçin hem nitroza usulyna *sütünli* usul hem diýilýär.

Kükürt kislotasynyň önümçiliginde çig mal hökmünde ýönekeý kükürt, kolçedan, reňkli metallurgiýanyň peçlerinden çykýan zyňnydy gazlar, düzüminde kükürtli wodorody saklaýan gazlar ulanylýar. Dünýä boýunça kükürt kislotasynyň 50%-den gowragy kükürtden, 30% töweregi bolsa kolçedandan alynýar.

Kükürt – tebigy kükürdi, kükürtli magdanlarynyň flotasiýasyndan soň ulanýarlar.

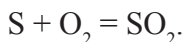
Kolçedan (esasy düzümi bölegi FeS_2) – reňkli metallaryň magdanlaryny baýlaşdyrylanda emele gelýän zyňnydy görnüşli kolçedan (flotasion kolçedan).

Şol kolçedanlarda kükürdiň mukdary 35%-den 47%-e çenli saklanýar.

Zyňnydy gazlar – reňkli metallaryň magdanlary ýakylanda (zyňnydy gazlarda SO_2 -niň mukdary 3–16%), mis we sink konsentratlarynyň kislorodly eredilmeginde emele gelýän gazlar.

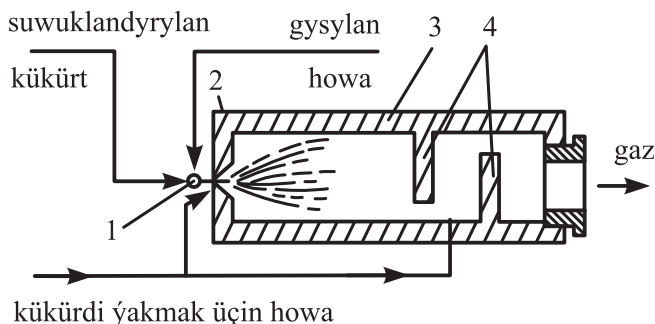
Kükürtli wodorod – senagat (koks, generator gazy, tebigy gazlaryň düzüminde saklanýan) gazlarynda, şeýle hem nebit gaýtadan işlenende gazlaryň arassalanmagynda emele gelýär.

Kükürtli gazyň alnyşy. Kükürt howada ýakylanda kükürtli gaz emele gelýär. Şonda geçýän reaksiýa:



Kükürt, ýönekeý gurluşly peçlerde ýakylýar we zyýanly garyndylar bilen hapalanmadyk kükürtli gaz alynýar. Kükürt ýakylýan peç (*25-nji surat*) oda çydamly kerpiç bilen örtülen (3) polat silindr görnüşde bolýar. Eredilen kükürt (1) forsunkadan howa bilen peçe goýberilýär. Peçiň içinde önümleriň gowy garylmagy üçin (4) germew bar. Ýokary temperaturada kükürt peçde ýanýar – ýanýan

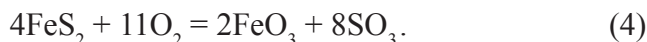
kükürdiň ýalňy emele gelýär. Kükürdiň ýanmagy peçiň bütin göwrüminde bolup geçýär we howanyň goşmaça mukdarynyň berilmeginde, kameralarda tamamlanýar. Şol kameralardan gyzgyn kükürtli angidritli peç gazlary çykarylýar.



25-nji surat. Kükürt ýakylýan peç

1 – forsunka, 2 – polatdan ýasalan kese silindr, 3 – oda çydamly kerpiçden örülen, örtülme, 4 – germewler.

Kükürtli kolçedanyň gaýtadan işlenme prosesiniň himiki reaksiýasy aşakdaky ýaly geçýär:

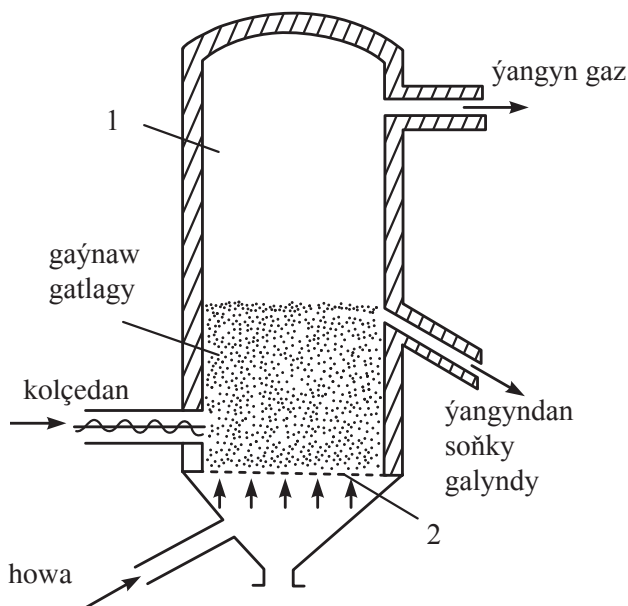


Reaksiýadan görnüşi ýaly, FeS_2 -niň howadaky kislorod bilen özara baglanyşygynda ýylylygyň köp mukdary bölünip çykýar, netijede prosesini geçirilýän pejinde temperatura $700-800^\circ\text{C}$ çenli baryp ýetýär. Kolçedanyň ýakylmagynda emele gelýän önüm – ýakylma ýa-da peç gazydyr. Ol düzüminde $8-10\%$ SO_2 -ni, $10-11\%$ kislorody, galany bolsa howa bilen peçe girýän azody we kolçedanyň galyndysyny, esasan, demriň oksidiniň gyzylymtyl goňur önümi saklanýar.

Kolçedan ýokary temperaturalarda tiz ýanýar, ýagny reaksiýanyň tizligi onda ýokarlanýar. Kolçedanyň ýanmagy – bu geterogen prosesdir we şonuň üçin onuň tizlendirilmegine kolçedanyň bölejikleriniň we howanyň arasyndaky üst galtaşmanyň köpelmegi zerurdyr. Bu şert kolçedanyň ownadylmagy we ýakylma prosesde, howanyň akymynda onuň garylmagy bilen gazanylýar.

Kolçedan dürli gurluşly peçlerde 800°C golaý temperaturada ýakylýar. «Gaýnaw» gatlakly peçler has köp ulanylýar.

«Gaýnaw» gatlakly peç (26-njy surat) içi boş, dik kamera (1) görnüşlidir. Onuň aşaky böleginde (2) gözenek ýerleşdirilýär. Gözenegiň üstüne üznüksiz ýagdaýda, owradylan kolçedan iberilýär, aşagyndan bolsa, howa üflenilýär. Howa gözenegiň deşiklerinden uly tizlikde geçýär, gözenegiň üstündäki kolçedany galdyrýar we garyşdyrýar. Kolçedanyň gatlagy daşky görnüşi boýunça gaýnaýan suwuklygy ýatladyar (şonuň üçin hem oňa «gaýnaw» gatlakly peç diýilýär). Peçdäki temperatura 800°C golaý bolýar. Peçiň ýokarsyndan ýakylma gazy, aşagyndan bolsa – gaty galyndy äkidilýär. Şeýle peçlerde bir gije-gündizde 100 t kolçedan ýakylýar.



26-njy surat. «Gaýnaw» gatlakly peç
1 – kamera, 2 – gözenek.

Kükürtli gazdan kükürt kislotasynyň gaýtadan alnyşy. Kükürtli gazdan kükürt kislotasynyň öndürilişi ýakylma gazyndaky kükürtli gazyň we kislorodyň özara täsirleşmeginde amala aşyrylýar. Bu

prosesiň netijesinde kükürtli angidrid (SO_3) emele gelyär, soňra ol suwda siňdirilip, kükürt kislotasyny emele getirýär.

Adaty şertlerde (2) reaksiýa örän haýal geçýär. SO_2 -niň SO_3 çenli okislenme usuly boýunça kükürt kislotasy iki usul bilen alynýar.

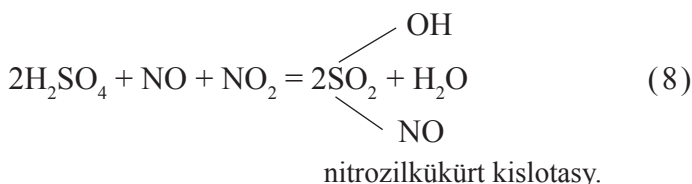
Nitrozaly usul. Kükürt kislotasynyň öndürilişiniň nitrozaly usulynda kükürtli angidridiň okislendirilmegi üçin azotyň oksidleri ulanylýar. Bu proses aşakdaky reaksiýalar boýunça geçýär:



(5) reaksiýa SO_2 -niň SO_3 çenli azotyň ikili oksidi bilen okislenmegini görkezýär, soňra (6) reaksiýa boýunça SO_3 suwa siňýär we kükürt kislotasy emele gelyär.

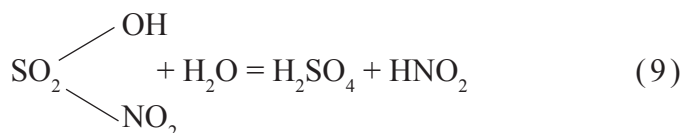
(5) reaksiýada emele gelyän azotyň oksidi peç gazyndaky kislorod bilen azotyň ikili oksidine çenli okislenýär. Bu basgançak (7) reaksiýa arkaly görkezilýär. Şeýlelikde, azodyň oksidleri prosesde harçlanylmaýar.

(5) we (6) deňlemeler gaz fazada geçýän proseslerini teswirleýärler. Ylmy barlaglaryň maglumatlaryna görä, SO_2 -niň mukdarynyň aglaba köp bölegi suwuk fazada okislenýär. Bu proses birnäçe basgançaklardan ybaratdyr. Ilkibada oksidler kükürt kislotasyna siňýärler (absorbsiýa):



Emele gelyän nitrozilkükürt kislotasy kükürt kislotasynda eredilen ýagdaýda saklanylýar.

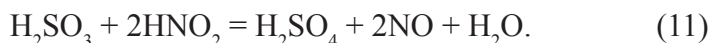
Nitrozilkükürt kislotasynyň kükürt kislotasyndaky erginine *nitroza* diýilýär. Soňra nitrozilkükürt kislotasy suw bilen özara reagirleşýär – oňa *denitrasiýa* prosesi diýilýär:



Peç gazyndaky kükürtli anhidrid suw bilen reagirleşip, kükürtli kislotasyny emele getirýär:

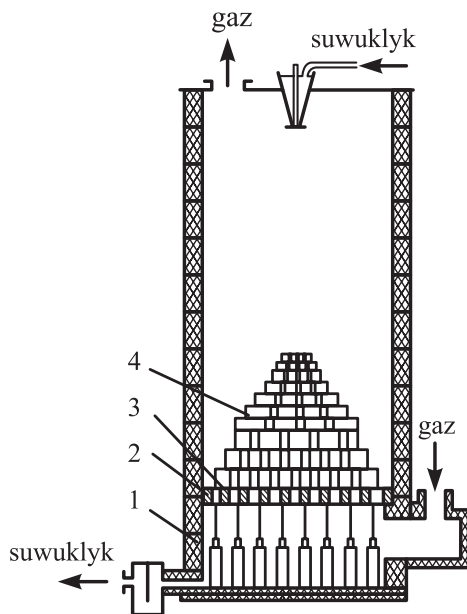


Soňra ol (9) reaksiýa boýunça döreyän azotly kislota bilen okislenip, kükürt kislotasyny emele getirýär:



Öndürilýän kükürt kislotasynyň konsentrasiýasy 75%-dir. (7) reaksiýadaky azotyň oksidi peç gazyndaky kislorod bilen azotyň ikili oksidine çenli okislenýär we (8) reaksiýa boýunça nitrozany almakda ulanylýar.

Şeýlelikde, azotyň oksidleri harçlanmaýarlar. Onuň zyňyndy gazlar bilen gidýän käbir ýitgisi ulgama azot kislotasynyň girizilmegi bilen doldurylýar.



27-nji surat. Goýulmaly sütün

1 – polat gap, 2 – örtülme, 3 – gözenek, 4 – goýulma.

(8), (11) reaksiýalar goýulmaly sütünlerde – diňlerde geçirilýär. Şonuň üçin nitrozaly usul boýunça işleýän desgalara sütünli, olardan alynýan 75%-li kislotasyna bolsa *sütünli* kislota diýilýär.

Önümçiligiň himiýa we beýleki pudaklarynda goýulmaly sütünler giňden ulanylýar. Olar diametri 2–6 m we beýikligi 10–20 m silindr şekilli bolan (27-nji surat) enjamlardyr. Kükürt kislotasynyň önümçiliginde ulanylýan sütün polatdan ýasalan (1) gaba geýdirilýär. Gabyň demrini kükürt kislotasy dargadýar we şonuň üçin sütün iç tarapyndan (2) kislota çydamly kerpiçler bilen örtülýär. Sütüniň aşagynda kislota çydamly materialdan ýasalan (3) gözenek bar. Onuň üstüne keramiki silindir şekilli (4) goýulma ýerleşdirilýär. Suratdan görnüşi ýaly, gaz aşakdan goýberilýär, suwuklyk bolsa ýokardan, ýagny olar gapma-garşylykly ugurda hereket edýärler. Kislota sütüniň aşagyndan çykarylýar, gaz bolsa ýokarsyndan aýrylýar.

Kontakt usuly. Kükürt kislotasynyň bu usuly ýokarda öň görkezilen (2) we (3) reaksiýalar bilen teswirlenýär. SO_2 -niň SO_3 çenli okislenmegi, adaty şertlerde amala aşyrylmaýar, ýagny bu reaksiýanyň tizligi örän pes bolýar. Onuň tizligini atdyrmak üçin düzüminde wanadiniň baş oksidini (V_2O_5) saklaýan wanadia katalizator ulanylýar. Şonuň üçin, bu usula *kontakt usuly* diýlip atlandyrylýar.

Ýakylma gazy gumdan, As_2O_3 , SeO_2 , suwuň bugy ýaly, zyýanly garyndylardan arassalanan şertlerde, katalizator uzak wagtyň dowamynda işleýär.

Ýakylma gazynyň arassalanmagy elektrik süzgüçlerde gumuň aýrylmagy bilen başlanylýar. Soňra gaz (1) we (2) ýuwujy sütünlere barýar (28-nji surat). Bu sütünler gowşadylan kükürt kislotasy bilen suwlulandyrylýar. Kislota gazy sowadýar we gazyň düzümindäki myşýagyň we seleniň birleşmelerini eredip, gazy olardan az-kem boşadýar. Gowşadylan kükürt kislotasy bilen gaz ýuwlanda, düzüminde As_2O_3 saklaýan kükürt kislotasynyň ümri emele gelýär. Eger ümrüň damjalary katalizatora degse, onda olar ony «zäherleýärler» we netijede, katalizator elektrohatazdan çykarylýar. Şonuň üçin ümrüň damjalaryny «öl filtr» diýilýän (3) elektrik filtrde aýyrýarlar. «Ölleme» elektrofiltreden geçip, gazyň suw bugyndan boşadylmagy üçin konsentirlenen kükürt kislotasy bilen sowadylýan goýulmaly (4) sütüne iberilýär.

Bu sütüniň ady guradyjy sütünidir. Ondan soň, gaz, ýylylyk çalşyjynyň üsti bilen (7) kontakt enjamyna iberilýär. Ol ýerde SO_2 okislenip, SO_3 emele gelýär.

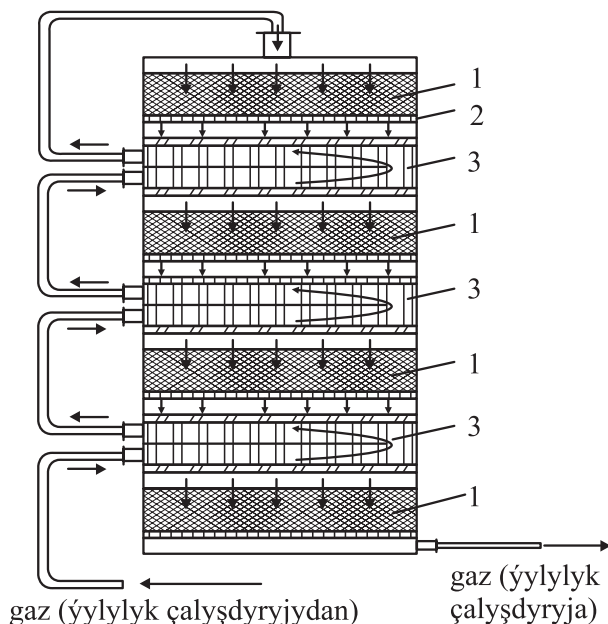
SO_2 -niň SO_3 çenli okislenmegi öwrülişikli, ýylylygy çykarýan reaksiýa:



Belli bolşy ýaly, bu ýagdaýda reaksiýanyň deňagramlylygyny çepden saga süýşürmek üçin prosesin pes temperaturada geçirilmegi maksada laýykdyr. Emma pes temperaturalarda reaksiýa örän haýal geçýär we şol sebäpli SO_2 -niň SO_3 çenli öwrüliş derejesi örän pes bolýar. Şonuň üçin hem reaksiýanyň tizligini artdyran, hem-de SO_2 -niň SO_3 çenli öwrüliş derejesi ýeterlik derejede ýokary bolýan temperaturany tapmaly bolýar. Şeýle temperatura optimal temperatura diýlip atlandyrylýar; (12) reaksiýa üçin ol takmyndan $440 - 450^\circ\text{C}$ barabardyr. Şol temperatura çenli gaz turbajykly ýylylyk çalyşdyryjyda gyzdrylýar.

Ýagny (12) reaksiýanyň gaýdymlylygy sebäpli, proses ýokary temperaturada başlanýar (ýokary tizligi gazanmak üçin) we SO_3 -üň kem-kemden emele gelmegini gazanmak üçin, ol peseldilýär. Oňa kontakt enjamy ýardam berýär.

Kontakt enjamy (29-njy surat) birnäçe (2) tekçelerden düzülýär, olaryň üstüne bolsa (1) katalizator dökülýär. Katalizatorly tekçeleriň arasynda turbajykly (3) ýylylyk çalyşdyryjylar ýerleşdirilýär. Gaz enjamlaryň aşagyndan girýär we yzygider ýylylyk çalyşdyryjylaryň turba ara giňişliginden geçip, katalizatoryň üstünden geçen gazlaryň ýylylygynyň hasabyna 450°C çenli gyzýar. 450°C temperaturada gaz kontakt massasynyň 1-nji (1) gatyna girýär. Bu ýerde ol turba ara giňişlikden okislenmäge barýan gaz arkaly sowadylýar. Ondan soň, gaz katalizatoryň (1) ikinji gatyna barýar, ol ýerde (13) reaksiýa geçýär, soňra täzeden gyzýar, ikinji ýylylyk çalyşdyryja ýylylygyny berýär we ş.m. gaýtalanýar. Şeýdip, kükürtli angidridiň okislenmeginiň zerur bolan temperatura kadasy (režimi) döreýär.



29-njy surat. Kontakt enjamy

1 – katalizator, 2 – tekçe, 3 – ýylylyk çalyşdyryjylar.

Kükürt kislotasynyň alynmagynda kükürt angidridini suwa siňdirmek [(3) reaksiýa] zerurdyr. Munuň üçin kontakt enjamyndan çykýan 450°C töwerek temperaturaly gyzgyn gaz, turbajykly (8) sowadyjyda sowadylýar we (9), (10) absorberlere barýar. Absorberler kükürt kislotasy bilen suwlulandyrylýar.

Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe kükürt kislotasynyň önümçiligi Lebap welaýatynyň Türkmenabat şäherinde ýerleşýär.

4.2. Ammiak önümçiligi

Himiki birleşmeler azot we onuň ähmiýeti. Azot, himiki elementleriň toparyna degişli bolup, adamlaryň durmuşynda we tebigatda aýratyn wajyp orun tutýar. Azot esasy biohimiki proseslere gatnaşýar. Beloklaryň düzüminde ol adamlar we haýwanlar üçin wajyp peýdaly maddalary emele getirýär. Ýöne ösümlik we haýwanat

organizmlerinde beloklaryň sintezinde ýönekeý azot däl-de, onuň himiki birleşmeleri gatnaşýar.

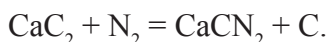
Ösümlüklerde, belok maddalaryň sintezi üçin, ammiak esasy önüm bolup durýar. Ammiakdan azot kislotasy we azotly dökünleri alynýar.

Tebigatda, senagat ähmiýetli bolan, himiki birleşmeli azotyň çeşmeleri örän azdyr. Azotturşy natriý görnüşli himiki birleşmeli azotyň uly gorylary diňe Çilide we Günorta Afrikada bardyr. Himiki birleşmeli azotyň (kükürtturşy ammoniý görnüşinde) birnäçe mukdary koks gazynyň gaýtadan işlenmeginde alynýar, emma bu çeşme ýeterlik däl.

Atmosfera azotyň himiki birleşme usullary. Erkin atmosfera azotyndan azotyň birleşmeleriniň sintezi XX asyryň başynda üç sany usul, ýagny duga, sianamid we ammiak usullary boýunça amala aşyryldy.

Duga usulynda azot we kislorod ýokary temperaturada (elektrik duganyň ýalnynda) birleşdirilýär.

Sianamid usuly 1000°C temperaturada has ownuk maýdalanan kalsiý karbidiniň azot bilen özara täsirleşme ukybyna esaslanýar, ýagny



Häzirki wagtda sianamid usuly boýunça himiki birleşmeli azotyň alnyşy diýseň pesdir.

Azotyň birleşmeginiň ammiak usuly, azotyň we wodorodyň birleşmeginde, ammiagyň alynmagyna esaslanýar, ýagny



Elementar azotyň birleşmeginiň beýleki usullaryna görä, bu usul ykdysady we tehnologik taýdan ähmiýetlidir.

Sintetiki ammiagyň önümçiliginiň ilkinji kärhanasy 1913-nji ýylda guruldy we gysga wagtyň içinde (15–20 ýyl) ammiak usuly beýleki usullary doly gysyp çykardy.

Ammiak – özboluşly, ýiti ysly, reňksiz gazdyr. Ol sowadylanda suwuk halyna geçýär, suwda gowy ereýär, reaksiýalara aňsat gatnaşyp, ammoniý duzlaryny we birleşmelerini emele getirýär. Ammiagyň suwdaky erginine ammiakly suw ýa-da naşatyr spirti diýilýär.

Ammiagyň sintezi – has kämilleşdirilen himiki-tehnologik prosesleriň biridir. Onuň esasynda ýatýan wodorod bilen azotyň özara täsirleşme reaksiýasynyň deňlemesi şeýle ýazylýar:



Bu reaksiýa gaýdymlydyr. Ol göwrüminiň kiçelmegi bilen (azotly-wodorod garyndysynyň 4 göwrüminden ammiagyň iki göwrümi emele gelyär) we ýylylygyň bölünip çykmagynda bolup geçýär. Diýmek, Le-Şateliýe düzgünine laýyklykda, reaksiýanyň deňagramlylygyny ammiagyň emele gelyän tarapyna süýşürmek üçin prosesi ýokary basyşlarda we pes temperaturalarda, sinteze goýberilýän gazdaky wodorodyň we azotyň pes konsentrasiýasynda geçirmelidir. Ýöne pes temperaturada reaksiýanyň tizligi kiçi bolýar, adatyça, ol geçmeýär. Şonuň üçin hem, reaksiýa senagatda amatly bolan tizlik bilen geçirilende, temperaturany beýgeltmek zerurdyr. Reaksiýanyň tizligini ýeterlik derejede ýokary we azot-wodorod garyndysynyň ammiaga öwürüliş derejesini ulaltmak üçin zerur bolan temperatura 500°C töwerek saklanmaly. Emma diňe bu temperaturalarda hem proses doly geçmez. Şonuň üçin hem reaksiýa katalizatoryň gatnaşmagynda tizleşdirilýär. Katalizator hökmünde düzüminde alýuminiň we kaliniň oksidlerini saklaýan demir ulanylýar.

Ammiagyň sinteziniň tizligi gazyň göwrüm tizligine hem baglydyr (1 sagatda 1 m^3 katalizatoryň üstünden geçýän gazyň m^3 mukdaryna, ýagny m^3/m^3 sag). Ammiak sinteziniň döwrebap desgalarynda göwrüm tizligi $30000 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{sag}$ ýetýär. Has ýokary göwrüm tizliklerde katalizatoryň üstünden gazyň uly göwrümi geçmeli bolýar, şonda reaksiýada bölünip çykyan ýylylyk sintez üçin zerur bolan temperaturasyna (500°C töweregi) ýeterlik bolmaýar. Ondan başga-da göwrüm tizligiň artmagy bilen gazy hereketlendirmek üçin energiýanyň sarp edilmegi we enjam ölçegleriniň ulalmaýy sebäpli, metalyň harajaty ýokarlanýar.

Emma sinteziň ýokarda aýdylan şertlerinde: ýokary temperaturada, basyşda, göwrüm tizliginde, katalizatoryň gatnaşmagynda – azot we wodorod doly täsirleşmeýär.

Reaksiýalaýyn (kontakt) enjamyndan çykýan gaz garyndysynda bary-ýogy 18–20% ammiak saklanýar, galany bolsa özara täsirleşmedik azot-wodorod garyndysy bolýar. Diýmek, reaksiýa girmedik azot-wodorod garyndysyny nädip ulanyp bolar? Ol şeýle edilýär: gaz garyndysy sowadylýar, şonda ammiak suwuk ýagdaýa öwrülýär, azotyň we wodorodyň garyndysyny bolsa, ýene-de şol enjamdan geçirilýär, ýagny proses sikli boýunça amala aşyrylýar.

Önümçilikde ammiak boýunça sinteziniň alynmagy ylmy we tehniki işgärleriň bilelikdäki köp tagallalaryny talap etdi. Ýokary temperaturalaryň we basyşlaryň ulanylmagy, işjeň we arzan bahaly katalizatorlaryň saýlanyp-seçilmegi, täze görnüşli himiki enjamlaryň döredilmegi bilen baglanyşýan çylşyrymly meseleleriň birtoparynyň çözülmegi gerekdi. Bu meseleler alymlar tarapyndan üstünlikli işlenildi we diňe azot senagatynyň döredilmeginiň esasy bolman, eýsem himiýa önümçiliginiň hem dürli pudaklarynyň ösüşine itergi berdi.

Häzirki wagta çenli ammiagyň senagat sintezi himiki tehnologiýasynyň öndebaryjy prosesleriniň biri bolup durýar.

Ammiagyň sinteziniň senagat usullary. Ammiagyň sinteziniň senagat desgalary dürli basyşlarda işleýär. Ulanylýan basyşlara görä, ulgamlar pes (100 atm), ortaça (200–550 atm) we ýokary (600–1000 atm) basyşly görnüşlere bölýärler. Ähli desgalarda, sintezde emele gelýän ammiak gazyny sowatmak bilen çykarylýar. Şonda gaz görnüşli ammiak suwuk ýagdaýa geçýär. Ammiagy suwuk ýagaýa getirmek üçin gazyň sowadylma temperaturasy basyşa baglydyr. Basyş näçe pes bolsa, şonça hem ammiagy çykarmak üçin pes temperatura talap edilýär. Mysal üçin, 1000 atm basyşdaky gazy 40°C çenli sowatmak ýeterlikdir, 100 atm bolsa, – has pes, – 60°C töweregi temperatura çenli peseldilmelidir. Ýokary basyşlar ulanylanda reaksiýanyň tizligi ýokarlanýar, enjamlaryň ölçegleri kiçelýär. Şeýlelikde, ýokary basyşlaryň ulanylmagy birtopar amatlylygy berýär. Ýöne basyşyň ýokarlanmagy gazy gysmak üçin energiýanyň sarp edilmegini ulaldýar we enjamlar tiz könelýär (hatardan çykýar).

1 – sinteziniň sütüni, 2 – suwly kondensator, 3

Soňra galan ammiakly azot-wodorod garyndysy (4) sirkulýasiýa

Täzeden gysylan we aýlanýan gazyň garyndysy (5) süzujide

garyndysy ýene-de bugarýan suwuk ammiak bilen sowadylýar we sütüniň aşaky separator hökmünde hyzmat edýän bölümine barýar.

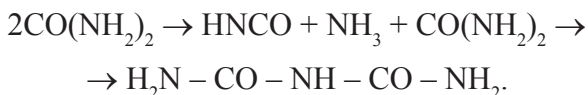
Ammiak aýrylandan soň azot-wodorod garyndysy, ýylylyk çalşygyda kondensasiýa sütünine barýan gazy sowadyar. Kondensasiýa sütüninden azot-wodorod garyndysy (1) sintez sütünine iberilýär. Şeýlelikde, gaz garyndysy şol bir kontakt enjamynda aýlanyp durýar.

Bu aýlanýan azot-wodorod garyndysyny doly, netijeli effektiv ulanmaga mümkinçilik berýär.

Karbamid önümçiligi

Karbamid [(moçewina – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)] ýönekeý azot dökünleriň has köp ulanylýan görnüşleriniň biridir. Bu, birinji derejede, ammiagyň we uglerodyň dioksidiniň, ýagny çig malyň elýeterligi we peýdaly maddanyň has artykmaçlygy bilen şertlenýär. Ondan başga-da, karbamid, adaty, topraga hiç hili fiziologiki täsirini ýetirmeýär.

Karbamidiň fiziki we agrohimiýa häsiýetleri. Karbamid – yssyz we reňksiz, kristallik madda, onuň dykzlygy 1335 kg/m^3 . Kärhanalarda öndürilýän tehniki önüm köp ýa-da az derejede sarymtyl öwüşgin berýär. Karbamid ýa-da kömür kislotasynyň doly amidi, – suwda gowy ereýän, düzüminde 46,6 gowrak azoty saklaýan, ýokary konsentrirlenen duzdur. Ol hem kristal görnüşinde hem-de suwly erginlerde ýokary temperatura durnukly däl. Meselem, egerde ereýjilik temperaturasy (405,4 K) çenli karbamid durnukly bolsa, onda temperaturanyň soňky ýokarlanmagynda ol yzygider sian kislotasy, soňra bolsa, – biurete öwürülýär:



Biuretiň soňky termiki dargadylmagynda sian kislotasynyň amidleri emele gelýär. Karbamidiň suwly erginlerini 376°C ýokary temperatura çenli gyzdyrylanda, onuň dioksidi (CO_2) we ammiaga doly dargamagy mümkin bolýar. 353 K temperaturadan ýokarda we atmosfera basyşda karbamid bölek-leýin gidrolizlenýär we ammoniý

karbamidini (karbamin kislotasynyň ammoniý duzuny) emele getirýär. Soňra bu duz ammoniiniň karbonatyna we bikarbonatyna öwürülýär, netijede ammiaga we kömürturşy gaza dargaýar.

Toprakda geçýän prosesleriň täsiriniň netijesinde karbamidden nitrat-iony emele gelyär. Moçewina azody ösümlikler tarapyndan aňsat özleşdirilýär we ol toprakda az ýitýär, takmynan ammosfosa düzümindäki azota deň diýlip hasap edilýär. Peýdasyz zatlaryň (ballastyň) ýoklugy, ýeterlik derejede baslykmazlygy we partlama howpsuzlygy moçewinany ammiakly selitra we ammoniý sulfaty bilen deňeşdirilende azot döküni has ýörgünli dökün hasap edilýär. Ol ösümlikleriň kökünüň daşyndan ýymitlendirilende, ýapraklara zyýan ýetirmeýär.

Dökünleriň baslykmany ilkibada çyg çekijiligi bilen kesgitlenilýär. Karbamid bolsa beýleki azot dökünlerine garanda, çyg geçirijiligi pes hasap edilýär. Meselem, howanyň bolmaly çyglylygy 95 %-de ol selitra görä, çygy 5 esse haýal şindirýär.

Karbamid – himiki taýdan neýtral we beýleki azot dökünleri bilen deňeşdirende, işlenilýän topragyň neýtrallaşdyrylmagyna hek daşyny iki-üç esse az talap edýän, fiziologik turşulygy pes dökündir.

Üzümiň, pagtanyň, miweli ağaçlaryň, şeýle hem, beloklaryň ýetmezçiliginde mallaryň ýymitine goşmaça goldaw berme hökmünde karbamidiň ulanylmagy gowy netije berýär. Käbir ýagdaýlarda karbamidiň erginleri defoliant hökmünde ulanylýar.

Karbamid käbir himiki (karbamid – formaldegid şepbikleri, plastiki jisimleri we olaryň esasynda ýuwujy serişdeleri we ş.m. öndürýän) farmasewtiki, dokma, kagyz, ağaç işlenýän we deri eýlenýän senagat pudaklarynda giňden ulanylýar.

Karbamid önümçiliginde ulanylýan çig mal. Karbamidiň ýeke-täk senagat düşewüntli önümçilik usuly, onuň ammiakdan we kömürturşy gazdan (CO_2) A. I. Bazarowyň (1870) reaksiýasyna esaslanýan sintezidir. Moçewina sintezinde suwuk ammiak ulanylýar. Adatça, NH_3 arassalanylmaýar; onuň düzümindäki garyndylar (inert gazlary, suw, ýag, katalizator), takmynan, 1%-e ýetýär. Kömürturşy gaz (CO_2) karbamidiň sintez prosesinde gaz görnüşinde ulanylýar we ulgama berilmezden öň, gerek bolan basyşa çenli gysylýar.

Kärhanalaryň ählisinde diýen ýaly, CO_2 ammiagyň alynmagy üçin niýetlenen sintez gazynyň arassalanmagynda emele gelýän zyňyndy gaz (ekspanzer gazy) hökmünde alynýar. Monoetanolyň kömegi bilen sintez-gaz arassalananda, düzüminde CO_2 -niň $90 \div 99\%$ gowrak saklanýan gaz emele gelýär. Umumy ýagdaýda ekspanzer gazynda garyndylaryň (inert gazlaryň, kükürtli birleşmeleriň) mukdary 1%-den ýokary bolmaly däl. Ýokary mukdarly garyndylardan (ylaýta-da kükürdiň birleşmelerinden) CO_2 -niň arassalanma zerurlygy ýüze çykanda, adaty, ammiagyň sintezde tehnologik gazlaryň arassalanmagy üçin ulanylýan usullara meňzeşleri peýdalanýarlar. Suwuk ammiak karbamidiň sintezine 0,101–1,824 *Mpa* – basyşda barýar. Kömürturşy gaz (CO_2) 18,24–22,29 *Mpa* işçi basyşa çenli gysylýar. Onuň üçin köp basgançakly porşenli kompressorlar ulanylýar. Emma soňky döwürlerde ammiagyň sintezindäki ýaly, CO_2 -ni işçi basyşa çenli gysmak üçin, ýokary öndürijilikli turbokompressorlar ýa-da utgaşdyryp: gazyň uly göwrüminiň başlangyç gysylmasy – turbokompressorlar we sinteziň basyşyna çenli gazyň gysylmasy – porşenli kompressorlar bilen amala aşyrylýar.

Karbamid önümçiliginiň fiziki-himiki esaslary. Karbamidiň sinteziniň umumy reaksiýasyny şeýle görnüşde görkezip bolar:



Bu reaksiýa iki basgançakda bolup geçýär:

a) ammoniý karbamatynyň emele gelmegi:



b) ammoniý karbamatynyň degidratasiýasynda karbamidiň emele gelmegi:



Görnüş i ýaly, reaksiýanyň iki basgançagy hem öwrülişikli, diýmek, olaryň deňagramlylyk ýagdaýy we karbamidiň çykymy sinteziň şertlerine: temperatura, basyşa, ammiagyň we CO_2 -niň mukdar gatnaşygyna we käbir beýleki sebäplere bagly bolýar. Reaksiýalaýyn ulgamda basyşyň ýokarlanmagy karbamidiň emele gel-

megine ýardam edýär. Şeýle hem temperaturanyň bellibir derejede beýgelmegi proses üçin has amatlydyr.

Sinteziň häzirki zaman ulgamlarynda karbamidiň optimal çykymyny gazanmak üçin, deňişlilikde, $453 - 473^{\circ}\text{K}$ temperatura we $20,26 - 22,29 \text{ Mpa}$ basyş ulanylýar. Temperaturanyň ýene-de ýokarlanmagy bilen moçewinanyň çykymy peselýär, diýmek, sinteziň jemleýji reaksiýasy ekzotermiki bolýanlygy sebäpli, has uly basyşlaryň ulanylmagy ykdysady tarapdan amatly däldir.

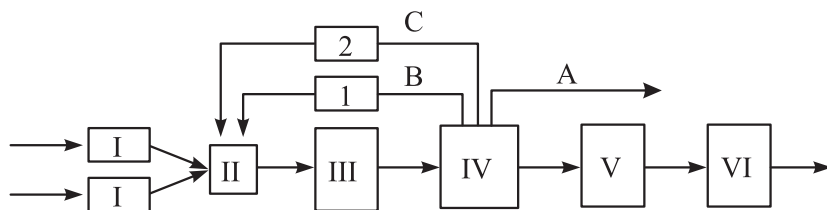
Prosesde suwuň we ammiagyň artykmaçlygy wajyp orun tutýar. Suw karbamidiň ereýjilik temperaturasyny peseldip, onuň emele gelmegine getirýär, emma şol bir wagtda, ondan karbamidiň emele gelmegine päsgelçilik döredýär. Suwuň şeýle zyýanly täsirini peseltmek üçin, reaksiýanyň ikinji basgançagynda emele gelyän suwy baglaýan ammiagyň artykmaç mukdary girizilýär. Ondan başga-da, ammiagyň artykmaçlygy reaksiýanyň ugurdaş önümleriniň (karbonatlaryň) emele gelmegini azaldýar we enjamlaryň poslap, dargama derejesini göz-görtele peseldýär. Önümçilikde ulanylýan çyzyglara laýyklykda, 1 mol CO_2 -ä NH_3 -niň 3,5-den 4,5 mol -a çenli gatnaşygyny saklaýarlar. Ammiakda inert gazlarynyň we CO_2 -niň ýokary mukdarynyň saklanmagy konwersiýa derejesini peseldýär we olaryň gysylmagyna we göçürilmegine zerur bolan energetiki harajatlary köpeldýär.

Karbamid önümçiliginiň tehnologik çyzyglary. Karbamid sinteziniň iň amatly şertlerde geçirilmeginde onuň çykymyny diňe 60–65%-e ýetirip bolýar. Şonuň netijesinde, täsirleşmedik ammiagyň we CO_2 -niň, ylaýta-da, artykmaç mukdarlarynda, täzedan peýdalanylma (utilizasiýa) meselesi ýüze çykýar.

Häzirki wagtda, daşary ýurtlarda amala aşyrylýan, karbamid sinteziniň ähli tehnologik çyzyglary, esasan, diňe NH_3 -niň we CO_2 -niň täzedan işlenilme (utilizasiýa) usullary boýunça tapawutlanýar. Täsirleşmedik NH_3 -niň we CO_2 -niň ikinji gezek ulanylmagynyň dürli ýollary 31-nji suratda görkezildi.

Ykdysady nukdaýnazary, kömürturşy ammoniý duzlarynyň ergini görnüşinde täsirleşmedik NH_3 -niň we CO_2 -niň – C usuly ýokary öndürijilikli diýlip hasaplanylýar. Bu prosesin esasy basgançaklary:

- 1) başlangyç maddalaryň garylmagy we moçewinanyň sintezi;
- 2) moçewinany emele getirmedik NH_3 we CO_2 , şeýle hem karbamatyň, karbonatlaryň prosese gaýtaryp ibermek maksatly moçewinanyň ergininiň iki basgançakly distillýasiýasy;
- 3) kowlan NH_3 -niň we CO_2 -niň suw bilen birikmegi we olaryň prosesin başlangyç pursadyna gaýtarylmagy;
- 4) moçewina ergininiň gaty (kristallik ýa-da zirelenen) önüme geçirilmegi.



31-nji surat. Täsirleşmedik NH_3 -niň we CO_2 -niň täzeden işlenilmegi.

Karbamid sinteziniň çyzygysy

I – başlangyç maddalaryň kompressiýasy; II – garyjy; III – karbamidiň sintezi; IV – reaksiýalaýyn massanyň distillýasiýasy; V – karbamid ergininiň bugardylmagy; VI – karbamidiň zirelenmegi we guradylmagy; A – sinteziň çyzygysynyň daşynda NH_3 -niň we CO_2 -niň beýleki önümleriniň (ammoniy duzlarynyň) alynmagy üçin ulanylmagy; B – gaz görnüşli NH_3 -niň we CO_2 -niň işçi basyşyna çenli goşmaça gysylýan resikli; C – kömürturşy ammoniy duzlarynyň ergini görmüşinde (suw bilen absorbsiýasy) NH_3 -niň we CO_2 -niň resikli.

Karbamid önümçiliginiň barlagy. Karbamid önümçiligi – bu ýokary basyşlary we temperaturalary ulanýan, zäherleýji we partlaýjy maddalary saklaýan çylşyrymly prosesdir. Şu aýdylanlar hünärmenler tarapyndan uly seresaplylygy we ünsi hem-de tehniki howpsuzlyk düzgünini doly berjaý edilmegini talap edýär.

4.3. Silikatlaryň tehnologiýasy

Silikat önümçiliginiň harytlary köp ýagdaýlarda, düzüminde silikatlary, alýumosilikatlary we kremniý kislotasynyň beýleki duzlaryny saklaýar. Olaryň emele gelmegi silikat çig malynyň termiki ýa-da termohimiki gaýtadan işlenme ýoly bilen amala aşyrylýar.

Silikat senagaty esasy üç pudagy: keramikanyň, berkidiji maddalaryň we aýnanyň önümçiligini öz içine alýar. Bu pudaklar halk hojalygynda uly ähmiýeti bolan, dürli görnüşli materiallary we harytlary çykarýarlar. Dürli gurluşyk materiallary (kerpiç, oda çydamly çerepisa), himiki taýdan durnukly materiallar, elektrik-ýylylyk – we ses izolýasiýasynyň materiallary, farfordan we faýansdan ýasalan tehniki we hojalyk harytlary, aýna, elektrik, radio, telewizor we optiki önümleri üçin aýnadan ýasalan harytlar, himiki we hojalyk gaplary, kwars aýnasy, hrustal, ereýän aýna, aýna süýümleri, dürli görnüşli berkidiji maddalar, sement we ondan ýasalan gurluşyk gurallary, kislota çydamly berkidiji materiallar – silikat senagatynyň önümleri bolup durýar. Häzirki zaman adamzat durmuşyny olarsyz göz önünde getirmek mümkin däldir.

Keramika. Keramiki serişdeleriň önümçiliginde esasy çig mal hökmünde toýun ulanylýar.

«Keramon» grek sözi bolup toýun diýmegi aňladýar. Keramika aşakdaky ýaly esasy toparlara bölünýär:

1) *gurluşyk keramikasy* – oňa gurluşyk kerpiji we ondan ýasalan bloklar, basyrgy çerepisy (jaýyň üstüni basyryan ýörite kerpiçler), drenaž zeykeş turbalary we ş.m.-ler degişli;

2) *örtülme keramikasy* – kerpiç, plitajyklar, binalaryň daş ýüzüni örtmek üçin niýetlenen syrçalar;

3) *oda çydamly keramika* – 1000°C-den ýokary temperaturada öz mehaniki häsiýetlerini ýitirmeýän, oda çydamly edilip taýýarlanýan serişdeler;

4) *nepis keramika* – esasan hem farfor we faýans toýunlaryndan taýýarlanýan (hojalyk we himiki gaplar, elektrotehniki serişdeler) we beýlekiler;

5) *ýörite keramika* – radio we uçar senagaty, dürli esbaplary öndüriji senagat üçin serişdeler we ş.m.

Keramikany taýýarlamakda çig mal bolup dürli düzümlü tebigy toýunlar hyzmat edýär. Toýunlaryň düzümine girýän esasy mineral kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Arassa görnüşde kaolinit seýrek duş gelýär. Adatça, toýunlar – alýumosilikatlardyr, olar düzüminde demriň, kalsiniň, magniniň, aşgar metallaryň oksidlerini dürli gatnaşykda saklaýarlar.

Toýnuň wajyp häsiýeti – maýyşgaklykdyr. Suwuň takyk mukdary bilen toýun maýyşgak massany emele getirýär, oňa dürli görnüş berip bolýar. Toýunlar köp suw siňdirýänlere, ýagly toýunlara (ýokary maýyşgak) we arryk (pes maýyşgak) görnüşleri boýunça tapawutlanýar. Ýagly toýunlar gowy gaplanylýar, ýöne olardan ýasalan harytlar guradylanda we bişirilende jaýrylýar we köp üýtgeýär (harytlaryň ölçegleri kiçelýär). Arryk toýunlar erbet galyplanýar, ýöne bişirilende ölçegi az üýtgeýär we olardan ýasalan harytlaryň şekili üýtgemeyär. Belli maýyşgak toýny almak üçin ýagly we arryk toýunlar bellibir gatnaşykda garyşdyrylýar ýa-da ýagly toýna kwars, çäge ýaly arryklaşdyrýan maddalar goşulýar.

Keramiki harytlaryň taýýarlanylýşy şeýle basgançaklardan düzülýär:

- 1) çig malyň taýýarlanylýşy;
- 2) keramiki massanyň düzülişi;
- 3) serişdeleriň gaplanylmagy;
- 4) guradylyşy;
- 5) bişirilişi;
- 6) harydyň ýüzüne suratyň we syrçanyň çekilişi.

Berkidiji maddalar. Mineral berkidiji maddalar un görnüşli önüm bolup, adaty, düzümi çylşyrymly, suw (birnäçe ýagdaýlarda bolsa, duzlaryň suwly erginleri) bilen garyşdyrylanda, maýyşgak (hamyr ýaly) massany emele getirýär. Wagtyň geçmegi bilen bu massa gaty jynsa – emeli daşa öwürülýär. Maýyşgak ýagdaýdan gaty hala geçişine *tutluşma* diýilýär. Berkidiji maddalaryň gatamagy fiziki-himiki prosesleriň geçmegine baglydyr. Olar täze maddalaryň we täze gurluşyň emele gelmegine getirýär.

Berkidiji maddalaryň gatamak ukyby gurluşykda kerpiçleriň, plitalaryň, bloklaryň we beýleki gurluşyk esbaplarynyň baglanyşdyrylmagynda giňden ulanylýar.

Berkidiji maddalaryň maksatlaýyn niýetlenilýän ýeri we häsiýetleri boýunça ýeňil, gidrawliki we kislotada çydamly görnüşlere bölünýär. Ýeňil berkidiji maddalar diňe açyk howada gataýar we berkligini saklaýar, gidrawliki berkidiji maddalar – howada we suwda, kislotada çydamlylar – gatandan soň mineral kislotalaryň täsirine durnukly bolýar.

Ýeňil berkidiji maddalar. Ýeňil berkidiji maddalara ýeňil hek, gips we magnezial berkidiji maddalar degişlidir.

Ýeňil hek hek daşynyň bişirilmegi arkaly alynýar. Onda hek daşynyň dargamagynyň ekzotermiki reaksiýasy aşakdaky ýaly geçýär:



Hek daşynyň bişirilmegi hek – köýdürme peçlerinde geçirilýär.

Gurluşyk üçin niýetlenen ýeňil hekiň aşakdaky görnüşleri tapawutlandyrylýar:

1) esasan CaO-dan düzülen we ak ýa-da goňur reňkli öýjükli böleklerden ybarat bolan söndürilmedik, tokgalanan hek;

2) maýdalalan hek, ýagny söndürilmedik, üwelen hek;

3) esasan Ca(OH)_2 -den düzülen un görnüşli we $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ reaksiýa boýunça tokga hekiň söndürilmeginde emele gelýän mymyk (puşonka);

Ca(OH)_2 -den düzülen we artykmaç suwy ulanylyp tokga hekiň söndürilmeginde emele gelýän maýyşgak massa – hek hamyry.

Hekiň gatama prosesinde çatlamagynyň, jaýryk atmagynyň önüni almak üçin onuň suw bilen garyndysyna çäge goşýarlar.

Gips berkidiji maddalar ýakylma arkaly tebigy gipsden $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ýa-da tebigy angidridden – suwsuz kükürt turşy kalsiden (CaSO_4) alynýar. Ýanma temperaturasyna baglylykda, dürli önümler: gurluşyk ýa-da ýarym suwly gips $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (temperaturasy 120–200°C), gipsangidrid sementi – suwsuz kükürtturşy kalsiý (ýanma temperaturasy 500–700°C) ýa-da beýlekiler alynýar.

Gips bilen suwuň garyndysynda gatama prosesi ýarym-suwly kalsiý sulfatyndan iki sulfatyň täzeden emele gelmegi bilen düşündirilýär:



Magnezial berkidiji maddalara kaustik magneziti we kaustik dolomiti degişlidir. Olary magnezitiň MgCO_3 ýa-da dolomitiň $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ şahta peçlerinde, ýa-da aýlanan peçlerde 800–850°C temperaturada ýakylýp alynýar.

Bişirilen material degirmende üwelyär we beýleki berkidiji maddalardan tapawutlylykda, suw bilen däl-de, magniý hloridiniň ergininde eredilýär. Sebäbi, suw bilen eredilende, haýal ýanýan, berk bolmadyk material emele gelýär. Şeýle usulda alnan magnezial sement goşulýan dolduryjyny gowy baglaýar. Magnezial sementden degirmeniň daşlary, basgançaklar, ýörite usul bilen taýýarlanýan gemewler we gurluşykda ulanylýan beýleki materiallar taýýarlanylýar.

Gidrawliki berkidiji materiallar. Olara gidrawliki hek, portlandsement, glinozýomly sement we gidrawliki goşantly berkidiji maddalar degişlidirler.

Portlandsement – gurluşykda giňden ulanylýan, wajyp gidrawliki berkidiji materialdyr. Ol howada we suwda mehaniki taýdan berk we durnukly häsiýete eýedir.

Portlandsementiň düzüminde minerallaryň oksidlerinden emele gelen, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (37–60%), $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (15–27%), $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (7 – 15%), $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (10–18%) we magniý oksidi girýär. Portlandsementiň emele gelmeginde ulanylýan çig mallaryň gatnaşygy, olaryň bişirilmeginde edil şol minerallar alnar ýaly bolmalydyr.

Portlandsementiň önümçiliginiň çig maly bolup mergeller (toýundan, hekden ybarat çöküňdi dag jynslary) ýa-da düzüminde hek we toýun bolan emeli garyndylar hyzmat edýär.

Portlandsement taýýarlananda başlangyç materiallar maýda owradylýar, takyk ölçenýär, suwuň dürli mukdary bilen (çig malyň taýýarlanyş usulyna baglylykda) garyşdyrylýar we gyzyň ýelmeşýänçä (1400 – 1450 °C) bişirilýär. Emele gelýän tutluşma – *klinker* diýilýär. Maýda üwelen klinker – taýýar önümdir. Köplenç, klinkeriň maýdalanma prosesinde oňa gidrawliki goşantlar garylýar.

Şeýlekide, portlandsementiň önümçiliginde aşakdaky ýaly esasy basgançaklary:

1) çig malyň taýýarlanylyşy we ýarym önümiň – klinkeriň emele getirilmegi;

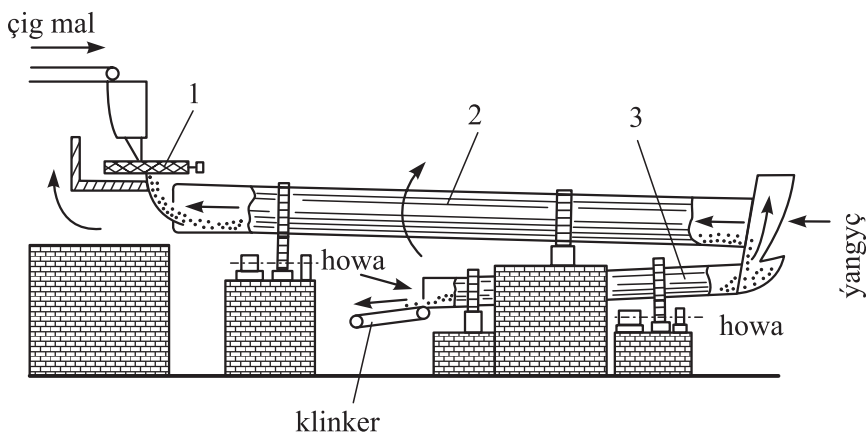
2) portlandsementiň bellibir häsiýetlerini üpjün edýän garyndylaryň goşulmagynda klinkeriň üwelmegi;

3) onuň ammara eltilmegini we gaplanylmagyny görkezse bolar.

Çig malyň bişirilmegi iki – «ölleme» we «gury» usullarda geçirilýär. Şoňa laýyklykda, portlandsementiň önümçilik usullary hem «ölleme» we «gury» görnüşlere bölünýär.

«Ölleme» usulda çig mal suwly gurşawda owradylýar, netijede düzüminde 35–40% suw saklaýan gaýmak görnüşli massa alynýar. Soňra ol köýdürme peçe barýar. Gury usulda çig mal guradylýar, ownuk üwelyär we garyşdyrylýar. Emele gelýän çig mal uny biraz suwlulandyrylýar we bişirmä iberilýär.

«Ölleme» usulda materiallaryň gowy garylmagy üpjün edilýär, olaryň tozanlanmagy peselýär, ýöne onda bişirmä sarp edilýän ýangyjyň mukdary köpelýär, ýagny şlamdan suwuň köp mukdaryny bugartmaly bolýar.



32-nji surat. Aýlanýan peç

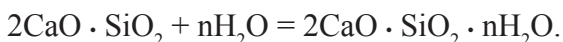
1 – çig mal beriji (üpjün ediji), 2 – peç, 3 – sowadyjy.

Çig malyň garyndysynyň ýakylmagy aýlanýan baraban görnüşli peçlerde amala aşyrylýar. Peç kömri, gaz görnüşli ýangyç ýa-da mazut ýakyp gyzdyrylýar. Sement klinkeriniň önümçiligi 32-nji suratda görkezildi. Uzynlygy 200 m we ondan köp bolan baraban görnüşli (2) peç minutda 1,0–1,5 aýlaw tizlikde aýlanýar. Peç, bişirilýän material hereketlener ýaly, biraz gyşardylyar. Peçiň biraz galdyrylan tarapyndan (1) üpjün ediji arkaly şlam berilýär we

ondan ýelmeşen material görnüşinde klinker çykarylýar. Ýakylma gazlary çig mal garyndysyna gapma-garşylykly ugurda hereketlenýärler. Garyndynyň ýoly bilen ilki şlamdan suw bugardylýar, soňra gidratlaryň we CaO-nyň emele gelmeginde hek daşynyň dargama prosesleri (dekarbonizasiýasy) geçýär we iň soňunda klinkeriň düzümine girýän minerallaryň emele gelmeginiň netijesi bolýan CaO-nyň beýleki oksidler bilen arabaglanyşygy bolup geçýär.

Şeýlelikde, peç üç zolaga: 1) guratma we gyzdyрма, 2) kal-sinasiýa (900 – 1200°C) we 3) tutluşma (1300 – 1450°C) zolak-laryna bölüp bolar. Emele gelen klinkeri sowuk howa bilen sowatmak üçin sowadyjy – aýlanýan (3) baraban ulanylýar. Klinkeriň sowadylmagynyň netijesinde gyzan howa, ýangyjy ýakmak üçin, peje barýar. Sowadylan klinker 10–15 gije-gündiziň dowamynda ammada saklanylýar, greýfer krany arkaly garyşdyrylýar, soňra ow-nuk üwemek üçin sement degirmenlerine iberilýär.

Portlandsementiň tutluşmagy we gatamagy – çylşyrymly fizi-ki-himiki prosesdir. Sementiň düzüminde bar bolan silikatlar, alýu-minatlar we feritler suw bilen garyşdyrylanda gidratasiýa (suwuň birikmegi) arkaly we ýokary berk kristallaryň emele gelmeginiň ne-tijesinde, gidroliz proseslere sezewar edilýär. Gidratasiýa reaksiýasy esasy madda dargamazdan, suwuň birikmegi bilen häsiýetlendiril-ýär, mysal üçin:



Gidroliz reaksiýasynda suwuň birikmegi esasy maddanyň dar-gamagy bilen geçýär, mysal üçin:



Portlandsemente bildirilýän talaplar onuň ulanylýan pudak-lary tarapyndan kesgitlenilýär. Portlandsementi häsiýetlendirýän wajyp hilleriniň biri berklkdir. Döwlet ülhüsine laýyklykda, port-landsement berkligi boýunça: 200, 300, 400, 500, 600 markalary-na bölünýär. Bu sanlar 28 gije-gündizden soň, gysyladaky berklik çäginini (kg/sm^2) aňladýar.

Beton. Beton – bu sementiň, çägäniň we dolduryjynyň suwda eredilen garyndysynyň gatamagynda emele gelýän, emeli daşdyr. Beton dürli gurluşyk senagatynda giňden ulanylýar.

Ýönekeý betonda dolduryjy bolup, çäge we çagyl ýa-da daş owuntygy ulanylýar.

Ýeňil betona öýjükli dolduryjylary: tuf (gurluşyk materiallary hökmünde peýdalanýan dag jynsy), pemza (wulkan dag jynsy), şlaklar (her hili metallurgiýa proseslerde goşmaça önüm bolup durýan metal ergininden galan garyndy) we beýlekiler girizilýär.

Oda çydamly betonda dolduryjy hökmünde hromly železnýak (demir magdany), şamot [bişirilen şykgy (toýun), ýakylan toýun] we beýlekiler ulanylýar. Olar ýokary gyzgyna çydamly bolup, peçleri, gazanlary we ş.m. örtmek üçin ulanylýarlar.

Demirbeton – bu polat, demir bilen doldurylan (armirlenen) betondyr. Demirbetondan beýikligi 30–40 m we ondan ýokary turbarlar, uly boş aralygy tutýan fermalar, sehlerdäki sütünler we ş.m.-ler taýýarlanylýar.

Kislota çydamly, berkidiji maddalar. Bu maddalar kislota çydamly sementlere we çalgylara bölünýär. Kislota çydamly sementler bişirilmezden taýýarlanylýar. Onuň üçin kislota çydamly tebigy minerallar (andezit, diabaz, kwars) alynýar we olar natriniň kremneftoridi Na_2SiF_6 bilen bilelikde maýda üwelýär. Emele gelen un ereýän aýna – natriý ýa-da kaliý silikatynyň (Na_2O , K_2O) \cdot $n\text{SiO}_2$ suw ergini bilen garyşdyrylýar. Natriý kremneftoridiniň hamyry suwuk aýna bilen özara baglanyşanda, tiz tutluşýar we gataýar.

Kislota çydamly sementler himiki enjamlary (toplaýjylary, sütünleri, reaktorlary we beýlekileri) örtmek üçin peýdalanýarlar. Kislota çydamly çalgylary kislota çydamly sementleriň esasynda taýýarlanylýar we himiki enjamlaryň işlemeli ýerinde gurnalanda (montažynda) ulanylýar.

Aýna önümçiligi. Aýna – amorf (kristallik gurluşy bolmadyk) görnüşli madda. Amorf maddalar, kristal maddalardan tapawutlylykda, düzülýän bölejikleriniň, atomlarynyň, ionlarynyň, molekulalarynyň dogry ýerleşmekligi dogry kanunlyklara eýe däldir. Kristal jynslar bolsa bölejikleri çürt kesik bellibir tertipde ýerleşýän kristallardan düzülýär. Amorf jynslarynda bellibir ereýjilik temperaturasy bolmaýar. Şonuň üçin temperaturanyň

ýokarlanmagynda, aýna kem-kemden ýumşayar we soňabaka ergine öwrülýär.

Aýna möhüm optiki häsiýetlere (durulyga, düzüminiň birmeňzeşligine) eýedir. Aýna düzümine SiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O , MgO we beýleki oksidler girýär. Bu oksidler aýnada dürli birleşmeleri emele getirýärler. Kremniniň ikili oksidi SiO_2 beýleki oksidler bilen molekulalarynyň dürli gatnaşygynda baglanyşyp bilýär. Aýnalar düzümine girýän oksidleriň mukdaryna laýyklykda bir, iki, üç we köp düzümlü birleşmelere bölünýär. Mysal üçin, bir komponentli birleşme – düzüminde diňe SiO_2 (kwars aýnasy); iki komponentli – $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{Na}_2\text{O}$ (ereýji aýna); üç komponentli – $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{CaO} \cdot p\text{Na}_2\text{O}$ (hekli – natriý aýnasy); köp komponentli – SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 we beýleki oksidler bolýar.

Üç komponentli aýna has giň ulanylýar. Onuň düzümi: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. Oksidleriň görnüşi we mukdar gatnaşygy boýunça aýnalar dürli häsiýetlidir. Meselem, turşy oksidler aýna ýokary termiki, himiki we mehaniki durnuklylygy berýär. Aşgar metallaryň oksidleri aýnanyň süýgeşikligini we ereýjilik temperaturasyny, şeýle hem onuň gatylygyny peseldýär, tehniki we himiki häsiýetleri ýaramazlaşdyrýarlar.

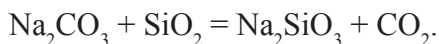
Aýnanyň hili we ulanylýan pudaklary onuň mehaniki, termiki, optiki, elektrik häsiýetleri we himiki durnuklylygy bilen kesgitlenilýär. Häsiýetlerine we ulanylýan pudaklaryna baglylykda aýna gurluşyk we arhitektura, tehnika, himiki tejribehana, öý hojalyk, sungat we optiki ýaly görnüşlere bölünýär.

Çig mal. Aýnanyň ýasalmagynda ulanylýan çig mal esasy we kömekçi çig mallara bölünýär. Esasy çig mallara (olar aýnadöredijiler diýlip atlandyrylýar) kwars çägesi SiO_2 , soda Na_2CO_3 , potaş K_2CO_3 , natriý sulfaty Na_2SO_4 , hek daşy ýa-da mel CaCO_3 , magnezit MgCO_3 , dolomit $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, barit BaSO_4 , kaolin $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, bor kislotasy H_3BO_3 , bura (bor kislotasynyň natriý duzy) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, gurşun garyndyly mineral Pb_3O_4 , aýna döwürleri we beýleki önümleriň galyndysy, mysal üçin, domna şlaklary hem degişlidir.

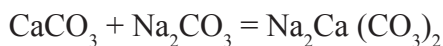
Kömekçi minerallar diýlip, aýna massasynyň häsiýetleriniň gerekli ugurda üýtgedilmegi üçin ulanylýan maddalara aýdylýar. Olara – *reňkleýjiler*, tutuk aýnalar üçin gerekli maddalar – *öçürijiler*, aýnanyň sarylygyny aýyrýan maddalar – *reňköçürijiler*, aýna massasýndan gaz goşantlaryny aýyrýan maddalar – *ýagtylandyryjylar* we beýlekiler degişlidirler.

Çig malyň taýýarlanylşy birnäçe işlerden: kwars çägäniň ýuwulmagyndan we guradylmagyndan, materiallaryň owradylmagyndan we üwelmeginden, başlangyç materiallaryň mukdarynyň kesgitli ölçenilmeginden, şihanyň taýýarlanylmagyndan (ykjam garşydyrylmagyndan) düzülýär. Emele gelen şihata aýna bişiriji peçe iberilýär.

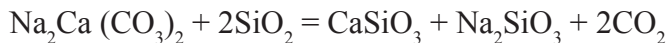
Aýnanyň bişirilişi. Bu ýokary temperaturada geçýän çylşyrymly fiziki-himiki proses. Düzümünde SiO_2 , Na_2CO_3 we CaCO_3 saklanýan şihadan aýnanyň bişirilme prosesi aşakdaky basgançaklardan düzülýär. Şihata aýna bişiriji peçde gyzdýrylanda, ilki bilen çyglylygy aýrylýar, soňra takmynan 400°C temperaturada, sodanyň we kremniniň arasynda CO_2 -niň bölünip çykmagynyň we natriý silikatynyň emele gelmeginiň reaksiýasy geçip başlaýar:



Temperaturanyň ýokarlanmagynda bu proses tizlenýär we şol bada (620°C temperaturada) hek daşyndan we sodadan ikili duz emele gelýär:



Emele gelen ikili duz SiO_2 bilen özara baglanyşýar:

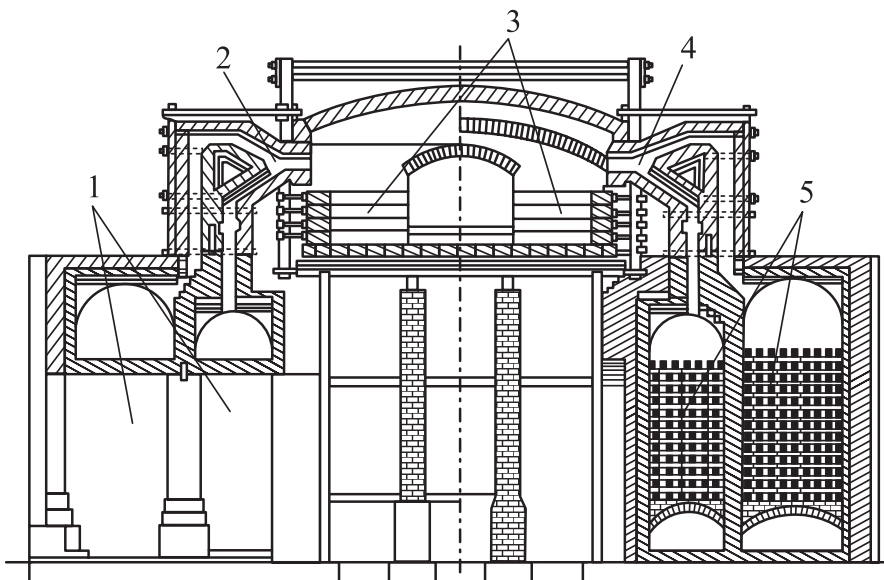


Natriý we kalsiý silikatlarynyň emele gelme prosesi, takmynan, 1000°C -da tamamlanýar we özara täsirleşýän massa tutluşýar. Bu şertlerde massanyň düzüminde artykmaç, baglanyşmadyk (erkin) SiO_2 -niň zirejikleri saklanýar.

Aýnanyň bu bişirilme basgançagyna *silikaty emele getiriji* basgançak diýilýär. Temperaturanyň ýene-de 1200°C çenli ýokarlandyrylmagynda, kwarsyň (SiO_2) artykmaç zirejikleri ereýär,

massa ergin ýagdaýa geçýär, has birmeňzeş (ýöne doly mukdarda bolmadyk) bolup, gaz görnüşli goşantlaryň (köpürjik görnüşinde) uly mukdaryny düzüminde saklaýar. Bu çäkde geçýän basgançaga *áýna massasynyň emele gelme* basgançagy diýilýär, ol haýal geçýär we köp wagt talap edýär.

Áýna massasynyň birmeňzeş bolmagy we gaz köpürjikleriniň aýrylmagy üçin, ony áýna bişiriji peçde $1450 \div 1500^{\circ}\text{C}$ çenli gyzdýrýarlar.



33-nji surat. Áýna bişirilýän çelekli peç

1, 5 – regeneratorlar, 2, 4 – peçiň ýanýan ýerleri, 3 – peçiň bişiriji bölümi.

Şonda áýna massasy has suwuk bolýar (süýgeşikligi peselýär), bu ondan gaz goşantlarynyň bölünip çykarylmagyna (degazasiýasy-na) we durnuklylygynyň ýokarlanmagyna mümkinçilik berýär.

Áýna massasynyň 1450°C -de süýgeşikligi örän pes, şonuň üçin ondan haryt serişdelerini galyplap bolmaýar. Süýgeşikligi artdyrmak üçin áýna massasy $1050 \div 1250^{\circ}\text{C}$ çenli sowadylýar we şondan soň ony galyplap başlanylýar. Temperaturanyň peselmeginde işçi süýgeşikligini döredýän basgançaga *studka* (sowatma) diýilýär.

Aýna bişiriji peçleriň iki görnüşi: üznüksiz işleýän – çelekli peç we döwürleýin işleýän – küýzeli peç ulanylýar.

Üznüksiz işleýän *çelekli peçler* aýna massasynyň köp mukdarlaryny almak üçin giňden ulanylýar. Şolardan köp ulanylýan harytlar (penjire aýnasy, bankalar, çüýşeler we ş.m.-ler) taýýarlanylýar.

Çelekli peç iki bölümden durýar. Birinji – aýna massasyny taýýarlaýan bişiriji bölümden ybaratdyr. Ol ýere şihla we aýna döwürleri yzyna goýberilýär. Ikinjisi – öndüriji bölümdir. Ol ýere aýna massasy birinji bölümden akyp barýar we işçi süýgeşikligi gazanmak üçin «studka» derejesine ýetirilýär. Peçiň bişiriji we öndüriji bölümleri aýna massasy geçer ýaly ýol bilen birikdirilýär.

33-nji suratda çelekli peçiň gurnalyşy şekillendirilýär. Şihla we yzyna gaýtarylýan aýna döwürleri peçiň (3) bişiriji bölümine baryp ýanyjy gazlar arkaly gyzdyrylýar. Gazlaryň ýylylygy bilen şihla gyzdyrylýar. Eredilen aýna massasy peçiň bişiriji bölüminden sowadylýan bölümine we öndüriji zolaga akyp barýar. Bişiriji bölümde oda çydamly kerpiç bilen doldurylan kamera şekilli ýylylygyň regeneratory (1) we (5) bar. Ilki kamera (mysal üçin, 5-njä) zyňyndy gyzgyn gazlar goýberilýär we kameranyň goýulmalary gyzýar: beýleki (çep) (1) kameralarda gyzan nasadkalaryň ýylylygy gaza we howa berilýär. Bellenen wagtdan soň, kameralaryň işleýiş düzgüni täzelenýär. Gyzgyn goýulmaly kameralar bolsa, gazy we howany gyzdyryp başlaýar. Kameralardaky ýakylýan gazlaryň ugrunyň wagtlaýyn üýtgedilmegi awtomatlaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Küýzeli peçler aýna massasynyň köp bolmadyk mukdaryny taýýarlamak üçin hyzmat edýär, şeýle hem aýnanyň gymmatbaha – optiki, hrustal we beýleki görnüşleriniň önümçiliginde ulanylýar. Bişirmäge taýýarlanan şihla küýzä ýerleşdirilýär, soňra ol peje salynýar. Ol ýerde aýna bişirilýär.

4.4. Gaty ýangyjyň önümçiligi

Biziň aňymyzda «ýangyç» diýen düşünje ýanmak bilen baglanyşdyrylýar. Emma ýangyç diňe bir ýylylygy emele getirýän çeşme bolman, eýsem ondan matalary, uçarlaryň şaýlaryny we giňden

ulanylýan harytlary, dökünleri we boýaglary öndürýän himiýa senagatynyň çig malydyr. Ýangyç diýlip, tebigatda duş gelýän ýa-da emeli taýýarlanylýan, himiýa senagatda ulanylýan çig malyň we ýylylyk energiýasynyň çeşmesi bolan maddalara aýdylýar. Ýangyjyň dünýä möçberi örän uly. Akademik A.E. Fersmanyň maglumatlary boýunça, goňur kömürleriň paýyna 2100 *mlrd. t.*, daş kömrüň – 3200 *mlrd. t.*, antrasitiň – 600 *mlrd. t.* düşýär. Kömürleriň ähli görnüşleriniň dünýä boýunça gazylyp alynmagy her ýylda milliard tonnadan geçýär. Kömürden başga ýerastynda ýangyç slanesleri (gatlakly dag jynslary), nebit we gazlar bardyr.

Ýangyjyň ähli görnüşleri himiýa senagatynyň çig maly hökmünde ulanylýar.

Ýangyjyň düzümi we olaryň toparlara bölünişi. Ýangyjyň ählisini *agregat ýagdaýy* boýunça suwuk, gaty we gaz görnüşlere, *emele gelmegi* boýunça bolsa, adaty we emeli görnüşlere bölüp bolýar.

Adaty ýangyçlara: gatylara – kömür, agaç, slanes, torf; suwuklara – nebit; gaz görnüşlilere – tebigy we ugurdaş gazlar degişlidirler.

Emeli ýangyçlar, esasan, adaty ýangyçlaryň gaýtadan işlenmegi bilen alynýar. Olar hem gaty (koks, ýarym koks, agaç, kömür), suwuk (benzin, kerosin, ligroin we beýlekiler), gaz görnüşli (generator gazlary, koks gazy, nebiti gaýtadan işlemekde emele gelýän gazlary we beýlekiler) bolýarlar.

4.5. Suwuk ýangyçlaryň (nebitiň we nebit önümleriniň) gaýtadan işlenilişi

Gadym zamandan nebiti ulanyp gelýärler. XVI asyryň ýyl ýazgylaryndan, Boris Godunowyň patyşalyk eden wagtynda, Uhtadan Moskwa «goýy, ýanýan suwy» getirendikleri baradaky ýatlama getirilýär. XIX asyryň ikinji ýarymynda bolsa nebiti ýangyç hökmünde ulanypdyrlar. Şol wagtda hem nebitden, ýagtyltma üçin, kerosin çykarýan desgalaryň gurluşygy başlanýar. Kerosinden has ýeňil bolan önüm – benzin tapylýar. Maşyn gurluşygynyň ösmegi çalgy ýaglaryň ýeterlik mukdarynyň zerurlygyny ýüze çykarýar we kerosin bilen bilelikde, olar hem öndürilip başlanýlar. Ýöne şonda hem benzin entäk ulanylmaýardy.

XX asyryň başyndan awtomobil, soňra bolsa, uçar ulaglarynyň batly ösüşi başlanýar. Olara benzin zerur bolýar. Nebitiň gaýtadan işlenmeginde «çuň» prosesler geçirilip başlanýar, ýagny benzin nebitiň gaýtadan işlenmeginiň esasy önümleriniň biri bolup, şol bir wagtyň özünde, beýleki önümler hem – ligroin, kerosin, çalgý ýaglary we ş.m.-ler alynýar. Bu ýagdaýda, elektrik akymynyň ulanylmagy kerosiniň ýagtyltma serişde hökmünde öz manysynyň ýitirmegine getirýär. Häzirki wagtda kerosin reaktiw uçarlarda, traktorlaryň we teplowozlaryň hereketlendirijilerinde ulanylýar. Taze tehnikanyň döremegi dürli çalgý ýaglarynyň we nebit önümleriniň zerurlygyny ýüze çykarýar.

Nebitiň düzümi we häsiýeti. Nebit – ýaga meňzeş, suwdan ýeňil, agymtyl sarydan – garmtyl goňur reňkli suwuklyk. Nebit, esasan, özara himiki baglanyşýan ugleroddan (85–86%) we wodoroddan (12–14%) düzülen dürli görnüşli himiki birleşmelerden – uglewodorodlardan durýar.

Nebitde uglewodorodlardan başga az mukdarda kislorody, azoty, kükürdi saklaýan maddalar we mehaniki garyndylar hem bardyr.

Nebitiň uglewodorod bölümi parafinlerden (doýgun) C_nH_{2n+2} , naftenlerden (umumy formulasy C_nH_{2n}), sikliki uglewodorodlardan we aromatik uglewodorodlardan durýar. Doýgun däl uglewodorodlar C_nH_{2n} , adaty, nebitde bolman, eýsem olaryň gaýtadan işlenýän önümlerinde ýüze çykýar.

Parafin uglewodorodlar CH_4 -den $C_{40}H_{82}$ çenli – gaz görnüşlidir. Olar nebitde suwuklyk ýagdaýynda saklanýar.

Nebit gazlyp alnanda onuň basyşy peselse, onda parafin uglewodorodlar ugurdaş gazlar görnüşinde bölünip aýrylýar. Suwuk parafin uglewodorodlar $C_{10}H_{22}$ -den $C_{34}H_{70}$ çenli suwuk nebitiň esasy massasyny düzýär. Gaty parafin uglewodorodlar $C_{34}H_{70}$ nebitde eredilip ondan aýryp bolýar.

Nebitiň uglewodorod däl bölegi kükürtli, kislorodly we azotly birleşmelerden ybaratdyr.

Kükürdiň mukdary boýunça nebit azkükürtli (0,5% çenli kükürt) we ýokary kükürtli (0,5%-den ýokary) görnüşlere bölünýär.

Kislородly birleşmelere – naften kislotalary, fenollar, süýgeşik maddalar degişlidir. Olar nebite garamtyl reňk berýär, dargaýar we gyzdyrylanda kokslandýar.

Mineral garyndylara duzlaryň mehaniki garyndylary suw, kül degişlidir.

Türkmenistanyň baý ýerasty ýataklary milli ykdysadyýetimize düşýän serişdäniň esasyňy düzmäge ýardam edýär. Türkmen ykdysadyýetiniň kerwenbaşysyna öwrülen Türkmenbaşy şäheriniň nebiti gaýtadan işleýän zawodlar toplumynyň ykbaly tutuş ýurduň ösüşi üçin nusgalykdyr.

Garaşsyzlygyň ilkinji günlerinden başlap, zawodyň durkuny täzelemek, kuwwatly täze desgalary ornaşdyrmak maksady bilen, dünýäniň köp sanly, abraýly, döwrebap tehnologiýalara erk edýän, nebitimiýa önümçiligini gurmakda özüni dünýa tanadan şereketleri, firmalary, kompaniýalary ýurdumyzyň nebit-gaz toplumynda işlemäge höwes bildirdiler.

Gysga wagtda kuwwatly önümçilik desgalary guruldy, toplumyň bökdençsiz işini üpjün etjek umumy zawod hojalygy döredildi. Hereket edýän desgalaryň durkuny täzelemek, tebigaty goramak çäreleri bilen utgaşykly alnyp barylýdy. Ösüşiň diňe birinji başgançagynda 1,5 mlrd dollar möçberde maýa goýumlary özleşdirildi.

Zawodyň hünärmenleri tarapyndan gysga wagtyň içinde uniwersal, ähli möwsümde ulanylýan dizel, transmissiýalaýyn, gidrawlik, industrial ýaglary öndürmegiň tehnologiýalary özleşdirildi.

Türkmen nebitinden taýýarlanylýan ýaglary ulanýanlaryň örüsi has-da giňeýär. Ýurdumyzyň oba hojalygy, nebit-gaz, energetiki pudagy, deňiz, derýa, demir ýol senagatlary ýaglary alyjylaryň esasy bölegini düzýär.

Zawod häzirkî wagtda energiýa serişdelerini çykaryjy hökmünde-de tanalýar. Bu ýerde suw süýjediji desgalar, bug öndürýän gazanlar işleýär. In esasy zat hem, gaz turbinaly elektrik stansiýalaryň gurlup, işledilip, kärhananyň elektrik akymyna bolan mätäçliginiň aradan aýrylmagydyr. Bu zatlaryň ählisi kärhananyň has ygtybarly işlemegine itergi berdi.

SENAGATYŇ EKOLOGIK MESELELERI

5.1. Ekologiýanyň esaslary

Geçilen materiallardan görnüşi ýaly, himiýa senagatynyň köme-gi bilen halk hojalygynda, durmuşda giňden we häli-şindi ulanylýan önümleriň dürli görnüşlerini almak mümkin. Emma şol bir wagtyň özünde himiýa senagaty kähalatlarda diňe bir peýdaly zatlar öndürmek bilen çäklenmän, eýsem, zyýanly maddalary hem öndürýär. Ol zyýanly maddalar bolsa, bizi gurşap alýan tebigy gurşawa düşýär we ony hapalaýar. Şeýle bolansoň, tebigy gurşawy goramak boýunça ýörite ylmy işler alnyp barylýar. Olardan iň giň ýaýrany we ähmiýetlisi ekologiýa ylmydyr. Ekologiýa – bu grek sözünden, «*ekos*» – öý, mekan; «*logos*» – ylym, ýagny öz ýaşayan ýeriň hakyndaky ylym diýmekdir. Bu dogrudan-da şeýledir, çünki ähli adamzadyň diňe ýeke-täk öýi bardyr, ol hem Ýer planetasydyr. Şonuň üçin şol umumy we ýalňyz öýümizi gorap saklamak we geljekki nesillerimize arassalygyna ýetirmek, Ýer ýüzünde ýaşayan ähli halklaryň we ýurtlaryň borjudy. Şeýle bolansoň tebigaty goramaklyga we onuň ähli baýlyklaryny rejeli peýdalanmaklyga uly üns berilýär. Bu işleri amala aşyrmak we ekologik çäreleriň ýerine ýetirilişine gözegçilik etmek üçin ençeme halkara guramalar döredildi, şol sanda Birleşen Milletler Guramasynyň garamagynda hem birnäçe ekologik guramalar hereket edýärler. Emma gynansak-da, entek Ýer planetamyzyň köp ýerlerinde ekologiýanyň kadalarynyň bozulýan ýagdaýlary az däl. Ekologiýa ýagdaýynyň bolzulmagy dürli şertlere we faktorlara görä bolup biler. Biz bolsa şolardan himiýanyň ekologiýa edýän täsirine seredip geçeliň. Mälim bolşy ýaly, himiki maddalar Ýer üstünde, esasan, üç agregat halda bolup bilýär: gaz, suwuk we gaty maddalar. Şoňa görä-de, tebigaty hapalaýan himiki maddalar hem şu üç agregat halda bolýar we ýaşaýyş gurşawy, biosferany zaýalaýar. Öz gezeginde biosfera atmosferadan (gaz halyndaky), gidrosferadan (suw halyndaky) we litosferadan (ýerüsti gatlagy) ybaratdyr.

Atmosferany, esasan, gaz halyndaky zyňyndylar hapalaýar. Olara ýangyçlaryň ýanmagyndan emele gelýän kömürturşy gazy, himiýa senagatynda emele gelýän azotyň, kükürdiň hloryň, bromuň, ftoryň we beýleki elementleriň organiki we organiki däl birleşmeleri, sement tozany we başgalar degişlidir.

Gidrosferany, ýagny suw obýektlerini – derýalary, kölleri, deňizleri we beýleki suw howdanlaryny, senagat kärhanalary, oba hojalyk önümçiligi tarapyndan zyňylýan akyndy suwlar hapalaýar. Ol zyňylýan akyndy suwlarynyň düzüminde, köplenç, suwda ereýän maddalar: duzlar, kislotalar, organiki birleşmeler, nebit önümçiliginiň galyndylary, agyr metallar we başga-da köp sanly zyýanly maddalar bolýar.

Litosferanyň, ýagny Ýeriň üstki gatlagyny, şol sanda oba hojalygy üçin ýaramly bolan topragy gaty haldaky zyňyndy maddalar hem hapalaýar. Bu maddalara, esasan, senagatda emele gelýän zyňyndylar, doly işlenmedik gaty çig mallar, gurluşygyň zyňyndylary, şäherleriň zir-zibilleri we beýlekiler degişlidir. Ýokarda görkezilişi ýaly, Türkmenistanda mineral çig mallaryň köp görnüşleri we uly gorlary bardyr. Şonuň üçin himiýa senagaty hem ösendir. Olardan Hazaryň, Berekediniň, Balkanabadyň ýod-brom zawodlary ýokary minerallaşan akyndy suwlary, Marynyň azot dökünler zawody gaz halyndaky maddalary (azot birleşmelerini), akyndy suwlary, Türkmenabadyň himiýa zawody ftorly birleşmeleri we zyňyndy suwlary, gaty haldaky fosfogipsi, Gowurdagyň «Türkmenmineral», «Garabogazsulfat» önümçilik birleşikleri we beýlekiler tarapyndan hem dürli hilli zyýanly maddalar zyňylýar. Bulardan başga-da, azyk, ýeňil senagatynyň işläp bejeriji kärhanalary, gurluşyk materiallary öndürýän zawodlary, dokma senagaty we halk hojalygynyň beýleki köp sanly pudaklary her bir şäherde, etrapda diýen ýaly bardyr we olar hem azda-kände zyňyndylary emele getirýärler. Şonuň netijesinde howa, suw, toprak hapalanmasy bolup geçýär. Häzirki wagtda Günübatar Türkmenistanyň ýod-brom zawodlary tarapyndan ýokary derejede minerallaşan, düzüminde gymmatly himiki maddalaryň ençemesi, şonuň ýaly-da käbir zyýanly garyndylary bolan akyndy suwlary çöle we Hazar deňziniň ýa-

kasyna zyňylýar. Şol suw toplumlaýyn usulda gaýtadan işlenen wagtynda ýod we brom bilen birlikde dürli mineral duzlary we seýrek duşýan elementleriň birleşmelerini alyp bolýar. Zyňylýan suwlaryň mukdary boýunça iň köp emele gelýän zeýkeş, kollektor – drenaž suwlarydyr, ýagny başgaça zeý suwlarydyr. Bu suwlar, esasan, eke-rançylyk bilen meşgullanýan etraplarda ýeriň duzlulygyny aýyrmak üçin geçirilýän çäreler netijesinde emele gelýär. Bu suwlaryň duzlulygy dürli hillidir, emma ortaça 5–7 g/l barabardyr. Olaryň himiki düzümi çylşyrymlydyr we köplenç aşakdaky maddalary: natriniň, kalsiniň, magniniň hloridleri, sulfatlary, azot, fosfor dökünleriniň galyndylary, pestisidleri, käbir agyr metallary we beýlekileri özünde saklaýar. Şol suwlaryň zyňylmagy ýerleriň zeýlemegine, suw çeşmeleriniň duzlulanmagyna we beýleki ýaramaz ýagdaýlara getirýär. Muňa garamazdan, ummasyz köp mukdarda suwuň şular ýaly akdyrylyp goýberilmegi bilen bir hatarda, ýurdumyzyň süýji suwuň ýetmezçilik edýän ýerleri hem bar. Agyz suwy meselesi Aralýaka zona bolan Daşoguz welaýatynda we Balkan welaýatynyň günbatar etraplarynda has hem ýiti duýulýar. Şeýle bolansoň, bar bolan suw serişdelerini gorap saklamak, rejeli we tygşytly ulanmak üçin häzirki wagtda suw arassalaýjy we duzsuzlandyryjy, süýjediji des-galar giňden ulanylýar. Bu babatda Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň hut özüniň ýolbaşçylygynda köp sanly döwlet derejesindäki çäreler durmuşa geçirilýär. Türkmenistanyň alymlary tarapyndan senagat, oba hojalyk akyndy suwlaryny arassalamak we kompleksleýin ulanmak boýunça täze tehnologiýalar işlenilip düzülýär we durmuşa geçirilýär.

Bu çäreler himiki çig mallary zyýansyz ulanmak bilen bir hatarda ekologiýanyň kadalaryny doly berjaý etmäge mümkinçilik berýär.

Çig mallara baýlygy sebäpli, Türkmenistan Watanymyzda ýeňil we dokma senagat pudaklarynyň ösüşi barha giň gerime eýe bolýar. Esasan hem, pagtanyň, bugdaýyň we beýleki oba hojalyk we maldarçylyk pudaklarynyň ösmegi muňa esasy şertleri döredýär. Has hem dokma kärhanalarynyň sany barha artýar. Belli bolşy ýaly, bu pudaklarda çig mallar bilen bir hatarda suwuň ulanylyşy hem gitdi-giçe artýar. Şeýle bolansoň, köp halatlarda, olarda hapalanan akyndy

suwlar emele gelyär we zyňlýar. Muňa mysal edip, ýüň ýuwýan fabrikleri, mata reňkleýji kärhanalary görkezmek bolar. Ýüň ýuwýan fabriklerde ulanylýan suwlar her hili organiki we organiki däl maddalar, ýaglar, kir ýuwujy serişdeler, aşgarlar we ş.m. bilen hapalanýar. Gön işleýän fabriklerde bolsa, akyndy suwlarda has zäherli elementler bolan hrom, kadmiý elementleri aşa köp mukdarda bolýar. Abadanyň haly fabrigi we täze gurlan dokma kärhanalarda bolsa, her hili reňkdäki boýaglar bilen hapalanan akyndy suwlar emele gelyär. Ol hapalanan suwlar köplenç arassalanylman, lagym kanalizasiýasyna zyňlýar. Şeýle hem azyk senagatynyň pudaklary bolan et, ýag önümlerini öndürýän kärhanalarda hem hapalanan suwlar emele gelyär. Bu kärhanalarda diňe bir hapa suwlar däl-de, eýsem, gaty haldaky galyndylar hem emele gelyär. Ol galyndylaryň köpüsi iklenç başga maksatlarda ulanylyp bilner. Şuňa meňzeş hapa suwlaryň, galyndylaryň daşarky gurşawa zyňylmagy tebigy suwlarda, toprakda zyýanly maddalaryň konsentrasiýasynyň ýol bererlikli möçberden has köp bolmagyna getirýär. Meselem, agyz suw çeşmesi bolan kanallaryň, guýularyň suwlarynda zyýanly agyr metallaryň, organiki maddalaryň mukdary artýar. Şonuň üçin ýeňil, azyk, dokma kärhanalarynda hem ekologiýanyň talaplary doly berjaý edilmelidir.

Türkmenistanda soňky döwürde iň pajarlap ösýän pudaklaryň biri-de gurluşyk materiallaryny öndürýän senagatydyr. Muňa mysal edip, Aşgabatda we beýleki şäherlerde gurulýan täze binalary, kärhana jaýlaryny, demir we gara ýollary görkezmek bolar. Şeýle bolansoň, gurluşyk materiallary öndürýän kärhanalaryň kuwwatlylygy we sany barha artýar. Esasy gurluşyk materiallary bolup, sement, hek daşy, gips, şifer, çagyl daşlary, penjire aýnalary, keramzit we ş.m. hyzmat edýär. Şonuň üçin bu materiallaryň öndürilişi hem barha artýar. Ýöne bu önümçilikler hem käbir ekologik meseleleri döredýär. Sebäbi bularda howany hapalaýan tozanlar, gazlar, suwy we topragy zaýalaýan galyndylar emele getirýär. Hut şonuň üçin Abadanyň sement zawody Kelata göçürildi. Sebäbi ol önümçilik howany tozan bilen hapalaýar. Gurluşyk materiallaryny öndürmek üçin çig mal hökmünde tebigy toýunlar, magdanlar we beýleki gazylyp alynýan jisimler ulanylýar. Şeýle bolansoň, olar gazylyp al-

nanda, örän uly möçberdäki karýerler emele gelýär we ýer üstüniň tebigy görkünü we topragyň ýaramlylygyny üýtgedýär. Şonuň üçin şol ýerleri öňki kaddyna getirmek üçin rekultiwasiýa çärelerini geçirmek gerek bolýar. Ýogsam ol ýerlerde ekin bitmeýär. Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň tagallalary bilen adam saglygyna zyýanly hasaplanýan şiferiň deregine çerepitsalar ulanmak amala aşyrylýar. Sebäbi, şifer öndürmekde ulanylýan asbest örän zyýanly maddadyr. Meselem, Parižde asbest ulanylyp guran kitaphanany täzedən söküp, ondaky asbesti aýrypdyrlar, çünki asbest kanserogen madda hasaplanýlar. Çagyl, ýuwanl çäge önümçiliginde bolsa, köp möçberde ulanylan suw zyňylýar. Ol suwlary arassalap, gaýtadan ulanmak hem uly ähmiýete eýedir.

Şeýle hem gurluşygyň özi-de daşarky gurşawy gorap saklamagy talap edýär. Sebäbi gurluşyk obýektiniň töweregindäki ösüp oturan agaçlara, bag-bakjalara, ýaşayyş jaýlaryna ekologik taýdan zyýan ýetirilmeli däldir. Ýogsam kähalatlarda ol ýerlerde uly agaçlar çapylyp, arassalamany we meýdany abadanlaşdyrman gidýärler. Şular ýaly ýagdaýlaryň bolmazlygy üçin Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň hut özi uly tagallalar edýär. Çünki gurlan ymaratyň diňe özi gözəl bolman, eýsem, onuň bilen baglanyşykly bolan ähli gurşaw hem gözelligine galmalydyr.

5.2. Galyndysyz (az galyndyly) önümçilikleriň esasy kadalary

Häzirki wagtda, dürli hojalyklarda geçirilýän çäreleriň, iki cemeleşmesi bardyr:

- ähli görnüşli zyňyndylary arassalamak üçin ýörite enjamlaryň gurnalmagy (passiw synlaýyş);
- galyndysyz önümçiligiň döredilmegi (işjeň usul).

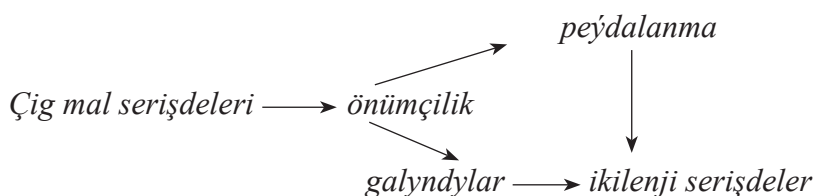
Bu ugurlary üstünlikli durmuşa geçirmek üçin senagatyň dürli pudaklarynda toplanan zyňyndylary arassalamak, zyýansyzlandyrmak we peýdalý ulanmak (utilizasiýa) tejribelerini özleşdirmek zerurdyr.

Gaz görnüşli, suwuk we gaty galyndylary, ýeterlik kämilleşen, arassalama usullarynyň döredilmegi üçin uly harajat edilmelidir.

Bu harajatlar, köplenç, esasy tehnologiýa harçlanýan maliýe goýumlaryndan hem köp bolýar.

«Galyndysyz tehnologiýa» diýen düşünje, ilkinji bolup, akademikler N. N. Semýonow we I. P. Petrýanow-Sokolow tarapyndan girizildi.

1979-njy ýylda Birleşen Milletler Guramasy tarapyndan kabul edilen az galyndyly we galyndysyz tehnologiýalar hakyndaky beýannamasyna laýyklykda, galyndysyz tehnologiýa diýmek – oba-hojalygynda we senagatda çig malyň düzümindäki ähli düzümlüklerini rejeli ulanmakdyr.



Bu düzümlük ekologik deňagramlylygy bozmaýar. «Galyndysyz önümçilik» düşünjesi käbir derejede takmynydyr, ýagny hakyky şertlerde doly galyndysyz, hem-de önümçiligiň daş-töwerege edýän täsiriniň bolmazlygy mümkin däl.

Galyndysyz önümçiligiň meselelerine seredilende, aşakdaky düşüňjeler ulanylýar.

Ugurdaş önümler – çig mallar fiziki-himiki taýdan gaýtadan işlenilende, esasy önüm bilen bir hatarda, başga önümler hem emele gelýär. Köplenç, olar üçin ülni – nusgalar hem düzülýär, olary satuwa çykarýarlar. Tebigy gazdaky urugdaş gazlar muňa mysal bolup biler.

Önümçiligiň zyňyndylary – zerur önüm öndürilende, emele gelýän ugurdaş önümler, kömekçi materiallar, çig malyň galyndysy, garyndylar bolup durýar. Olar öz häsiýetlerini böljekleýin ýa-da doly ýitirip ülnülere laýyk gelmeýär.

Peýdalanylmandan galan zyňyndylar – ykdysady taýdan dikeltmegi maksada laýyk bolmaýan, ön ulanylan maddalar we harytlar. Mysal üçin, işlenilen reaktiwler, katalizatorlar, tekerler we ş.m.-ler.

Ikilenji maddy serişdeler – önümçiligiň we ulanylmadan soň emele gelen zyňyndylar. Bu serişdeler çig mal ýa-da kömekçi materiallar hökmünde halk hojalygynda ulanylan harytlar bolup biler.

Galyndysyz önümçilikler döredilende, çylşyrymly guramaçylyk, tehnologiýa, ykdysady meseleleri işlemeli bolýar. Olardan in wajyplary:

- 1) çig malyň köptaraplaýyn işlenilmegi;
- 2) ikilenji maddy we energetiki serişdeleriň ulanylmagy;
- 3) işlenilýän önümçilikleriň kämilleşdirilişi we az zyňyndylyk ýa-da zyňyndysyz täze tehnologiýa prosesleriniň döredilmegi;
- 4) zyňyndy suwsuz tehnologiýa toplumlarynyň döredilmegi.

Çig-malyň köp taraply işlenilmeginde, onuň düzümindäki ähli mineral düzüjileriniň ulanylmagy göz önünde tutulýar.

Ikilenji maddy serişdeleriniň işlenilişi çig malyň köptaraplaýyn ulanylmagy bilen baglanyşykly bolup durýar. Ikilenji maddy serişdeleriň göwrümi, gazylyp alnyş göwrüminiň ýokarlanmagy we senagat önümçiligi bilen kesgitlenilýär. Ikilenji maddy serişdeler durmuş-ykdysady taýdan ähmiýetlidir, ýagny olaryň önümçilikde ulanylmagy, zähmetiň, tebigy çig mallaryň tygşytlanmagyna getirip, biosferanyň zyňyndy bilen hapalanmagyny düýpli aradan aýyrýar.

Işleýän önümçilikleriň kämilleşdirilişi we täze tehnologik prosesleriň döredilmegi aşakdaky meseleleri maksat edip goýýar: gymmatbaha energetiki we maddy-sygymly tehnologiýalary arzanlatmak; köpbasgançakly sintezleriň birbasgançakla çalyşmak prosesiniň tizligini ýokarlandyrmak we ş.m.-ler.

Himiki reaksiýany kämilleşdirmek ýoly bilen galyndysyz tehnologik prosesleriniň döredilmegi

Himiki reaksiýa (himiki basgançak) – himiki-tehnologik ulgamyň wajyp elementidir. Himiki-tehnologik prosesiniň galyndysyzlygy bu basgançagyň gurnalyşyna baglydyr.

Önümçiligiň himiki düzülişiniň esasy – himiki reaksiýalardyr. Senagat şertlerinde himiki çyzygynyň saýlanylyp-seçilişi himiki reaksiýanyň geçişine, prosesiniň enjamlar bilen üpjün edilişine bag-

ly bolman, eýsem emele gelen önümiň, zyňyndylaryň, zyňyndy suwlaryň daş-töwerege täsiri bilen geçirilýär. Himiki çyzygysynyň saýlanylyp-seçilişiniň bellibir görkezijileri – onuň tygşytlylygy we tehnologiýasynyň ekologiýasydyr.

Galyndysyz önümçiligiň döredilmeginde ikilenji energiýa serişdeleriniň gaýtadan işlenilmegi aýratyn ähmiýete eýedir.

Häzirki wagtda özüniň daş-töwerek bilen çalyşma ölçegi boýunça, ýylylyk birinji ýerde durýar. Ýangyjyň potensial energiýasynyň 70%-e golaýy zyňyndylar bilen ýitýär we diňe 30%-i taýýar önüme öwrülýär.

Halk hojalygynda esasy energiýa sygymly pudaklarynyň biri ol hem himiýa we nebit himiýa senagatydyr. Emma adaty himiki tehnologiýa çyzyglaryndan ýylylygyň peýdaly ulanylyşy 20–30%-den geçmeýär. Ammiak, azot we kükürt kislotalaryň we beýleki köp tonnaly önümleri öndürýän häzirki zaman önümçiliklerde energetiki serişdeleriň netijeli ulanylyşyny gazanmak üçin energotehnologiýasy ulanylýar, ýagny çig malyň organiki we mineral düzüjileri doly ulanylýar.

Himiki-energetiki çyzygylar (HEÇ) – bu çig malyň, energiýa serişdeleriniň, himiki reaksiýanyň ýylylygynyň ykdysady maksada laýyklygyny we ekologiki howpsyzlygyny üpjün edýän prosesleriň we enjamlaryň jemidir.

5.3. Eksergiýa barada düşünje

Himiki energetiki çyzyglarda utgaşdyrylan prosesleriň amala aşyrylmagynda birnäçe önümler emele gelýär. Ondan başga-da reaksiýanyň ýylylygy we reaksiýalaýyn akymalaryň hasabyna tehnologik maksatlarynda ulanylýan dürli energiýa görterijiler (bug, gyzgyn suw we beýlekiler) öndürilýär.

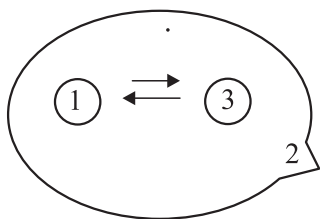
Soňky wagta çenli himiki energetiki çyzyglarda geçýän prosesleriň netijeliligi, peýdalylygy balanslar boýunça kesgitlenilýärdi. Emma maddy we energetiki balanslarda maddanyň we energiýanyň ähli görnüşleri olaryň hiliniň, ýagny himiki energetik çyzyglarda geçýän prosesleri dogry kesgitlemek we dolandyrmak

mümkinçiligini bermeýän adaty zerurlygynyň hasaba alynmagy bilen geçirilmeýärdi.

Ýokary temperaturaly zolagy bolan himiki-tehnologik prosesleriň eksergiýa analizini geçirmek örän wajypdyr.

Köp sanly himiki-tehnologik proseslerde maksatlaýyn önüm bilen bir hatarda zyňyndylaryň akymy hem uludyr. Prosesleriň ýylylyk kämilligine baha bermek üçin diňe peýdaly önümleriň energiýa mukdaryny hasaplaman, eýsem onuň hiline hem baha bermek zerurdyr.

Şeýlelikde, eksergiki analiziň ulanylmagy himiki-tehnologik prosesleriň energiýasynyň ulanylmagynyň gowulanmagyna getirer.



34-nji surat. Eksergiki toplum

1 – işçi jyns; 2 – daşky gurşaw; 3 – ýylylygy kabul ediji (ýylylyk beriji).

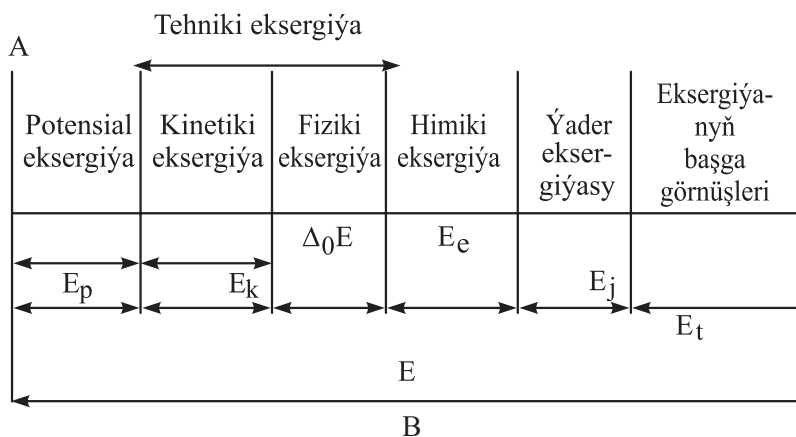
Eksergiki analize bagyşlanan birinji işde «eksergiýa» diýlen düşünje «tehniki taýdan ýaramly energiýa» diýilýär. Soňa baka eksergiýanyň görnüşleriniň klassifikasiýasy döredildi we bu düşünje «işe ukyplylyk» diýlip atlandyryldy.

Şeýle ýagdaýda, daşky gurşaw ýylylygyň we maddalaryň zerur çeşmesi görnüşde çykyş edýär.

Eksergiki analizde energetiki öwrülişi geçirýän toplum – daşky gurşawy we daş-töwerekde ýerleşýän ýylylyk kabul edijini öz içine alýan eksergiki toplumdyr.

Eksergiki ululygyň hasaplamasynda, başlangyç ýagdaý (nol nokady) takyklanylýar. Bu nokat toplum bilen daşky gurşawyň deňagramlylyk şertlerini häsiýetlendirýär, şonda termodinamiki potensiallar nola deň diýip seredilmeli däl.

M massaly maddanyň akymynyň eksergiýasynyň düzümi, top-
luny we daşky gurşawy çäklendirýän AB gymyldamaýan barlag
üste görä aşadaky görnüşleri öz içine alýar (35-nji surat):



35-nji surat. Eksergiýanyň düzümi

Kinetiki eksergiýa (E_k) kinetiki energiýa deň:

$$E_k = W_k = \frac{mc_0^2}{2},$$

bu ýerde c_0 – daşky gurşawa görä ulgamyň ornuny üýtgedýän tiz-
ligi.

Potensial eksergiýa ulgamdan maddanyň akymynyň ugrug-
ýan nol kesgitleýji derejä çenli H aralyga görä aşak gaçma güýjüň
ululygy $E_{p.gaç.} = mgH$ we iteklenme güýjüň ululygy boýunça
hasaplanýar:

$$E_{p.gaç.} = g \int_0^H V \rho_0 dH,$$

bu ýerde V – maddanyň göwrümi; ρ_0 – daşky gurşawyň dykzlygy

$$E_p = E_{p.gaç.} - E_{p.it} = mgH - g \int_0^H V \rho dH = mg \left(H - \int_0^H \frac{V \rho_0}{m} dH \right) = mg$$

$$\left(H - \int_0^H \frac{V}{V_0} dH \right).$$

Fiziki eksergiýa maddanyň akymynyň basyşy (p) we temperatura (T) daşky gurşawyň basyşy (p_0) we temperatura aralygyndaky tapawudynyň netijesinde ýüze çykýar:

$$\Delta_0 E = \Delta_0 I - T_0 \Delta_0 S,$$

bu ýerde $\Delta_0 I$ we $\Delta_0 S - T_0$ we Pp ýagdaýdan hakyky ýagdaýa çenli hasaplanylýan entalpiýa we entropiýa.

Himiki eksergiýa (E_n) maddalaryň düzüminiň ýa-da konsentrasiasynyň daşky gurşawda (T_0 we p_0 parametrlerde) şol bölegiň konsentrasiasy boýunça emele gelýän tapawudynyň netijesinde ýüze çykýar. Eksergiýanyň bu görnüşi käwagt nol hökmünde kesgitlenilýär.

$$E = E_p + E_k + \Delta_0 E + E_n + \Sigma_j + E_{\text{başga görn.}}$$

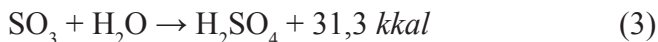
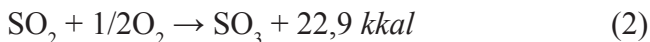
Himiki-energetik ulgamlaryň netijeli peýdalylygynyň analizi

Kükürt kislotasynyň önümçiligi boýunça himiki-energetik ulgam

Kükürt kislotasynyň önümçiliginiň esasynda düzülýän ähli reaksiýalar ýylylygyň bölünip çykmagy bilen geçirilýär. Bu ýylylyk önümçiligiň özi bilen baglanyşykly ähli energetik harajatlarynyň ýerini dolmakdan başga hem, onuň bir bölegini energetik bug ýa-da elektrik energiýa görnüşinde ulanylmagydyr.

Kükürtden kükürt kislotanyň kontakt usuly bilen alnyşynyň mysalynda energo-tehnologik önümçiliginiň gurnalyşynyň mümkin boljak ugruna seredip geçeliň.

Proses aşadaky ekzotermiki reaksiýalara esaslanýar:



Dürli görnüşli çig maldan 1 ml H_2SO_4 alnanda emele gelýän ýylylygyň mukdary:

Prosesler	Kükürt			Kolçedan
	Mln. kJ	%	reaksiýa	
Kükürdiň ýakylmagy	3,03	55,1	(1)	4,35
SO ₂ -niň SO ₃ -e çenli okislenmegi	0,98	17,8	(2)	0,98
H ₂ SO ₄ -niň emele gelmegi	1,34	24,4	(3)	1,34
H ₂ SO ₄ -niň 98,3%-e çenli gowşadylmagy	0,15	2,7		0,15
Buguň emele getirip boljak nazary mukdary, tonna.	1,65			2,05
Jemi	5,50	100		6,82

Emele getirip boljak buguň nazary mukdary 1-nji tablisada getirildi, munuň üçin basyş 4MPa, temperaturada 450° C. Emele gelýän buguň mukdary 3330 kJ/kg (0,795 Gkal/tn).

Önümçilikde emele gelýän buguň mukdary onuň daş-töwerege ýitmegi, SO₃-niň absorbsiýasy we H₂SO₄-niň sowadylmagy sebäpli kemelýär.

Absorbsiýa prosesi = 70° C töweregi bolup geçýär, şonuň üçin ýylylygyň ulanylmagy ykdysady tarapdan amatly däl, sebäbi ulgandan ýylylyk çykarylanda goşmaça energiýa harçlanýar.

Ýylylygyň ýitgisi önümçiligiň tehnologik çyzgysyna we prosesiniň görkezijilerine baglydyr.

Mysal üçin, kükürt kislotasy kükürtden öndürilende, ýityän ýylylygyň Q_y mukdaryny aşakdaky deňleme boýunça kesgitläp bolar:

$$Q_y = Q_1 + Q_2,$$

bu ýerde Q₁ = H₂SO₄-niň emele gelmeginde çykýan ýylylyk mukdary – 1,34 mln kJ/t barabardyr.

Q₂ – 1-nji we 2-nji absorberlere iberilýän gaz sowadylanda çykýan ýylylyk mukdary, mln kJ/t

$$Q_2 = vc\Delta t_1 + vc (\Delta t_1 + \Delta t_2),$$

bu ýerde v – absorbere barýan gazyň göwrümi – $2230 \text{ m}^3/\text{t}$.

c – gazyň ýylylyk sygymy – $1,38 \text{ kJ/m}^3 \text{ } 0^\circ\text{C}$.

$\Delta t_1 - 230 - 70 = 160^\circ\text{C}$ – 1-nji absorbere girýän we ondan çykýan gazyň temperaturalarynyň tapawudy.

$\Delta t_2 - 195^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 175^\circ\text{C}$ – 2-nji absorbere girýän gazyň we topluma iberilýän howanyň temperaturalarynyň tapawudy.

Diýmek,

$$Q_y = 1,34 + 2230 \cdot 1,38 (160 + 175) \cdot 10^{-3} = 2,37 \text{ mln. kJ/t.}$$

Şeýlelikde, kükürtden öndürilýän H_2SO_4 -niň önümçiliginde ýylylygyň nazary mümkin boljak ulanylma derejesi:

$$a = \frac{5,50 - 2,37}{5,50} = 56,9\%,$$

ýagny emele gelýän buguň mukdary

$$II = \frac{5,5 - 0,5}{3,33} = 1,0 \text{ t/t.}$$

0,5 – emele gelýän ýylylygyň 50%-i toplumda ulanylýar diýlip hasaplanýlar.

Energetiki buguň önüm hökmünde çykarylyşy $0,5\text{--}0,6 \text{ tn/tn}$ barabardyr.

Adaty tehnologiýa ýolunyň üýgedilmegi – zyýanly zyňyndylary azaltmagyň tygşyty usulydyr.

Himiki-tehnologik ulgamynyň (HTU) takykklan an düzüjileriniň saýlanyşy, köplenç, adaty tehnologiýa usullarynyň ulanylyşyna esaslanýar. Şonuň üçin her bir düzüji tehnologik howpsuzlyk analiziniň geçirilmeginde girizilmelidir. Mysal üçin, dökünleriň erginlik (rasplaw) ýagdaýynda granulirlenilmegini organiki gurşawda geçirilmegi howany hapalaýan uly göwrümli zyňyndylaryň ýok bolmagyna getirýär we şol basgançak ammiagyň ýitgisini azaldýar. Uçagan garyndylaryny aýyrmaklykda buguň ulanylmagy zyýanly zyňyndy suwlaryň kemelmegine getirýär. Mysal üçin, ammiagyň desorbsiýasyna $0,2 \text{ tn}$ harçlanýar. Bir ýylda onuň möçberi 3 mln tn ýetýär.

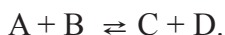
Senagat kärhanalarynda gaz görnüşli ýangyçlaryň ýakylyş tehnologiýasy uly ünsi özüne çekýär. Tüsse gazlarynda azot oksidleriniň

konsentrasiýalarynyň peseldilme usuly bu ýakmagyň dogry gurnalyşy, ýagny ýanma zolagynda temperaturanyň we kislorodyň konsentrasiýasynyň peseldilmegi, ýangyç gazlaryň tiz sowadylmagy, ýangyjyň döwürleýin ýakylmagy, azot oksidleriniň metan bilen elementar azota çenli dikeltmeginiň resikli tebigy gazyň sarp edilişiniň azaldylmagyna getirýär.

Bu ýerde himiki-tehnologik proseslerde çig malyň öwrüliş konwersiýasynyň ýokarlanmagy, zyýanly zyňyndylaryň daş-töwerege zyňlmalarynyň bolmazlygy üçin resikliň ulanylyşynyň netijeliligini belläp geçmeli.

Resikliň kömegi bilen çylşyrymly himiki reaksiýalarda dürli önümiň absolýut çykyşyny ýokarlandyrmak bolýar. Resikl reaksiýalaýyn akymyň tizligi we düzümi bilen erkin işläp, reaksiýany gerek tarapa gönükdirýär. Ol reaktordaky prosesiň intensifikasiýasy hem-de çig maly we energiýany doly ulanýan çyzgylary döretmäge mümkinçilik berýär.

Şonuň ýaly çyzgylar gaýdymly reaksiýalar geçirilende giňden ulanylýar.



Bu ýerde A çig mal, B çig maldan gymmat bolsa, onda proses stehiometriki garyndyda däl-de, eýsem B maddanyň artykmaçlygynda geçirmeklik amatlydyr.

Resikli himiki-tehnologik ulgamyň mysaly hökmünde, ammiagyň sintezine seretmek bolar.

PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. «Türkmenistan» gazetiniň, (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny).
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, (2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty).
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Milli maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. «Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy» I-II tom. Aşgabat, 2010.

11. *И.П. Мухленов.* Основы химической технологии. Изд. «Высшая школа», Москва, 1975.
12. *В.Е. Сороко.* Основы химической технологии. Изд. «Химия», Ленинград, 1990.
13. *И.Э. Фурмер.* Общая химическая технология. Изд. «Химия», Москва, 1985.
14. *А.Г. Амелин.* Технология серной кислоты. Изд. «Химия», Москва, 1985.
15. *М.Е. Позин.* Технология минеральных солей. Изд. «Химия», Ленинград, 2000.
16. *А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева.* Общая химическая технология. Изд. «Высшая школа», Москва, 2002.

MAZMUNY

Giriş.....	7
I bap. Himiýa senagatynyň çig maly we energetikasy.....	10
1.1. Himiýa senagatynyň çig maly.....	11
1.2. Türkmenistanyň himiýa çig mallary we himiýa kärhanalary.....	19
1.3. Çig malyň gaýtadan işlenilmegine taýýarlanylyşy.....	25
1.4. Himiýa senagatynda suwuň ulanylyşy.....	32
1.5. Himiýa senagatynyň energetikasy.....	36
II bap. Himiki-tehnologik prosesleriň esasy kanunlary.....	40
2.1. Himiki-tehnologik prosesler barada düşünje.....	40
2.2. Himiki-tehnologik prosesleriň toparlara bölünişi.....	41
2.3. Himiki-tehnologik prosesiniň deňagramlylygy.....	44
2.4. Himiki-tehnologik prosesleriň tizligi.....	48
2.5. Geterogen – katalitik prosesleriň kontakt enjamlarynyň şekillendirilişi.....	60
2.6. Ýokary temperaturada bolup geçýän prosesler.....	63
2.7. Himiki reaktorlar.....	64
2.8. Maddy we energetik balanslar.....	72
III bap. Himiki-tehnologik prosesleriň we ulgamlaryň modelleşdirme usuly arkaly barlanylyşy.....	75
3.1. Modeller we himik-tehnologik prosesleriň modelleşdirilişi.....	75

IV bap. Esasy himiki önümçilikler	90
4.1. Kükürt kislotasynyň önümçiligi	90
4.2. Ammiak önümçiligi.	100
4.3. Silikatlaryň tehnologiýasy.	109
4.4. Gaty ýangyjyň önümçiligi.	120
4.5. Suwuk ýangyçlaryň (nebitiň we nebit önümleriniň) gaýtadan işlenilişi.	121
V bap. Senagatyň ekologik meseleleri	124
5.1. Ekologiýanyň esaslary	124
5.2. Galyndysyz (az galyndyly) önümçilikleriň esasy kadalary. . .	128
5.3. Eksergiýa barada düşünje.	131
Peýdalanylan edebiýatlar	138

Mahym Nyýazberdiýewa

UMUMY HIMIÝA TEHNOLOGIÝASY

Ýokary okuw mekdepleri
üçin okuw kitaby

Redaktor
Teh.redaktor
Surat redaktory
Neşir üçin jogapkär

H. Sapargulyýew
O. Nuryagdyýewa
S. Orazmyradow
M. Annamyradow

Çap etməğe rugsat edildi 29.12.2012. Ölçegi 60x90^{1/16}.
Ofset çap ediliş usuly. Şertli çap listi 9,0. Şertli-reňkli ottiski 15,25.
Hasap-neşir listi 8,42. Çap listi 9,0. Sany 600. Sargyt № 2655.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.
744000, Aşgabat, Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.
744004, Aşgabat, 1995-nji köçe, 20.