

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI**

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**M.Öwezow**

# **Guýy burawlananda dag jynsynyň ýumurylmagy**

**Hünär: “Nebit we gaz guýulary burawlamak”**

**Aşgabat-2010 ý.**

# GIRIŞ

## §1. “Guýy burawlananda dag jynsynyň ýumurylmagy” dersi

“Guýy burawlananda dag jynsynyň ýumurylmagy” dersi dag jynslaryndaky mehaniki hadysalary, burawlamak üçin geçirilýän işleri, konstruksiýalary we jynsy owradyjy abzallaryň iş döwründe zaýalanmasy ýaly prosessleri öwrenýär.

Dag jynslaryndaky mehaniki hadysalary öwrenmegiň teoretiki esasy gaty jisimiň we bütewi giňişligiň (sreda) mehaniki ýagdaýynyň duýpli (fundamental) esaslaryna daýanýar.

Dag jynslary örän çylşyrymly matematiki modeli bolan aýratyn gaty jisimlerdir.

Dag jynslaryndaky mehaniki hadysalary we jynsy owradyjy enjamlaryň fiziki modelirlenmesiniň synagynyň netijesiniň gaty anyk dældigi dag jynslarynyň düzüminiň birsydyrgyn däl-de dürgüligiň köplügi bilen düşündirilýär.

## §2. Fiziki gaty jisimiň birnäçe soraglary

Dag jynslary gaty jisimdir. Şonuň üçin dag jynslarynyň häsiýetini öwrenmezden ozal, gaty jisimleriň häsiýeti we gurluşy baradagy umumy soraglary bilmek hökmanydyr. Gaty jisimlerde atomlar, ionlar we molekulalar belli bir tertipde ýerleşýärler (üç taraplaýyn ölçägede). Şeýle jisimler kristalliki diýip atlandyrylýar. Olarda (çastisa) bölejikleriň belli bir tertipde ýerleşmesine bolsa kristalliki gurluş diýip atlandyrylýar. Erginden gaty jisimler bölünip çykanda köp taraply (köpgranly) gaty jisimler birleşip kristallik gurluşy emele getirýär. Şol emele gelen jisimlere kristallar diýilip at berilýär.

Gaty jisimlerde arabaglanyşygyň güýji elektrostatiki häsiýete eýe bolup ol onuň berkliginni aňlatýar.

Kämilleşen kristallik gurluşy bolan gaty jisimiň gatylygyny teoretiki taýdan hasaplap bolýar. Praktikada ölçelen hakyky (tehniki) kristallaryň berkligi ýüz we münlerçe esse teoretiki berklikden pes bolýar. Bu ýagdaýy fizikler gaty jisimiň kristallik gurluşynyň kämil dældigi üçin diýip çaklaýarlar. Soň bu çaklama elektron-mikroskopil barlamasy tarapyndan tassyklanyldy.

Kristalliki gurluşyň kämil dældigi özüne ýylylygyň üýtgemegi, nokatlaýyn, ýanaşma (galtaşma) we üstleýni defektleri (täsirleri) birleşdirýär.

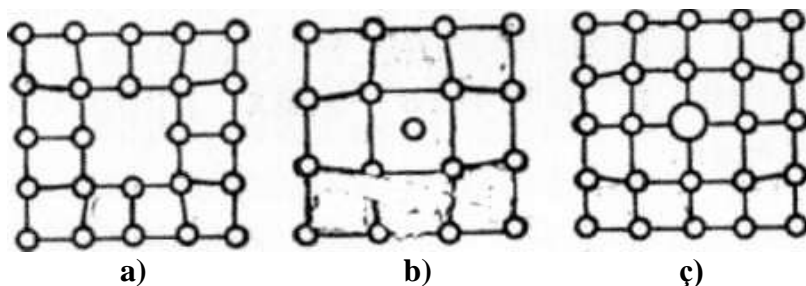
a) ýylylygyň üýtgemegi: adaty temperaturada kristalliki gözenekde ýerleşýän bölejikler atomlaryň arasyndaky giňişligiň 5-10% aralygyna bolan ýygylk bilen sazlaşyksyz hereket edýärler. Şeýlelikde bölejikler kinetiki energiýany özünde jemleýärler. Temperatura näçe ýokary bolsa kinetiki energiýa hem şonça ýokary bolýar we şonçada gaty jisimiň häsiýetine we gurluşyna uly täsir etýär.

b) nokatlaýyn defekt: kristalliki gurluşyň nokatlaýyn defektine: wakansiýa (boşluk) – kristalliki gözenegiň eýelenmedik boş uzelleri, atomlaryň ýerlerinden süýşmegi (uzelleriň arasynda) hem-de gözenege başga jisimden bolan atomlaryň ýa-da ionlaryň girmegine diýilýär. Bu ýagdaýlaryň hemmesi kristalliki gurluşyň üýtgemegine we gowşamagyna getirýär.

ç) ýanaşma defektine emele gelýän tekizligiň gyrasy hem-de kristallaryň bir ýere toplanmasynda kristalyň bir böleginiň beýleki bölege görä süýşmesi girýär. Toplanmagyň daşky güýçleri täsiri astynda kristalyň bölekleri öz aralarynda we beýleki defektleriň arasynda ýeňil hereket edýärler.

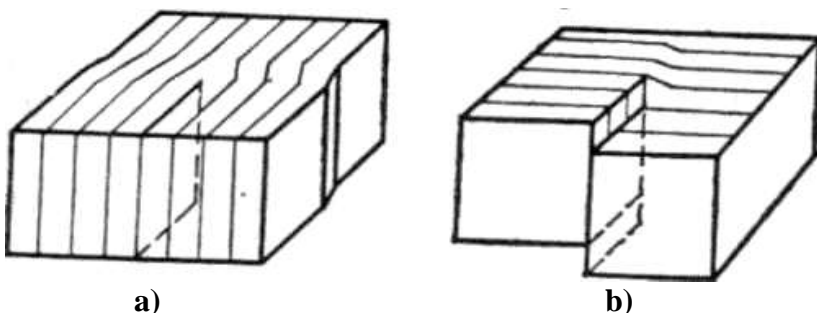
d) kristallik gurluşda jisimiň daşky gyralarynda ýerleşýän bölejikleriň özara baglanyşygy, jisimiň ortalarynda ýerleşýän bölejikleriň baglanyşma energiýasyndan başga

energiýada bolýar. Şu iki baglanyşmanyň energiýa ýagdaýlarynyň ara tapawudyna üstleýin defekt diýilýär.



### Surat 1. Kristallik gurluşyň nokatlaýyn defekti

a - boşluk (wakansiýa); b – atomlaryň arasyndaky boşluga başga jisimiň atomyň girmegi; ç - başga görnüşli atomyň (ionyň) girmegi.



### Surat 2. Kraýewaýa (a) we wintowaýa (b) dislokasiýasy

a – toplanmak (dislokasiýa) netijesinde emele gelen gyra defekti; b – kristalyň bir böleginiň toplanma netijesinde beýleki bölege görä üýtgemesi (wintowaýa) görkezilen.

Gaty jisimler üçin, hasda dag jynslary üçin kristalyň dänejikleriniň çetlerinde gyralarynda özara baglanyşyk güýjiniň gowşak bolmagy häsiýetlidir.

Daşky güýçleriň täsir etmegi netijesinde dartgynlylygyň täsiri bilen bolýan toplanma hadysasynda gaty jisimde kristalyň dänejikleriniň gyralarynda we beýleki defektleriň

töwereginde ýerli dartgynlylyk we mikrojaýryklar emele gelmegi mümkin. Netijede işlenende gaty jisimiň berkligi gowşaýar. Bu ýagdaý materialyň dowamly berkligi ady bilen bellidir. Bu hadysada dowamly täsiriň netijesinde ýokarky ýagdaýyň dowam etmegi çaltlanýar, materialyň berkliginiň gowşamasy has çalt bolup geçýär. Bu ýagdaýa materialyň ýadawlygy diýilip at berilýär.

### **§3. Dag jynslary barada esasy maglumat**

Nebit we gaz ýataklary köplenç çökýän (osadoçnyý) dag jynslaryna ýanaşan bolýar. Çökýän dag jynslary esasy uly iki topara bölünýär. Olar kristalliki we döwlüji (oblomoçnyý) toparlardyr. Toýunsow topar özbaşyna aýratyn orny eýeleýän hem bolsa olar döwlüji topar bilen bile seredilýär. Çökýän jynslaryň içinde kristallik topar 25%, döwlujy topar 21% we toýunsow topar 54% ýeri eýeleýär. Burawlamak babatynda jynsyň geologiki häsiýetnamasynda onuň düzümi, gurluşy birjynsdan dældigi esasy ýeri eýeleýär. Häzirki wagta çenli 2000 mineral mälim bolup, olardan diňe onlarçasy jyns emele getiriji hökmünde tanalýar. Ol minerallara jyns emele getiriji minerallar diýilip at berilýär.

Bir mineraldan ybarat dag jynsyna monomineral diýilýär (dolomit, hek, angidrit). Egerde bir näçe mineraldan ybarat bolsa poluminerallar diýilýär. (granit, toýun, polimit çägesi). Dag jynsynyň gurluşy iki alamat bilen häsiýetlendirilýär – struktura we tekstura.

Struktura diýilen jynsy emele getirýän kristallaryň ölçeglerine, görnüşlerine we häsiýetine düşünilýär.

Tekstura diýilen jynsyň gurluşynyň aýratynlygy, giňişlikde kristallaryň özara ýerleşişine düşünilýär. Tekstura alamatlaryna gatlaklylyk, slansewatost, boşluk we jaýryk emele gelmek ýagdaýlary mahsusdyr. Struktura we tekstura alamatlary jynsyň mehaniki häsiýetine düýpli täsir edýär. Çöküji kristalliki jyns ýeriň gabygynda himiki reaksiýalaryň

we suwlarda syzylyp çykan duzlardan emele gelen mineral dänelerden (kristallitler) ybarat bolýar. Organizmleriň ýaşamagyndan çykan önümlerden emele gelen organogennyý jyns hem çöküji kristalliki jyns diýilip hasaplanylýar. Bu jynslardan köp ýaýrany karbonatnyý (hek, dolomit, mergel), sulfatnyý (gips, angidrit), galoidnyý (daş duzy) we kremnistryý (diatomit, kremniý) toparlardyr. Döwlujy çöküji dag jynslary – öň bolan dag jynslarynyň fiziko-himiki, mehaniki täsirler astynda ýumrulyp ýeliň we suwuň getirmegi netijesinde bir ýerde toplanyp, öňki düzümi eremän, kristallaşman öňkiligine galan ýagdaýyna diýilýär. Bu topara owranmagyň, dargamagyň bolan ýerindäki jynslar girýär. Dag jynslary döwükleriniň (bölekleriniň) ölçegleri boýunça dört topara bölünýärler:

1) gödek döwülen jynslar (bölekleriniň ölçegi 2mm uly) bu topar esasy magmatiki we metamorfiý döwüklerinden ybaratdyr. Döwükleriň arasy çäge we toýun jynslary bilen doldyrylan. Gödek döwülen jynslar nebit we gaz ýataklarynda kän duş gelmeýär.

2) çägeli jynslar (bölejikleriň ölçegi 0,1-2mm). Bu topara boşlow çäge, sementleşen çäge, mineral dänejikleriň düzümi boýunça kwars we polimikt görnüşleri bolýar. Kwarsda-dänejikleriň düzümi kwarsdan polimiktiňki-dänejikleriň düzümi dürli minerallardan (slýuda, piroksen, rogowoý obmanki we ş.m.) ybarat bolýar.

Çäge we çägesow jynslar dänejikleriniň ölçegi boýunça gödekdäneli (2-1mm) iridäneli (1-0,5mm) ortaça däneli (0,5-0,25mm) ownuk däneli (0,25-0,1mm), düzümi bir görnüşli (däneleriň ölçegi hemmesi bir meňzeş) we dürji görnüşli (däneleriň ölçegi dürli-dürli) bolýar.

Ownuk toptrakly jynslar (bölejikleriň ölçegi 0,01-0,1mm) çäge we toýunyň aralygyny eýeleýär. Bu jynslara esasan kontinental çökündi, supes, suglinka we lese degişli bolýar. Sementleşki (dykyzlanan) jynslar-alewrolit hem giňden ýaýrandyr.

Toýunsow jynsa (bölejikleriň ölçegi – 0,01mm kiçi) toýun, argillit we toýun slansy girýär. Halsedan bilen sementleşen argillid ( $\text{SiO}_2$ ) örän gaty bolýar. Döwlüji jynsyň tekstur alamatynyň esaslarynyň biri hem gatlaklylyk we boşlukdyr. Boşlow dag jynslary iki görnüşe – arabaglanyşykly we baglanyşyksyz bolýar. Bu jynslaryň häsiýetine boşlukdaky suwuň täsiri uly bolýar. Dag jynslary – gidrofil jisim bolup olar suwda oňat ezilýärler. Boşlukdaky we dag jynsynyň üstündäki suwgaz fiziki taýdan erkin ya-da baglaşykly bolup bilýär. Jynsdaky suwuň mukdary aşakdaky formula boýunça aňladylar:

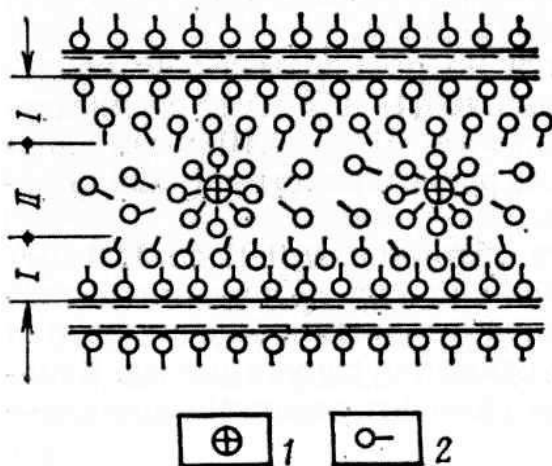
$$W = \frac{G_p - G_s}{G_s} \cdot 100$$

W – çyglylyk;  $G_p$  – çyg jynsyň massasy;  $G_s$  - jynsyň sklediniň massasy.

Arabaglanyşykly toýunsow jynslaryň baglanyşyk güýji onuň fiziko-himiki tebigatyndan bolup toýunsow minerallaryň kolloid ýagdaýy bilen aňladylar. Aşakda toýunsow bölejikleriň biri-birine täsirine seredip geçeliň.

Toýunsow jynslar suwda emele gelýär. Şeýle ýagdaýda toýunyň bölejikleri dissonirlenen ýagdaýda bolup, ergine özleriniň kation berýärler.

Şol bir wagtda olar gidrat plýonkasyny emele getirýän otrisatel zarýady alýarlar. Kationlar hem suwuň molekulalary bilen gurşalan bolýar.



**Surat 3. |Toýun bölekleriniň özara baglanyşgy**

1-kation; 2-suwuň molekulasy (dipol);

I-suwuň fiziki aragatnaşygy II-duzyň diffuziýasy

Shemada görnüşi ýaly fiziki taýdan galtaşýan suwuň plýonkasy daşky otrisatel zarýadly, kationlaryň daşyndaky suwuň molekulalary položitel zarýadlydyr. Şu zarýadlaryň özara baglanyşyk täsiri toýunsow bölekleriniň baglanyşygyny aňladýar. Özara baglanyşygyň güýji suwuň diffuz gatlagynyň galyňlygyna bagly bolýar. Diffuz gatlagyň galyňlygy erkin suwuň hasabyna ulalsa toýunsow jynsynyň baglanyşyklylygy peselip, onuň sugaryp akmaklyk häsiýeti ýokarlanýar. Diffuz gatlagyň galyňlygy peselse özara baglanyşygyň güýji ýokarlanýar we toýunsow jynsnyň berkligi artýar. Diffuz gatlagyň bolmagy toýunyň şepbeşikligini (çeýeligini) ýokarlandyrýar. Toýunsow jynslar guradylanda olar gaty ýagdaýa geçýärler. Şeýlelikde özünde bar bolan suwuň möçberine görä toýunsow jynslar: gaty, şepbeşikli ýa-da sugaryp akyn barýan ýagdaýda bolýarlar. Sementler öz düzümleri boýunça: kremnili, karbonatly, sulfatly, demirli, toýunly, bituminozly bolup bilýärler. Gurluşy boýunça (emele gelşi boýunça) dört görnüşli semendi görkezmek bolar:



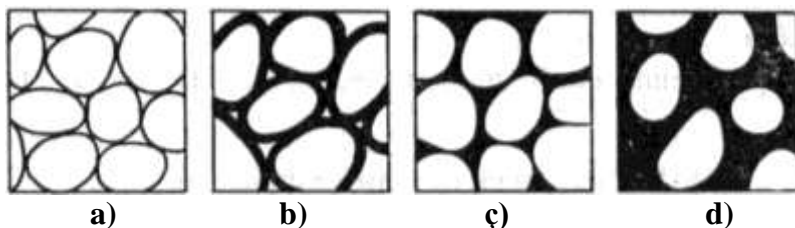
1) kontaktly- bölejikler biri-birine degip kontakt eden ýerlerinde emele gelýär.

2) plýonkaly- her bir bölejigiň daşy plýonka bilen örtülen bolýar. Eger sementiň düzümi hem bölejigiň düzümine meňzeş bolsa oňa regenerasion ýa-da ösüji sement diýip atlandyrylýar.

3) boşlupdaky-sementleýji jisim bölejikleriň arasyndaky boşlugy doldurýar.

4) bazalnyý-bölejikler misli sementleýji madda çümdürilen ýaly we öz biri-biri bilen kontaklaşmaýar. Toýunsow jynslarda dykyzlanma prosesinde suwy gysyp çykarmak hadysasy bolup geçýär. Bölejikleriň kontaklaşýan ýerlerinde gips, kalsit demir duzlary galyp toýunsow jynsy sementlemek hadysasy bolup geçýär.

4 suratda sementleriň görnüşleri görkezilen.



#### **Surat 4. Sement jynslarynyň böleginiň görnüşi**

a – galtaşayan; b-plýonkaly; ç – öýjükli; d - bazalny

Toýunsow jynslaryň düzüminiň üýtgemegi olaryň degidratasiýasy bilen bagly bolýar. Mineral dänejikler, döwürler, boşlup we jaýryklar öz ölçegleri we ýerleşiş boýunça tötänleýin häsiýete eýedir. Bu bolsa dag jynslarynyň bir görnüşli däldigini aňladýar, hem-de burawlamakda olaryň häsiýetine güýçli täsir edýär.

Düzüminiň dürlüligi we anizotropiýa häsiýeti umumy usul saýlanyp alynanda we hasap çykarylanda kynçylyk döretýär. Burawlamagyň usulyny saýlap almak üçin dag

jynslarynyň mehaniki häsiýetlerini hasaba alyp, işlemegiň usulyny saýlap almak üçin bir näçe usullar peýdalanylýar.

Guýyny burawlamakda dag jynsynyň häsiýetinde onuň udel we göwrüm agramy anyklamak uly ähmiýete eýedir.

Udel agram diýilip dag jynsynyň birliginiň göwrüm skletine aýdylýar.

Göwrüm agramy-jynsyň tebigi ýagdaýda jynsyň birliginiň göwrümüne diýilýär.

Göwrüm agramy  $\gamma_0$  udel agram  $\gamma$  we jynsyň boşlugynyň suwuklyk bilen doly doýurlanda aşakdaky ýaly hasaplanýar.

$$\gamma_0 = \gamma - m(\gamma - \gamma_z)$$

$m$  – jynsyň boşlugy;  $\gamma_z$ -boşlukdaky suwuklygyň udel agramy.

Dag jynsynyň dykzlygy diýilip massanyň göwrümüne bolan gatnaşygyna aýdylýar.

Bir näçe dag jynslarynyň dykzlygynyň bahalary aşakdaky №1 tablisada görkezilen.

**Tablisa 1**

**Çökündi dag jynslarynyň dykzlygy**

Jynslaryň atlary	$\rho, \text{g/sm}^3$		Jynslaryň atlary	$\rho, \text{g/sm}^3$	
	dan	çenli		dan	çenli
Çägeler	2,40	3,20	Hekler	2,41	2,98
Alewritler	2,40	3,04	Dolomitler	2,55	3,19
Argillitler	2,63	2,86	Angidritler	2,72	2,99
Mergeller	2,37	2,92	Daş duzy	2,10	2,20

Udel agram we dykzlyk aşakdaky baglanyşykda aňladylýar.

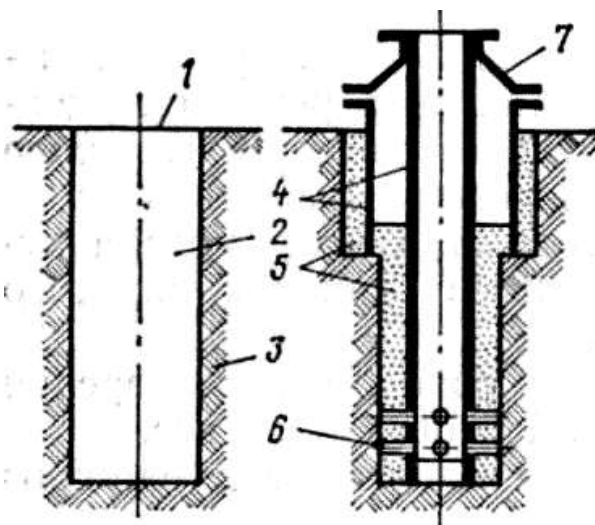
$$\gamma = g\rho$$

$g$  - erkin gaçmagyň tizlenmesi;  $\rho$  - dag jynsynyň dykzlygy.

#### **§ 4. Guýy, dag jynslarynyň owranmasynyň usullary we guýyny burawlamagyň usullary**

Adam girmesizden ozal ýöriteenjamlaryň kömegi bilen dag jynsynda silindr görnüşli gazylyan guýa (skwažina) dilýilýär. Ol örän çuň uzynlygy (birnäçe mün) we örän kiçi diametri bilen häsiýetlenýär.

Surat 5a : Guýynyň agzy 1, sütüni 2 we düýbi bolýar. Guýynyň sütünine diwar diýilýär. Gutarygan görnüşde guýy ýerin gabygynda ýeriň astyndan suwuk ýa-da gaz görnüşli peýdaly zatlary almak üçin ýa-da başga maksatlar üçin niýetlenen bolýar. Diwarlary berkitmek üçin oturtma turbalar 4, ulanylýar, gatlaklar biri-birinden sementlemek 5 arkaly üzňeleşdirilýär. Ol sementler oturtma truba bilen diwaryň arasyndaky boşlugy doldurýar. Önüm beriji gatlagyň garşysynda trubada w sementde deşik-süzüji 6 goýulýar we önüm beriji gatlakdan guýa önüm geçirýaly edilýär. Guýynyň agzynda 7 guýa goýberilýän nebit enjamlary oturdylýar. Guýy gazylanda dag jynsyny owratmak üçin sarp edilýän güýje baglylykda bir näçe usullar ulanylýar. Olaryň esasylary: mehaniki, elektrofiziki we termikiýdir. Ýöne häzirki wagtda nebit we gaz üçin burawlanýan guýylarda esasy mehaniki usuly, ýagny jynsy owradyjy dolotolar, golowkalar we koronkolar ulanylýar. Mehaniki usul bilen owradylanda dag jynsa urgy we aýlanma usullary amala aşyrylýar. Aýlanma usulynda dag jynsda aýlanýan dolotonyň kömegi arkaly owradylýar. Dolotony aýlamaklyk ýeriň üstünde oturdylan rotoryň ýa-da dolotaly edip üstünde oturdylan düýp dwigateliň kömegi arkaly amala aşyrylýar. Urgy usuly bilen owradylanda dolota ýokaryk-aşak hereket edýän hereket berilýär. Urgy we aýlanma usullary birikdirilip burawlamakda aýlanma – urgy usuly emele gelýär.



**Surat 5. Guýynyň şekili**

a - dag işleri işlenen; b - doly gurnalan

Nebit we gaz dälde gaty görnüşli ýataklar işlenende dag jynsyny suw çüwdürilme usuly (gidromonitor) ulanylýar. Dag jynsyny çüwdürim bilen owratmaklyk burawda guýyny ýuwujy ergini bilen ulanmaklyk hem amala aşyryp bolýar. Ýöne tejribäň görkezişi ýaly gidromonitor usulyny saklaw dag jynslaryny owratmak üçin ulanyp bolýar. Şonuň üçin burawda esasy üns kombinirlenen usuly ulanmaklyga ýykgyň edilýär: gidromehaniki – erginiň çüwdürimi mehaniki usul bilen owradylan jynsy böleklere bölýär. Erozionnyý – jynsy owratmaklyk düzüminde abraziw bölejikler bolan çüwdürim bilen (köplenç kwars çägesi) ulanylýar hem-de gidromonitor doloto bilen amala aşyrylýar. Gidromonitor dolotasy bilen owratmaklyk giňden ulanylýar. Bu usulda esasy doloto bilen jynsy owratmaklyk, ol erginiň çüwdürimi bolsa işlemek üçin amatly ýagdaýy döretýär.

## I-nji BAP. BÜTEWI SREDAN MEHANIKASYNYŇ ESASLARY

### §1. Esasy düşüňjeler we anyklamalar

Gaty jisimiň mehaniki häsiýeti – jisimiň içki gurluşynda tebigat tarapyndan emele gelen we oňa mehaniki hadysalar täsir edende ýüze çykyan aýratyn alamatlary anladýar. Bulara jisimiň gatylygy, çeyeligi, şepbeşikligi, süýşmekligi girýär. Bar bolan gaty jisim üçin onuň ölçegleriniň özüni emele getirýän elementleriň ölçeginden kän uly bolany üçin, matematiki taýdan aňladylanda olar bütewi hökmünde kabul edilýär.

Deformasiýa (görnüşiniň we ölçegiň üýtgemegi). Gaty jisimiň deformasiýasy diýilip jisime daşky güýçler täsir edeninde onuň görnüşiniň we ölçeginiň üýtgemegine aýdylýar. Jisim bir zat hökmünde kabul edilen gipoteza görä deformasiýadan soň hem şol bütewiligine galýar we onuň düzüminde ýolunmaklyk ýa-da boşluk bolmaýar. Çeýe (öwrülýän) deformasiýa diýip jisime täsir etýän daşky güýçler aýrylsa ol ýene-de öňki görnüşine gaýdyp gelýär. Ýagny jisimiň içinde edil daşky täsir eden güýje kybapdaş güýç ony öňki görnüşine getirýär.

Süýşmeklik deformasiýasy (öwrülmeýän) diýip - jisime täsir edýän daşky güýç aýrylanda hem jisim öňki görnüşine gaýdyp gelmeýär.

Jisimiň deformirlenmäge garşylygy, seredilýän kesimde kabul edilen nokatda ululygynyň içki birmeňzeş güýji **dR** gatnaşygy arkaly aňladylýar.

$$\frac{\vec{dR}}{ds} = \vec{P}$$

$\vec{P}$  - wektor ululygy bolup oňa nokatdaky dartgynlylyk diýilýär. Jisimiň bütewiligi baradaky gipoteza laýyklykda dartgynlylyk we deformasiýa koordinatynyň üznüksiz funksiýalary hasaplanýar. Eger deformasiýada arabaglanyşyk ýolunsa jisim

owranýar. **Ýeňil owranmak** diýip owranmaga getirýän deformasiýa ýok bolsa aýdylýar.

**Ýolunmaklyk** – owranmagyň bu görnüşi gaty jisim deformasiýa netijesinde sozulyp – inçelip belli bir derejä baranda bolýar. Ýeňil owranmaklyk we ýolunmaklyk owranmagyň anrybaş çäkleri hasaplanýar.

**Süýimeklik owranmasy** – bu aralyk görnüş bolup, öwrülmeýän deformasiýaň uly ýagdaýynda eýýäm jisimiň daş ýüzüniň owralyp başlamagy bilen häsiýetlendirilýär. Gaty jisimiň daşky güýçler zerarly owranmaklygynyň garşy güýjüne **berklik** diýilýär. Gaty jisimler zygydiderli güýç täsir edip dursa, onda olar bir gezek deformasiýa etdirmek üçin, berilýän güýçden pes bolan güýçde owranýär. Beýle ýagdaýa gaty jisimiň materialynyň **ýadawlygy** diýlip at berilýär. Jisime täsir etýän güýç näçe ýygy bolsa owradyjy güýjiň ululygy peselýär. Owunjak bölejikleriň berkligi uly bölekleriňkiden ýokarlygy synag taýdan subut edilendir. Bu ýagdaýa masştab faktory diýilýär. Bölejikleriň ölçegi 0,1-0,5mm kiçi bolan ýagdaýynda berklik has hem ýokary bolýar.

Mehaniki hadysalary öwrenmekligiň usullary gaty jisimleriň modelleri.

Gaty jisimiň belli şertlerde özüni alyp baryşy – jisimiň özüni barlamak usuly, onuň modelini barlamak we hasaplamak usullary boýunça öwrenip bolýar. Birinji usul- iň ynamly göwnejaý, ýöne örän köp zähmet talap edýär we hemme wagt mümkin bolmayar.

Ikinji usul gaty göwnejaý däl, ýöne mydama geçirip bolýar. Ol meňzeşlik teoriýasyna we mehanikada modelirlmek usulyna esaslanýar we tejribe barlaglarynda giňden ulanylýar.

Üçünji metod az zähmet talap edýär, takyklygy juda pes. Onuň esasynda bütewi sredanyň mehanikasynda gaty jisimi matematiki modelirlmek usuly ýatyr. Munuň üçin hemme gaty jisimleri deformasiýalary we owranmak

aýratynlyklary boýunça toparlara bölýärler. Her topar üçin aňrybaş matematiki model döredilýär.

Esasy modeller aşakylardyr:

1) çeyé jisim ýa-da Gukuň jisimi (owranýança çeyé deformirlenýär)

2) aňrybaş süýnüji (sozylyjy) jisim (aňrybaş dartgynlylygyň ululygyna çenli çeyé deformirlenýär, soňra hemişelik dartgynlylykda sozulyp deformirlenýär)

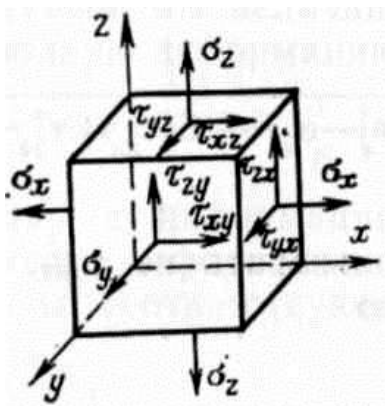
3) şepbeşik jisim ýa-da Nýutonyň jisimi (şepbeşik suwuklygyň deformirlenişi ýaly).

Gaty jisimleriniň mehaniki häsiýetleriniň görkezijilerine esasy modelleri parametrleri diýilýär. Modelleriň görnüşleri laýyklykda toparlary: çeyé, süýnüji, reologiki (şepbeşikli) we berkligi görkezýän häsiýetlere bölýärler. Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleriniň görkezijilerini barlagyň şertinden başga şertde kesgitläp bolmaz. Häsiýetiň görkezijileri diňe barlag şertinde olaryň ýüze çykmasyny görkezýär we olar esasy şerte ylaýyk barabaz dälidirler. Şonuň üçin mehaniki häsiýetleri barlamak usuly we şertleri standartlaşdyrylandyrlar (düzgünleşdirilendirler).

## **§ 2. Gaty jisimiň deformirlenýän çeyé böleginde dartgynlylyk we deformasiýa**

Çeyé gaty jisim ýönekeý giňden ýaýran gaty jisimiň modeli bolup onuň esasy alamaty daşky güýjiň täsiri aýrylanda deformasiýanyň galmaýanlygy hem-de güýç täsir eden-de deformirlenmek işiniň güýjüň täsiri aýrylanda öňki kaddyna gelmek işine deňligi bolup durýar.

Nokatda dartgynly ýagdaý. Çeyé jisim daşky güýjüň täsiri astynda bolýar. Haýsy hem bolsa bir nokatda dartgynlylygy kesgitlemek üçin şol nokadyň töwereginde kub kesip alýarys (surat 6).



### Surat 6. Dartgynlygyň komponenty

Jisimiň başlanan böleklerindäki täsiri kubuň granlaryndaky dartgynlylyk bilen çalşyryars we koordinatasyna parallel taraplara dargatýars.

Kubuň granlaryna garşy bolan dartgynlylyk adaty dartgynlylyk diýilýär we  $\sigma$  bellenilýär, granyň tekizliginde hereket etýän dartgynlyga – **galtasyjy dartgynlylyk** diýilýär we  $\tau$  bellenilýär

$$\tau_{xz}=\tau_{rx}; \quad \tau_{yz}=\tau_{zy}; \quad \tau_{xy}=\tau_{yx}$$

Şeýlelikde nokadyň dartgynly ýagdaýy dartgynlylygyň alty bölegi bilen aňladylýar:  $\sigma_x$ ;  $\sigma_y$ ;  $\sigma_z$ ;  $\tau_{xz}$ ;  $\tau_{yz}$ ;  $\tau_{xy}$ . Kubuň granlary üçin ugur saýlanylyp alynsa  $\tau_{xz}=0$ ;  $\tau_{yz}=0$  we  $\tau_{xy}=0$ . Onda kubuň granlary esasy meýdançany emele getirerler we olara gabat gelýän adaty dartgynlylyklar esasy adaty dartgynlylyk diýilip atlandyrylar we  $\sigma_1$ ;  $\sigma_2$ ;  $\sigma_3$  hem-de  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ .

3 sany garşylyklaýyn (perpendikulýar) tarapa täsir etýän adaty dartgynlylygyň jemi hemişelik ululykdyr.

$$\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 3\sigma_0 \quad (I.1)$$

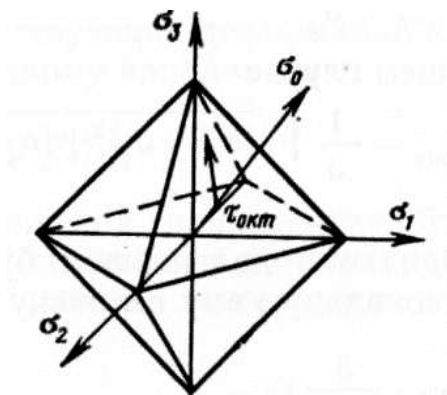


$\sigma_0$  – ortaça adaty dartgynlylyk (nokatda gidrostatiki basyş).

Esasy adaty dartgynlylyk bilen bir hatarda üçünji esasy dartgynlygyň üstünden geçýän hem-de iki esasy dartgynlygy deň bölýän burçuň meýdançasynnda täsir edýän esasy galtaşma dartgynlylygyna hem seredilýär. Olaryň ululyklary aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2} \\ \tau_2 &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ \tau_3 &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}\end{aligned}\quad (I.2)$$

Oktaedr dartgynlylygy. Esasy dartgynlylygyň ugru boýunça koordinatasyndaky ýaly oktaedr ýasalyň (surat 7).



**Surat 7. Oktaedriki dartgynlylyk**

Oktaedriň granynda hereket edýän esasy dartgynlylyk deňdir

$$\sigma_{\text{okt}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \sigma_0 \quad (\text{I.3})$$

Oktaedriň granlaryndaky galtaşma dartgynlylygyň ululygy

$$\tau_{\text{okt}} = \frac{2}{3} \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2}$$

ýa-da esasy adaty dartgynlylygyň üstünden

$$\tau_{\text{okt}} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2} \quad (\text{I.4})$$

Umumy ýagdaýda

$$\tau_{\text{okt}} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)} \quad (\text{I.5})$$

Emma gelekde  $\tau_{\text{okt}}$  ulanmak oňa proporsional ululygy  $\sigma_i$  ulanyp  $\sigma_i = \frac{3}{\sqrt{2}} \tau_{\text{okt}}$  ulanarys we muň galtaşma dartgynlylygyň ýygylgy diýilýär.

(1.4) deňlemä meňzeşlikde

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2} \quad (\text{I.6})$$

Şunluk bilen birokly sozulmada  $\sigma_i = \sigma_1$ , birokly gysylmada bolsa  $\sigma_i = \sigma_3$  görkezmek kyn bolmaýar.

Şeýlelikde oktaedrik dartgynlygy ulanmaklyk nokatda dartgynlylyk ýagdaýyny iki goşulyjy bilen  $\sigma_i$  we  $\sigma_0$  häsiýetlendirmek bolýar.

**Gukyň umumylaşdyrylan kanuny.** Süýimeklik we gysylmaklyk deformasiýasy  $\varepsilon$  bilen bellenilýär. Gukyň

kanuny laýyklykda deformasiýanyň ululygy adaty dartgynlyga göni proporsionaldyr.

$$\varepsilon = \sigma / E \quad (I.7)$$

$E$  – süýimekde we gysylmakda deformasiýanyň moduly (Ýunguň moduly).

Goý gaty jisim daşky güýçleriň täsiri astynda bolsun. Jisimiň göwrüminden bölünip çykan dartgynlyk kubuň  $L$  sanly granlarynda deň paýlanan. Şonda wertikal ýagdaýda basýan güýjiň täsiri astynda kubuň beýikligi  $\Delta L$  ululyga barabar üýtgär, deformasiýany düzüji:

$$\varepsilon'_z = \frac{\Delta L}{L} = \sigma_z / E$$

$\varepsilon'_z$  ululyga proporsionallykda kubuň kese ölçegi hem üýtgär; ýagny  $\varepsilon'_x = -\mu \varepsilon'_z$  we  $\varepsilon'_y = -\mu \varepsilon'_z$ . Şunlukda gorizonta güýjiň täsiri astynda deformasiýa

$$\varepsilon''_x = \sigma_x / E; \varepsilon''_y = -\mu \varepsilon''_x; \varepsilon''_z = -\mu \varepsilon''_x$$

we

$$\varepsilon'''_x = \sigma_y / E; \varepsilon'''_y = -\mu \varepsilon'''_x; \varepsilon'''_z = -\mu \varepsilon'''_x$$

$\mu$  - Puassonyň koeffisiýenti bir güýjiň özara perpendikulýar ugurda döreden deformasiýasyny baglaýjydyr.

Deformasiýalaryň ululyklaryny goşup berlen ugurdaky umumy deformasiýany taprýarys.

$$\varepsilon_z = \varepsilon'_z + \varepsilon''_z + \varepsilon'''_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

Süýnmek we gysylmak deformasiýalary bilen bir hatarda süýşmek deformasiýasy  $\gamma$  hem bolar, onuň ululygy galtaşma dartgynlyga proporsionaldyr.

$$\gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G}, \quad (I.8)$$

$G$  – süýşmekdäki deformasiýanyň moduly

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (I.9)$$

Daşky güýçleriň täsiri astynda diňe görnüş we ölçegler üýtgemän, jisimiň göwrümi üýtgeýär. Gaýtam göwrüm deformasiýasy  $\varepsilon_V$  aralyk dartgynlyga proporsionaldyr .

$$\varepsilon_V = \Delta V/V = \sigma_0 k \quad (I.10)$$

$\Delta V$  – kubuň daşky guýjüniň täsiri astynda göwrüminiň üýtgemegi;

$V$  – kubuň başky göwrümi;  $k$  – göwrüm deformasiýasynyň moduly

$$k = \frac{E}{3(1-2\mu)} \quad (I.11)$$

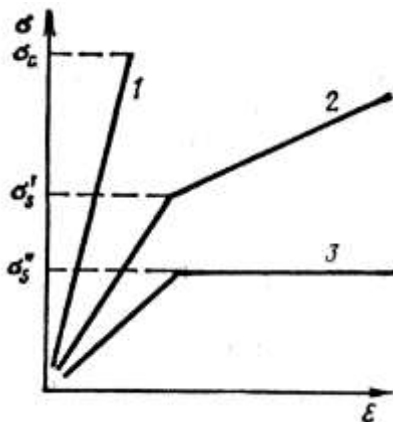
Şeýlelikde ýedi deňlemenden ybarat gaty jisimiň çee modeliniň göwrüm deformasiýasyny we dartgynlygy baglanyşdyrýan ulgamy alarys.

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]; & \gamma_{xy} &= \tau_{xy}/G \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)]; & \gamma_{yz} &= \tau_{yz}/G \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]; & \gamma_{xz} &= \tau_{xz}/G \\ \varepsilon_V &= \frac{1}{3k} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \end{aligned}$$

(I.12) deňlemeler ulgamy Gukuň umulaşdyrylan kanuny diýilýär. (I.12), (I.9) we (I.11) deňlemeden görnüşi ýoly çeyje jisimiň çeyelik häsiýetiniň görkezijisi Ýunguň moduly we Puassonyň koeffisiýenti (ýagny iki görkeziji bilen) häsiýetlendirilýär. Ýöne bu deňlemeler diňe izotrop çeyje jisim üçin jisimler bilen işlemeli bolýar, bu bolsa matematiki taýdan barlagy kynlaşdyrýar.

### §3. Deformirlenmegiň (görnüş üýtgetmegiň) plastiki (süýşmek, maýyşgaklyk) ýerinde dartgynlygy we deformasiýasy

Gukyň kanunyny diňe kiçi sähelçe deformasiýalar üçin ulanyp bolar. Ondan soňky deformasiýalar ýa-da port owranmaklyga, ýa-da deformasiýa bilen dartgynlygyň baglanyşygynyň ýitmegine (pozulmagyna), hem-de maýyşgak (öňki durkyna öwrülmeýän) deformasiýanyň bolmagyna getirýär. Deformasiýanyň dartgynlygynyň funksiýalarynyň görnüşine baglylykda aňrybaş maýyşgak we berkeýän port-ejiz jisimler bolýar (surat 8).



**Surat 8.**

- 1 - port jynsnyň deformasiýasynyň dartgynlygyna bagly grafiki;  
2 –berkleşen; 3 - jisim (tel)

Görnüşine görä port-ejiz jisimler owranýança çeyé deformirleýärler. Aňrybaş maýyşgak jisimler birsydyrgyn dartgynlylykda deformasiýanyň ösmegi bilen häsiýetlendirilýär, eger-de dartgynlylyk (akmaklyk çägi  $\sigma_s$ ) bolsa.  $\sigma_s$  çäkten – ýagny akmaklyk çäkten ýokary bolsa. Berkeýän-gataýan jisimler bolsa dartgynlylyk materiallyk akmaklyk çaginden ýokary bolsa deformasiýanyň dartgynlylygyna baglylykda görnüşini üýtgetmek bilen häsiýetlendirilýär, ýöne deformasiýany güýçlendirmek üçin dartgynlygy – güýji köpeltmeli bolýar. Dartgynlylygyň akmaklyk çaginden ýokary bolan töwreginiň çägene **maýyşgaklyk** diýip at berilýär.

Deformasiýany we dartgynlygy baglanyşdyrýanlar.

**Genkiň deňlemesi:**

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\varepsilon_V}{3} = \frac{H}{2G} [\sigma_x - \sigma_0]; & \gamma_{xy} &= \frac{H}{G} \tau_{xy} \\ \varepsilon_y &= \frac{\varepsilon_y}{3} = \frac{H}{2G} [\sigma_y - \sigma_0]; & \gamma_{yz} &= \frac{H}{G} \tau_{yz} \\ \varepsilon_z &= \frac{\varepsilon_z}{3} = \frac{H}{2G} [\sigma_z - \sigma_0]; & \gamma_{zx} &= \frac{H}{G} \tau_{zx}\end{aligned} \quad (I.13)$$

**H** – maýyşgaklyk moduli; **G** – süýşmekde deformasiýanyň moduli. Maýyşgaklyk moduly üýtgäp durýan ululyk bolup ol nokatdaky dartgynlylygyň ýagdaýyna bagly bolýar. Bu bolsa öz gezeginde maýyşgaklyk deformasiýasynyň geçýän ýeri üçin analitik çözütden tapmagy kynlaşdyrýar.

Göwrüm deformasiýasy aralyk adaty dartgynlyga proporsional bolup ol tä owranmak momentine çenli çeyé we maýyşgaklyk ýagdaýlary üçin hem (1.10) deňlemesi bilen aňladylýar. Şonuň üçin dag jynslarynyň köpüsi üçin mehaniki meselelerde **εv** ululygy hasaba almasaň hem bolýar şonda:

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0 \quad (\text{I.14})$$

şu deňleme Genkiň deňlemesini ulanmazdan bir topar meseleleri çözmäge mümkinçilik berýär.

Çeýe deformasiýadan maýyşgak deformasiýa geçilýän wagtda gaty jisimde dartgynlyk ýagdaýynyň ýokary çägene ýetilýär. Dartgynlyk döretmegiň her dürli şertlerinde şu ýagdaýy aýdyňlaşdyrýan görkezijini tapmak örän ähmiýetlidir.

Häzir gaty jisimiň çeýe ýagdaýdan maýyşgak ýagdaýa geçýän pursatyny barlagyň netijeleri esasynda seredip geçeliň.

### **Tresk-Sen-Wenal şerti.**

Fransuz inženeri Tresk jisimiň hemme nokadynda galtaşma dartgynlygy belli bir çäge ýetensoň maýyşgaklyk ýagdaýy başlaýar diýen çaklamany aýdýar. Soňra Sen-Wenal bu şerti şeýle aňladýar:

$$2/\tau_2 = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_s \quad (\text{I.15})$$

$\sigma_s$  – ýönekeý sozulmakda materialyň akmaklyk çägi.

**Mizesiň şerti.** Mizesiň şertine görä maýyşgaklyk haçanda jisimiň materialyna mahsus görnüş üýtgediji çeýe udel energiýa bellibir ululyga ýetende başlaýar.

Udel çeýe deformirleýän energiýa:

$$U = \frac{1}{2} (\sigma_1 \varepsilon_1 + \sigma_2 \varepsilon_2 + \sigma_3 \varepsilon_3) = \frac{1}{2E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) \quad (\text{I.16})$$

$U$  – ululygy göwrümiň çeýe üýtgemesiniň  $U_0$  we görnüşiniň çeýe üýtgemesi

$U_f$ -laryň energiýalarynyň jemi diýip kabul edeliň.

$$U_0 = \frac{1}{2} \varepsilon_v \sigma_0 = \frac{3}{2E} (1 - 2\mu) \sigma_0^2 \quad (\text{I.17})$$

Şonda göwrümiň çeýe üýtgemesiniň udel energiýasy:

$$U_f = U - U_0 \quad (\text{I.18})$$

(1.18) deňlemä (1.16 we 1.17) aňlatmanyň görkezijilerini goýup we degişli üýtgetmeleri goýup aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$U_f = \frac{1}{6G} \sigma_i^2 \quad (\text{I.19})$$

(1.19) aňlatmadan görnüşi ýaly gaty jisimiň çeye ýagdaýdan maýyşgak ýagdaýa geçmek wagtynyň ýokary çägi galtaşma dartgynlygyň ýygylgynyň ululygy bilen kesgitlenýär.

Mizeniň şerti üç esasy dartgynlyk üç okly dartgynlyk ýagdaýy bolanda Tresk-Sen-Wenalyň şertine garaňda gowy netije berýär.

#### §4. Berklik teoriýasy

Gaty jisimleriň berkliginiň barlagy köplenç standart şertlerde geçirilýär. Gaty jisimiň berkligini anyk hasaplamak wagtynda onuň dartgynly ýagdaýy dürli-dürli bolup bilýär. Häzirki wagtda ulanylýan berklik teoriýalary az-owlak nätaklyklyk bilen standart barlaglarda geçirilen maýyşgaklyk we çeyelik görkezijilerine esaslanyp hasaplama geçirmäge mümkinçilik berýär. Häzirki zaman berklik teoriýasy konstruksion materiallar üçin niýetlenen, şonuň aňry çäk ýaydaýy diýilip gaty jisimiň akmaklyk çägi kabul edilendir.

Berkligiň klassiki teoriýasy. Berkligi barlamaklyk **Leonardo da Winçi** we **Galileý** tarapyndan geçirilen diýilip hasap edilýär. Ol barlaglar ilkinji berklik teoriýasynyň döremegine getirýär. Bu teoriýa görä aňryçäk ýagdaýy esasy dartgynlygyň haýsam bolsa aňryçäge ýetende bolýar diýilip hasap edilýär.

$$\begin{aligned} -\sigma_P &< \sigma_1 < \sigma_P \\ -\sigma_P &< \sigma_2 < \sigma_P \\ -\sigma_P &< \sigma_3 < \sigma_P \end{aligned} \quad (\text{I.20})$$



$\sigma_P$  – dartgynlylygyň bir okly sozulmasynda (+) ýa-da gysylmasynda (-) alynan aňryçäk görkezijisidir.

Ikinji berklik teoriýasyna görä aňryçäk ýagday haçanda esasy dartgynlylyk aňryçäk ýagdaýa ýetende bolýar. Gukun umumy kanunyny ulanmak bilen bu şerti adaty dartgynlylyklaryň üsti bilen aňlatmak bolýar.

$$\begin{aligned} -\sigma_P < \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) < \sigma_P \\ -\sigma_P < \sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3) < \sigma_P \\ -\sigma_P < \sigma_3 - \mu(\sigma_2 + \sigma_1) < \sigma_P \end{aligned} \quad (I.21)$$

Ýöne birinji hem ikinji berklik teoriýalary hiç ýerde ulanylmaýar, olar diňe taryhy ähmiýetlidirler. Üçünji berklik teoriýasyna görä owranmak hadysasynda ýa-da maýyşgak ýagdaýa ýetmekde esasy rol galtaşma dartgynlylyga degişlidir.

Berklik şerti aşadaky ýaly bolýar:

$$\begin{aligned} -\tau_P < \tau_1 < \tau_P \\ -\tau_P < \tau_2 < \tau_P \\ -\tau_P < \tau_3 < \tau_P \end{aligned} \quad (I.22)$$

Galtaşma dartgynlylyklary (1.2) deňlemäniň üsti bilen aşadakyňy alýarys.

$$\begin{aligned} -\sigma_P < \sigma_2 - \sigma_3 < \sigma_P \\ -\sigma_P < \sigma_1 - \sigma_3 < \sigma_P \\ -\sigma_P < \sigma_1 - \sigma_2 < \sigma_P \end{aligned} \quad (I.23)$$

(1.23) we (1.15) aňlatmalardan görnüşi ýaly üçünji berklik teoriýasy Tresk-Sen-Wenalyň şertine gabat gelýär. Şonuň üçin bu teoriýa tehnikada giňden ulanylýar. Dördünji ýa-da energetiki berklik teoriýasynyň çaklamasy owranmak ýa-da maýyşgak ýagdaýa ýetmeklik haçanda görnüş üýtgetmekligiň udel energiýasy aňryçäk ýagdaýa ýetende bolýar diýilip hasaplanylýar.

Esasy adaty dartgynlyklaryň üsti bilen bu şert şeýle ýazylýar:

$$2\sigma_p^2 \geq (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \quad (I.24)$$

(1.19) aňlatmany esasy dartgynlygynyň üsti bilen ýazalyň

$$U_f = \frac{1}{12G} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2] \quad (I.25)$$

Birokly süzülme ýagdaý üçin  $\sigma_1 = \sigma_i = \sigma_p$ ,  $\sigma_2 = 0$ ,  $\sigma_3 = 0$  alarys. Şonda görnüş üýtgetmegiň  $U_{f,p}$  aňryçäk energiýasyny (1.19) deňlemäniň üsti bilen kesgitläris  $\sigma_i = \sigma_p$  bolmak şerti bilen alarys.

Berklik teoriýasyna laýyklykda  $U_{f,p} \geq U_f$ ;  $U_f$  we  $U_{f,p}$  bahalaryny (I.25) we (I.19) aňlatmadan alyp şu deň dældige goýup (I.24) aňlatmany alýarys. Şeýlelikde energetiki berklik teoriýasy Mizesiň şertine gabat gelýär. Kitaplarda bu teoriýa Guberiň-Mizesiň-Genkiniň teoriýasy diýip at berilen. Bu teoriýa üç okly dartgynly ýagdaýlar üçin tehnikada giňden ulanylýar.

Klassiki berklik teoriýasy diňe owranmaklyga garşylygy birmeňzeş ýa-da akmaklyk çägi bir okly synagda süzülmeý ýa-da gysylmagy meňzeş bolan izotrop materiallar üçin ulanmak bolýar. Dag jynslary bölekleri beýle däl. Ýöne gaty jisimleriň dartgynly ýagdaýyny şu teoriýalar bilen derňelende alyn- ýan aňryçäk ýagdaýynyň häsiýetleriniň meňzeşligi bu teoriýalary ulanmaklygy amatly edýär. Şu ýagdaý dag jynslaryny hil taýdan derňelende üçünji we dördünji berklik teoriýasyny ulanmaklyga amatly bolýar.

**Moruň berk teoriýasy** klassiki teoriýalardan tapawutlylykda aňryçäk galtaşma dartgynlylygy orta dartgynlylyk bilen baglanyşdyrýar süzülmeýde we **gysylmakda** aňryçäk ýagdaýlary gabat gelmeýän materiallar üçin giňden ulanylýar.

$$\tau_p = f(\sigma_{sr}) \quad (I.26)$$

$\tau_d$  = galtaşma dartgynlygyň aňryçäk bahasy

$$\tau_P = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (I.27)$$

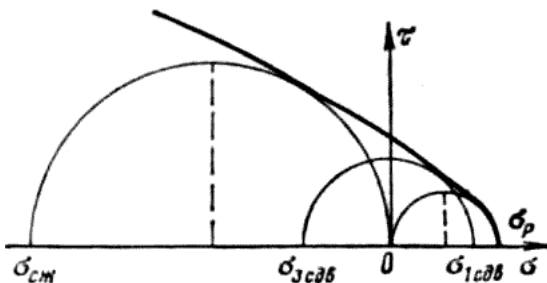
$\sigma_{od}$  – ortalyk dartgynlylyk

$$\sigma_{sr} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (I.28)$$

(I.26) baglanyşygyň görnüşini kesgitlemek üçin birnäçe garaşsyz barlaglar geçirmek zerur; Meselem:

- 1) süzülme  $\sigma_1 > 0; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$ ;
- 2) süýşmek  $\sigma_1 = -\sigma_3; \sigma_2 = 0$ ;
- 3) gysylmak  $\sigma_1 = \sigma_2 = 0; \sigma_3 < 0$ .

Barlaglar netijesinde alynan we Moryň tegelegini aýlanyp geçýän egri çyzyk baglanyşygyň grafikady görkezijisidir (I.26) (surat 9).



**Surat 9. Kenaryň töweregine aýlanmagy**

Egerde  $\tau_d$  ululyk  $\sigma_{od}$  bagly bolmasa, onda Moryň berklik teoriýasy üçünji berklik teoriýasy bilen gabat gelýär. (I.27) we (I.26) deňlemeden görnüşi ýaly Moryň berklik teoriýasy esasy dartgynlylyk  $\sigma_2$  hasaba almaýar bu bolsa onuň ýetmezçiligidir.

Moryň umumylaşdyrylan teoriýasy öňki teoriýasyndan tapawutlylykda hemme üç esasy dartgynlylyklary hasaba alýar we

$$\sigma_{iP}=f(\sigma_0) \quad (I.29)$$

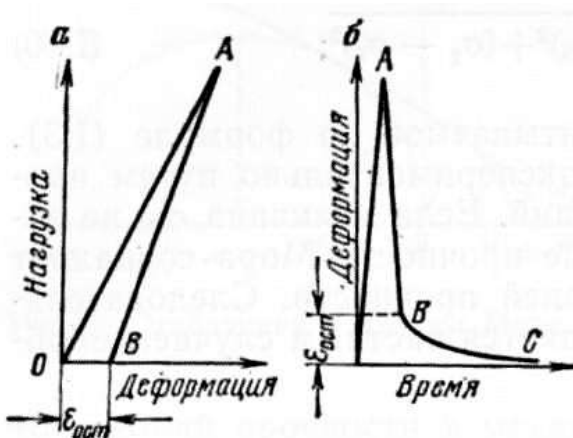
$\sigma_{iP}$  – deňleme boýunça hasaplanylýan galtaşma dartgynlyklaryň aňryçägi.

$$\sigma_{iP} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2} \quad (I.30)$$

$\sigma_0$  – (1.3) deňlemesi boýunça hasaplanalýan ortalyk dartgynlyk.

### § 5. Gaty jisimler deformirlenende reologik häsiýetleriň ýüze çykmasy

Hakykatda bar bolan çäýe gaty jisimler üçin Gukuň kanuny takmynyrak ulanylýar. Hakykatda deformasiýanyň modeli güýçli täsir edende, agramyny aýranyňdakydan ep-äsläkiçi bolýar, bu ýagdaý güýji çalt aýraňda onda galýan deformasiýanyň barlygy bilen düşündirilýär  $\varepsilon_{ost}$  (surat 10a).



**Surat 10. Çäýe gisterezis (a) we çäýeligiň täsirinden soň**

OA- agramyň täsiri; AB-ýüksiz , agramsyz; BS-deformasiýa wagtynda galyndylaryň azalmagy

Bu ýagdaý çäýe **gisterezis** diýilip atlandyrylýar. Wagtyň geçmegi bilen galan deformasiýa ýitýär we gaty jisim öňki ölçegine gaýdyp gelýär. Bu ýagdaýa hereketiň soňy diýip at berilýär. Gisterezis we hereket soňy ýagdaýlaryň ýüze çykmasy, ýagny deformasiýanyň wagta baglylygy bilen ýagny gaty jisimiň reologik (şepbeşiklik) häsiýetiniň ýüze çykmagy bilen düşündirilýär. Bu ýagdaýda gaty jisimiň modelini sap çäýe we şepbeşik jisimleriň goşulma hökmünde göz önüne getirmeli. Aýdaly şepbeşik jisim sap (arassa, garyndysyz, diňe özi) we Nýutonyň içki sürtülme kanuna tabyn bolýar.

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt};$$

$\eta$  - şepbeşiklik koeffisiýent;  $t$  – wagt.

Iki jisim parallel deformirlenende biz aşakdaky aňlatmany alarys:

$$\tau = G\gamma + \eta \frac{d\gamma}{dt} \quad (I.31)$$

Bu deňlemä şepbeşik gaty jisimiň deňlemesi (**Kelwin-Fohtaň jisimi**) at berilýär.

$$\gamma = \frac{\tau_0}{G} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right) \right] = \gamma_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right) \right] \quad (I.32)$$

Bu deňlemeden görnüş i deformasi eksponensiale kanun boýunça hemişelik güýç (dartgynlyk) berilende özüniň aňryçäk bahasyna, ululygyna  $\gamma_0$  golaýlaşýar.

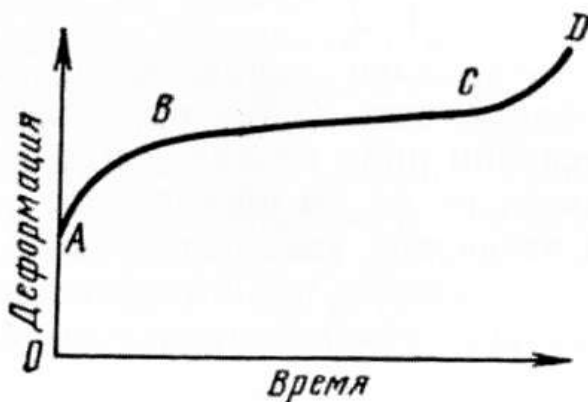
Egerde belli bir wagtda  $t=0$  jisim  $\gamma_0$  ululyga çenli deformirlenen bolsa we  $\tau=0$  (dartgynlyk aýrylýar) onda (I.31) deňleme aşakdaky görnüşe eýe bolar

$$\gamma = \gamma_0 \exp\left(-\frac{G_t}{\eta}\right) \quad (I.33)$$

ýagny eksponensial kanuny boýunça deformasiýa nola 0 düzelýär.

Relaksasiýa we süýşmeklik

Eger-de gaty jisimi belli bir ýagdaýa çenli deformasiýa edip, dartgynly ýagdaýda deformasiýasy üýtgemez ýaly ýagdaýda uzak wagt saklasaň, jisimiň içindeki dartgynlylyk öz-özünden peseler. Bu hadysa dartgynlylygyň relaksiýasy diýilýär. Käbir ýagdaýda gaty jisime uzak wagtlap güýç täsir etse, onda defolýasiýanyň ulalmagy ýüze çykýar. Bu ýagdaýa süýşmek diýilýär.



**Surat. 11 Süýşýän wagtynda deformasiýanyň üýtgemeginiň grafigi**

AB-durnuksyz süýşmegi; BS-durnukly süýşmegi; SD-owranmak

Süýşmeklik deformasiýasynyň hemişelik güýje we temperaturada wagta baglylygy görkezilen süýşmekligiň tizliginiň üýtgemegi üç topara bölünýär. Birinji toparyň çäginde süýşmekligiň tizligi belli bir ululyga çenli peselýär. (durnuklaşmadyk süýşmeklik). Ikinji toparda süýşmekligiň tizligi hemişelik (birsydyrgyn) – durnuklaşan süýşmeklikdir.

Üçünji toparda süýşmekligiň tizligi ýokarlanýar we deformasiýa jisimiň owranmagy bilen tamamlanýar. Hakykatda deformasiýa geçýän wagty dartgynlygyň relaksiýasy we süýşmeklik bir wagtyň özünde ýüze çykýar we gaty jisimiň şepbeşiklik häsiýeti hökmünde seredilýär.

Jisimiň deformasiýa modelini çeyre  $\gamma_y$  we şepbeşik  $\gamma_b$  deformasiýalaryň jemi hökmünde kabul edeliň we ol aşakdaky şert kanagatlandyrmalydyr:

$$\gamma_y = \frac{\tau}{G} \quad \text{we} \quad \frac{d\gamma_b}{dt} = \frac{t}{\eta}$$

Şonda deformirlenligiň tizligi:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{G} \frac{d\tau}{dt} + \frac{\tau}{\eta} \quad (\text{I.34})$$

(I.34) deňleme Makswelliň çeyre şepbeşik jisimini ýazyp beýan etýär.

Egerde  $t=0$  wagtyň momentine jisim  $\gamma_0$  ululyga çenli deformirlenen bolsa hem-de wagta baglylykda üýtgemese: ýagny  $d\gamma/dt=0$ ; onda  $G\gamma_0=\tau_0$  hasaba almak bilen deňleme aşakdaky ýaly bolar.

$$\tau = \tau_0 \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right) \quad (\text{I.35})$$

Bu deňleme dartgynlygyň relaksiýasyny görkezýär.  $T$  – wagtda dartgynlyk “e” gezek peselende bolsa **topary relaksiýany** diýilýär.

(I.35) formuladan gelip çykýar: ýagny

$$T = \eta/G \quad (\text{I.36})$$

Suw üçin  $T = 10_s^{-11}$ . Eger  $t < 10_s^{-11}$  onda suw özüni gaty jisim ýaly alyp barar. Dykyz toýunlar üçin  $T = (8 \div 17) 10_s^5$ . Eger  $t > 17 \cdot 10_s^5$  onda toýuna şepbeşik ergin ýaly seretmeli. Şeýlelikde “gaty” we şepbeşik

diýen düşünjeler ahyrky netije dälde, olara täsir etýän güýjüň wagtyňa baglylykda seretmeli. Egerde  $t=0$  wagtda jisim deformirlenmändir, ol soňra hemişelik güýç täsir etdirilse  $\tau_u$ , onda umumy deformasiýa

$$\gamma = \frac{\tau_0}{G} + \frac{\tau_0}{\eta} t \quad (I.37)$$

(I.37) durnuklaşan süýşmekligiň ýönekeýje deňlemesidir. (I.37) we (I.34) deňlemenki görnüşi ýaly gaty jisimleriň möhüm wagtlaýyn häsiýetleri bolup olaryň şepbeşikligi rol oýnaýar. Umuman jisimiň şepbeşikligi kän zatlar bagly bolýar (temperatura, dartgynly ýagdaýyň görnüşi. Güýjiň täsir edişi we ş.m.).

## §6. Gaty jisimleriň owranmagynyň energetiki kanuny

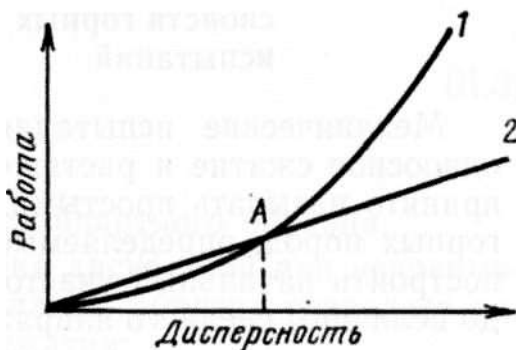
Gaty jisimleri owratmak üçin sarp edilýän energiýanyň aslynda Rittingeriň we Kirpiçewiň owranmagyň energetiki kanunlary ýatýar.

Rittingeriň (1867g.) kanuny boýunça owratmak üçin sarp edilen iş owradylan materiala proporsionalydyr. Kirpiçewiň kanunyna görä, bir görnüşli jisimleri bir meňzeş owratmak üçin olaryň göwrüni ýa-da agramy ýaly üýtgeýär. Bu kanuna kä wagtlar meňzeşlik kanuny hem diýilýär we başgaça aýdanyňda: geometriki taýdan meňzeş jisimleri bir meňzeş dartgynly ýagdaýda owratmak üçin sarp edilen energiýa owradylan jisimleriň göwrümine proporsionalydyr. Bu kanunlara görä mehaniki usulda owradylanda jisimiň fiziki tebigy ýagdaýy üýtgemeyär we owradylan jisim birmeňzeş strukturada galýar. P.A. Rebinde owratmak kanunlaryny birleşdirmegi teklipl edip, ol owratmak üçin ähli iş  $A$ ; owradyljak jisimi deformirmek üçin sarp edilýän  $A_v$  işleriň netijesi bolup Kirpiçewiň kanuny boýunça kesgitlenýär we täze bölegi emele getirmek üçin sarp edilen iş  $A_s$  bolsa Rittingeriň kanuny boýunça kesgitlenýär.



$$A = A_v + A_s \quad (I.38)$$

Owranmak hadysasynda energiýanyň sarp edilişine owranan önümiň dispersnost (jisimiň ölçeglerine ters bolan ululyk) aýgytlaýjy täsir etýär. Bu owradylýan jisim owratmagyň her bölekde emele gelýän bölejikleriň üstleriň meýdany öňki bölekde owradylan bölejikleriň meýdanyndan köpdür. Rittingeriň kanunyna görä dispersnostyň ulalmagy bilen işleriň jemi hem kanuna görä artýar (surat 12).



**Surat 12. Dispersiýanyň owranmagy netijesinde owranma işine baglylygy**

1 - Rittingeriň kanuny boýunça; 2 - Kirpiçewiň kanuny boýunça

Uly ölçegli jisimler owradylanda, ýagny az dispersionly, harç edilýän iş meňzeşlik kanunyna Rittingeriň kanunyna seredeňde köp bolar.

Surat 12 egri çyzyklaryň kesişýän ýeri bölejikleriň ölçeginiň 0,5-1,0mm gabat gelýär. Şonuň üçin guýy burawlamakda bölejikleriň ölçegleri boýunça işiň netijeliligine baha berip bolýar. Şonu burawlamakda bölejikler näçe uly bolsa şonça gowydyr.

## II-nji BAP.

### DAG JISIMLERINIŇ MEHANIKI HÄSIÝETI WE OLARY KESGITLEMEGIŇ USULLARY

#### §1. Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleriniň görkezijilerini ýönekeý barlaglarda kesgitlenişi

Dag jynslarynyň we materiallaryň birokly gysylmasynyň, süýşmesiniň, egilmesiniň бүкүлmesiniň hem-de süýşmesiniň mehaniki barlagyna ýönekeý (sada) barlag diýilýär. Dag jynslarynyň şu barlaglarda kesgitleýän mehaniki häsiýetleriniň görkezijileri  $\sigma_{in}$ -in  $\sigma_u$  hem-de ortaça dartgynlyga çenli aňryçäk baglylygyň başlangyç meýdanyny düzmäge mümkinçilik berýär, ortaça dartgynlyk  $\sigma_u = \sigma_{st}/3$  bolanda hem-de  $\sigma_u$  dag jynslarynda şu ululykdan ýokary bolmadyk ýagdaýynda hasaplama geçirmäge mümkinçilik berýär. Köp halatlarda görnüşleriň mehaniki sada barlagynda görnüşleriň dartgynly ýagdaýy bir näçe sebäbe görä çylşyrymly bolýar. Ýöne olaryň içinde esasy deformasiýany geçirýän dartgynlyk in ähmiýetlisidir.

Birokly gysylma. Barlag üçin silindr şekilli we gönüburçly kesimli material bölegi alynýar. Bölejigiň ölçegleri barlagyň usulyňa görä bagly bolar. Halkara standartyna laýyklykda we dag jynslarynyň mehanikasy baradaky býuro talaplaryna laýyklykda barlag geçirmegiň gollanmasy we bölejiklere aşakdaky talap bildirilýär.

1. Bölejigiň ölçegi silindr şekilli, diametri 40-45mm. Uzynlygy L diametre d görä

$$L/d = 1 \pm 0,05 \quad (II.1)$$

Iki ujynyň üsti ýylmanlyýar. Üçlarynyň sütüne görä diametr boýunça parallelliginiň gyşarmasy 0,05mm, üçlarynyň silindri emele getirijä perpendikulýarlygynyň gyşarmasy 0,05mm köp bolmaly däl, üçlarynyň güberçekligi 0,003mm köp bolmaly däl.

2. Barlag hadysasynda ýylmanan plitalar bolmaly bir plita şaryň üstünde durmaly.

3. Agram bermäň tizligi 0,5-1,0MPa/sek. Bölejik owranyňça deformirlenýär: maksimal güýç boýunça bölejigiň gysylmada berkliginiň çagi kesgitlenýär.

$$\sigma_{st} = P_{max}/F \quad (II.2)$$

**F** – bölejigiň başdaky kese kesiminiň meýdany.

Egerde **L/d** gatnaşygy 1 (birden) kân tapawutly bolsa deňlemede hasap çykarmaly

$$\sigma_{st} = \frac{9\sigma_{st}}{7+9\frac{d}{L}} \quad (II.3)$$

**σ<sub>st</sub>** – standart däl bölejigiň gysylan berkligi.

Barlagyň dowamynda güýjiň diskret ýa-da üznüksiz ýazgysyny geçirmek we bölejigiň uzynlygyny üýt getmek arkaly gysylmada deformasiýaň modulyny kesgitlemek mümkin.

$$E_{st} = \Delta PL / \Delta LF \quad (II.4)$$

**ΔL** – bölejigiň uzynlygynyň güýji **ΔP** ululyga çenli üýtgemesine gabat gelmeli.

Bölejigiň diametriniň üýtgemegini ölçemek arkaly görnüşi boýunça Puassonyň koeffisiýentini kesgitlemek mümkindir.

$$\mu_{st} = \Delta dL / d\Delta L \quad (II.5)$$

**Δd** – uzynlygyň **ΔL** çenli üýtgemeginde bölejigiň diametriniň ulalmagy.

Süýnmeklik (sozulmaklyk). Dag jynslaryny we minerlary süzülmek barlagy seýrek geçirilýär. Bu ýagdaý barlag geçirmäge bölejigi taýarlamak hem-de tehniki taýdan kân işi talap edýänligi bilen düşündirilýär. Awtorlaryň pikirine

görä, amatly we anyk diýilip iki ujuna Wudyň ergini guýulan silindr bölejigini göni süzmek usuly hasap edilýär. Munda-da edil gysylan barlagyndaky ýaly görkezijiler alynar:

- 1) süzülmegýň aňryçäk berkligi (süzülmek berkligi)
- 2) sozulmak deformasiýasynyň moduly  $E_P$
- 3) Puassonyň koeffisiýenti  $\mu$ .

Dag jynslarynyň süzülmek berkligini kesgitlemek üçin galtaşma usullary köp ulanylýar.

Süzülmek berkligi şu formula boýunça kesgitlenýär

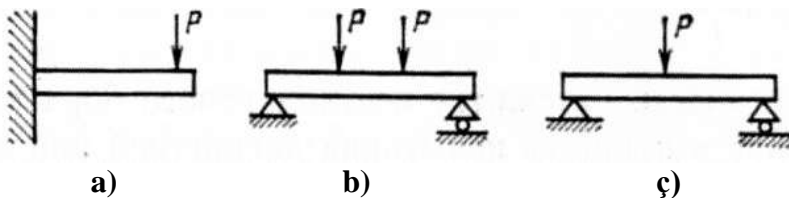
$$\sigma_P = \frac{2P_i}{\pi d} (1 + \mu)(1 + 2\mu) \quad (\text{II.6})$$

$P_i$  – bölejigiň uzynlygynyň birligine berilýän güýç. Emma Puassonyň koeffisiýentiniň bahasy az anyklyk (anyk) bilen kesgitlenýär. Puassonyň koeffisiýentiniň бүтін üýtgemesiniň çäginde ululyk  $\frac{2}{\pi}(1 + \mu)(1 + 2\mu)$  0,64-den 1,91 çenli bolýar. Port jynslar üçin Puassonyň koeffisiýenti 0,10-0,25 aralygynda üýtgeýär. Şeýle bolanda 20% geçmeýän ýalňyşlyk bilen deňleme boýunça kesgitlemek mümkin

$$\sigma_P = P_i / 0,8 \quad (\text{II.7})$$

Barlag geçirilende  $d/L \geq 1$  şerti berjaý edilmelidir. Barlagyň şu usuly dag jynslarynyň mehanikasynyň býurosy tarapynda maslahat berilýär.

Bükülmek. Dag jynslarynyň we materiallaryň бүкүлме synagy üç şekili haýsam bolsa biri boýunça geçirilýär (surat 13).



a)

b)

ç)

### Surat 13. Barlanan egrelmäniň şekili

a-egrelen konsol; b-dört nokatly şekili; ç-üç nokatly şekili

Bükülme synagy üçin silindriki ýa-da gönüburçly kesimli  $L/h > 8$  gatnaşykly – kese güýçleriň täsirini aýyrmak üçin ( $h$  – kesimiň beýikligi  $L$  – bölejigiň uzynlygy) alynýar.

Bükülme berkligi şu deňleme boýunça kesgitlenýär

$$\sigma_{vu} = M/W \quad (II.8)$$

$M$  – synagda owranmaklyga çenli bükülmegiň aňryçak momenti.

$W$  – kesilen ýeriň (kesimiň) bükülmäge garşylyk momenti gönüburçly “b” inli kesim üçin

$$W = bh^2/6 \quad (II.9)$$

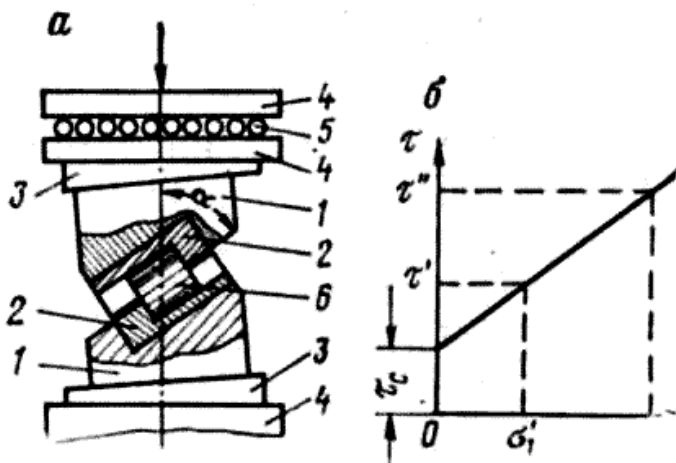
tegelek kesim üçin  $d$  diametrli

$$W = \pi d^3/32 \quad (II.10)$$

Täsir etdirilýän güýji bellemek we güýjiň täsir etýän nokatlaryny üýtgetmek arkaly bükülme deformasiýasynyň modulyny kesgitlemek mümkin.

Süýşmek. Dag jynslarynyň süýşmekdäki häsiýetlerini bölejigi kesmegiň we towlamagyň synagynda kesgitläýärler. Dag jynsynyň kesmek we gysylmak berkliginiň kesgitleniş gollanmasyna seredeliň.

Bu synag surat 14a görkezilen.



**Surat 14.**

a - barlanan şekili; b - işin netijesi - kesim boyunca gysylanda  
1-matrissa; 2-içi; 3- tutujy; 4-plita; 5-rolik; 6-nusgalyk jyns

Synag geçirmek üçin diametri  $42 \pm 0,1 \text{ mm}$ , beýikligi  $42 \pm 2,5 \text{ mm}$  bolan silindr görnüşli bölejik ulanmak maslahat berilýär. Onuň öz sütünine parallelligi, uçlarynyň güberçekligi we sütünine perpendikulýarlykdaky gyşarmalary  $0,05 \text{ mm}$ .

Matrissanyň ýapgytlyk burçy  $30, 45$  we  $60^\circ$ , kakylýan, klinler (pahnalar)  $5^\circ$ , bu kesmek burçunyň ýapgytlygy  $25^\circ$  dan  $65^\circ$  çenli üýtgetmäge mümkinçilik döretýär. Berilýän güýjiň in ýokary ululygy  $P_{\max}$  boýunça synag geçirilenden soň kesilen tekizlikdäki adaty dartgynlygy hasaplaýarlar

$$\sigma = \frac{P_{\max}}{F} \sin \alpha \quad (\text{II.11})$$

$F$  – kesimiň meýdany  $\alpha$  -  $P$ -güýjiň täsir edýän çyzygy kesilen tekizligiň ýapgytlyk burçy. Şu berilen adaty dartgynlykda kesime garşylyk aşakdaky ýaly bolar.

$$\tau = \frac{P_{max}}{F} \cos \alpha \quad (\text{II.12})$$

Synagy azyndan burçuň iki ýagdaýyna  $30^\circ$  we  $50^\circ$  geçirýärler. Soňra  $\tau$  bahasyny  $\sigma=0$ -da ekstrapolyasiýa bilen alýarlar, şonda süýşmegiň berkliginiň görkezijisi hökmünde kabul edilýär. Synag geçirilende her tüýsli ýagňyşlyklar bolup biler. Şonuň üçin synagy üç gezek geçirip ortaça arifmetiki görkezijini tapmaly.

## § 2. Minerallaryň deformasiýada özüni alyp baryşlarynyň aýratynlykdý

Tebigi şertlerde köplenç minerallaryň dänejikleri örän kiçi ölçegde bolýarlar, diňe kä halatlarda olaryň mehaniki häsiýetlerini synag etmek üçin ýaramly ullanan monokristall bölejikleri gabat gelýär. Diňe kristallary emeli usul bilen ösdürip ýetişdirmek metody ýola goýulansoň bu ugurda barlaglary giňeltmäge mümkinçilik berdi. Synagyň ýönekeý görnüşlerini geçirmek üçin minerallardan silindrik görnüş kesilip alynýar. Kitaplarda minerallaryň süzülmeke we gysylmakda özüni alyp baryşy barada diňe umumy maglumatlar berilýär. Mineralyň owranmak häsiýeti maýyşgak we port bolmagam mümkin. Port owranmakda bölejikleriň gysylma berkligi, sozulma berkliginden kän ýokarydyr. Deformirlenmegiň häsiýetine we mehaniki häsiýetleriň görkezijilerini kristal gözenegiň düzümine girýän kän garyndylar hem uly täsir edýär. Mysal üçin D.P. Grigorýewiň bellemegine görä **Ca** azajyk goşulmasynyň (**NaCl**) galidiň düzüminde bolmagy onuň akmak çäkininiň birnäçe esse ýokarlanmagyna getirýär. Köp minerallarda mehaniki häsiýetleriň görkezijilerinde anizotropiýa aýdyň ýüze çykmany; ýagny kristaldan bölejigi synag etmek üçin kesilişiniň ugry onuň çeyelik, maýyşgaklyk we berklik häsiýetleriniň görkezijileriniň ululygyna bagly bolýar. Anizotropiýa diňe

mehaniki häsiýetler görnüşinde ýüze çykman, owranmagyň görnüşinde hem ýüze çykyp bilýär (mysal üçin: kristall bir ugra port owranýar, beýleki ugra owratmak üçin uly maýyşgaklyk deformasiýasyndan soň owranýar).

Minerallaryň çyýelik häsiýetleriniň görkezijileri birnäçe kristallografiýa ugurlar boýunça ortaça baha bilen ölçenýär. Jyns emele getiriji birnäçe minerallaryň ortaça çyýelik häsiýetleriniň görkezijileri tablisa № 2 getirilýär.

**Tablisa 2**

**E Ýunguň moduly, G süýşmegi, K gysylmanyň göwrümi  
we  $\mu$  Puassonyň koeffisiýenti**

Mineral	E·10 <sup>-4</sup> , MPa	G·10 <sup>-4</sup> , MPa	K·10 <sup>-4</sup> , MPa	$\mu$	Mineral	E·10 <sup>-4</sup> , MPa	G·10 <sup>-4</sup> , MPa	K·10 <sup>-4</sup> , MPa	$\mu$
Ortoklaz	6,2	2,4	5,1	0,29	Kwars	9,4	4,3	3,6	0,08
Nefelin	7,6	3,0	5,0	0,24	Awgit	14,1	5,7	9,2	0,24
Kalsit	8,2	3,2	7,1	0,28	Oliwin	21,3	8,5	12,9	0,24

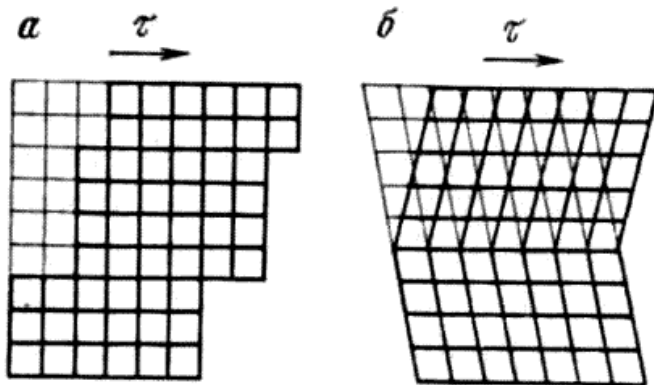
Kristallaryň berklik häsiýetlerinde anizotropiýa spaýn görnüşinde ýüze çykýar.

Spaýn diýip bir näçe minerallaryň kristallarynyň belli bir tekizlikde, ýagny kristallik gözenegiň hakyky granyna (gyrasyna, tarapyna) ýa-da mümkin bolan tarapyna parallel bölünmek häsiýetine diýilýär. Kristallary maýyşgak deformirlenmesiniň mehanizmy kristallik gözenegiň gurluşyna onuň özara baglanyşygyna hem-de dartgynly ýagdaýa we deformasiýanyň ugruna hem bagly bolýar.

Maýyşgak deformasiýa esasan iki dürli bolýar: tekizlik boýunça taýmak (süýşmek) we ikileme (ekizleme) görnüşleri. Köplenç bu iki ýagdaý bir wagtda bolup geçýär. Egerde



maýyşgak deformasiýa taýmak görnüşini başdan geçirýän bolsa onda krisstal synag edilende süýşmegiň çyzyklary ýa-da taýmagyň yzy bildirýär. Krisstalda süýşmegiň ugry we tekizlik täsir etýän güýjiň ugruna bagly bolman, krisstallyň süýşmäge az garşylyk bolan ýerlerinde bolup geçýär. Süýşmek tekizligi krisstallyň hemme ýerine deň paýlanmak, ol krisstalyk gözenegiň az garşylyk görkezýän defektli (şikeli) ýerinde jemlenen bolýar. Süýşmeklik ýoly bilen deformirlenmegiň Ioffeniň şekili surat 15a görkezilen.



**Surat 15. Krisstallaryň plastiki deformasiýasynyň mehanizmiň gurluşy**

a-süýkelme (Ioffyň şekili); b-ikiesse

Egerde süýşmeklik tekizligi krisstala täsir etýän güýje amatly ýagdaýda bolmasa, onda daşky berilýän güýjiň berilmegi bilen krisstalda çäýe energiýanyň artmagy ýüze çykýar we bir näçe krisstalda gözenek täze ýagdaýa geçýär. Ýagny mehaniki öňki gözenegä kybapdaş gözenek emele gelýär. Maýyşgaklyk deformasiýasy krisstalliki kesimiň iň gurluşynyň häsiýetleriniň üýtgemegi bilen bagly bolýar. Ýöne nähili güýçli deformasiýa bolsada krisstalliki ýagdaý we krisstalliki gurluşyň görnüşi öňkiligine galýar. Diňe durky üýtgeýär. Deformirlenmegiň häsiýetini köp zat dartgynly ýagdaýyň görnüşi, bolup geçýän hadysanyň tizligi, gurşap

alýan howa, temperatura we ş.m. täsir edýär. Şu faktorlar belli bir şertlerde birleşip gaty jisimiň maýyşgaklygy peseldip ýa-da ýokarlandyryp, ýa-da jisimi port ýagdaýa getirip bilýär. Şonuň üçin şol bir jisimde maýyşgaklyk hem portlyk hem görmek bolýar.

### **§ 3. Dag jisimleriniň ýönekeý synagda mehaniki häsiýetleriniň görkezijileri**

Dag jynslarynyň çeyelik häsiýeti. Umumy ýagdaýda dag jynslary çeyelik modeline gabat gelmeýär. Mysal üçin deformasiýadan döreýän dartgynlylygyň görnüşü berilýän güýjiň tizligine bagly bolýar. Şonuň üçin dag jynslarynyň çeyeliginiň kesgitlenen görkezijilerini kesgitlep olara – äňrybaş çeye jisim diýip bolmaýar. Bir näçe minerallar we dag jynslarynyň käbirinde deformasiýada süýşirmek üçin güýjiň baglylygy göni çyzykly ýagny Gukuň kanuna ýerine ýetirilýän ýalydyr. Bu ýagdaýda çeyelik modulyny (II.4) deňleme bilen kesgitlep bolýar. Gönüçyzykly dälde sähelçe gyşarma bar bolan baglanyşykda-da çeyelik modulyny (II.1) deňleme bilen kesgitlep bolýar. Egerde gyşarma ulurak bolsa onda süýşmeklik – güýç grafiği bir näçe toparlara berilýän güýje görä bölünýär. Toparlar boýunça modulynyň bahasy egerde (II.4) bilen kesgitlenýär aralyk baha bolsa aşakdaky aňlatmada çözülýär.

$$\vec{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (\text{II.13})$$

Dürli jynslarda Ýungaň modulynyň bahasyny tablisa № 3 görmek bolýar.

**Tablisa 3**

**Ýungaň modulyňy E bir esasy gysylmada görmek bolýar**

Dag jynsy	$E \cdot 10^{-4}, \text{MPa}$	Dag jynsy	$E \cdot 10^{-4}, \text{MPa}$
Toýunlu slanslar	1,5-2,5	Dolomitlar	2,1-16,5
Çägedaş	3,3-7,8	Granitlar	$< 6,0$
Hekdaş	1,3-3,5	Bazaltlar	$< 9,7$
Mramor	3,9-9,2	Kwarsitlar	7,5-10,0

Dag jynslarynyň çeyelik häsiýetiniň ýüze çykması birnäçe faktorlara baglydyr. Mysal üçin: Ýungaň modulynda süzülmekde  $E_s$ , бүкүlmekde  $E_b$  we gysylmakda  $E_{gys}$  bahalarynyň arasynda deňlik ýokdyr.

$$E_s < E_b < E_{gys} \quad (\text{II.14})$$

Ýungaň moduly бүкүlmekde 1,1-1,3 gezek süzülmekdäkidən uly. Egerde esasy jynsy etmege getiriji mineralda (jynsyň düzüminde) Ýungaň moduly ýokary bolsa, onda jyns hem ýokary modula eýe bolar. Ýöne Ýungaň moduly hemişe mineralyň çeyelik modulynda pes bolýar. Bu ýagdaý dag jynslarynyň kristallarynda kristalliki gözenende dänejik öz içinden daşky biri-birine galtaşýan ýerinde özara täsir etýän güýçleriň gowşaklygy bilen düşündirilýär. Şonuň üçin Ýungaň modulyň ýokarylygy hiç wagt jynsy emele getirýän mineralyň modulyndan beýik bolup bilmez tablisa № 4.

**Tablisa 4**

**Ýungaň moduly dürli gysylýan dartgynlyklarda käbir dag jynslaryň üýtgemegi**

Parametrler	Dag jynsy					
	toýun		mergel		hekdaş	
$\sigma_{gys}, \text{MPa}$	0-1	4-5	0-1	2-3	1-2	4-5
$E, \text{MPa}$	8	36	35	182	85600	122600

Gysylmak dartgynlylygynyň Ýungaň modulynyň ululylygyna ýetýän täsiri görkezilen. Beýleki hemme häsiýetleriň meňzeşliginde jynsyň çägeliligi ýokarlansa onda Ýungaň moduly hem ýokarlanýandagy bellendir. Toýunsow slanesde Ýungaň moduly toýunsow slanesiň karbonatlygy ulalsa ulalýar. “E” ululyga, gatlaklylyk, boşluklyk, slansewatostlyk uly täsir edýär. Jynsda boşluklyk ulalsa, jynsyň modul Ýungasy peselýär. Çyglylygyň ulalmasynda jynsda “E” kiçelýär. Mysal üçin, toýunsow jynsyň çyglylygy 3% 14 % çenli ýokarlansa modul Ýunga 716 dan 314MPa çenli peselýär. Çyglylyk 14% den 23% çenli galsa modul Ýunga 314 den 29MPa çenli peselýär. Oňki ýagdaýyna gaýdyp gelmeýän deformasiýalar köp gezek gaýtalança deformasiýa nola deň bolýar, jynsyň çeyelik moduly bolsa ulalýar. Şuňa laýyklykda K.W. Ruppeneýt şulary görkezýär: bir gezek güýç täsir etdirmek arkaly alynýan Ýungaň moduly E; öňki durkuna öwrülmeýän deformasiýanyň ýüze çykmazlygyny üpjün etmek bilen köp gezek gaýtalanýan güýç täsir etdirmek we şol güýçleri aýyrmak arkaly alynýan adaty modul  $E_H$ ; hem-de ululygy çeyel tolkunlaryň ýaýramagynyň tizligi boýunça hasaplanýan dinamiki modul  $E_g$ . “E” ýokarda sanalan ululyklary mydama dürli-dürli we deň dældige boýun edýärler  $E < E_H < E_g$  gaýtam  $E < E_H$  1,2-1,5 gezek we  $E < E_g$  2,0-2,2 gezek.

Jynsyň çeyelik häsiýetini doly häsiýetlendirmek üçin üç modulyň bahalaryny bilmek has gowy netije berýär, ýöne jynsyň çeyelik häsiýetini deňeşdirmek üçin we hasaplamalar üçin bir gezek güýç ulanylyp alynýan Ýungaň moduli bilen çäklenýärler. Dürli jynslar üçin Puassonyň koeffisiýentiniň ululyklary tablisa № 5 görkezilen.

**Tablisa 5**

**$\mu$  Puassonyň koeffisiýenti boýunça käbir dag jynslary**

<b>Jisim</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b>Jisim</b>	<b><math>\mu</math></b>
Maýyşgak toýunlar	0,38-0,45	Daş duzy	0,44

Dykyz toýunlar	0,25-0,35	Çägedaşlar	0,30-0,35
Toýunly slaneslary	0,10-0,20	Granit	0,26-0,29
Hekdaşlar	0,28-0,33		

Puassonyň koeffisiýentiniň ululyklaryna Ýungaň modulyna täsir edýän faktorlar täsir edýär, ýagny ( $\mu_p < \mu_{gys}$ ) usulyň kesgitlenişi, düzümi, tekstura we jynsnyň näçe çuňlukda ýatany. Jyns näçe çuňlukda ýatdygyça, näçe dykyz boldugyça we näçe ýaşy uly boldugyça şonçada onuň üçin  $\mu$  pes bolýar. Tejribede dag jynsynyň bölejiklerini towlanmaga synag edilende, şonda süýsmek deformasiýasynyň **G** moduly kesgitlenýär deňleme **1.9** egerde Ýungaň moduli we Puassonyň koeffisiýenti belli bolsa **G** moduly hasaplamaklyk kyn dälir.

Dag jynslarynyň berkligi tablisada № 6 bir okly gysylmada dag jynslarynyň berkliginiň bahalary görkezilen.

**Tablisa 6**

**Başkir nebit ojaklarynyň yatyşynyň  $\sigma_{gys}$  dag jynslarynyň bir esasly gysylmada dykyzlygy (UFNII maglumaty)**

<b>Jisim</b>	<b><math>\sigma_{gys}</math>, MPa</b>	<b>Jisim</b>	<b><math>\sigma_{gys}</math>, MPa</b>
Pelitomorf hekdaşlary	80-130	Maýdakritally dolomitler	245
Maýdakristally hekdaşlary	100-170	Alewrolitler	40-120
Organogen-döwülen hekdaşlary	130-200	Çägedaşlar	28-80
Kremneli hekdaşlary	200-260	Alewrolitli mergeller	130-170
		Angidritler	150-190

Tablisa 6 görnüşine görä  $\sigma_{sz}$  bir görnüşli jynslar üçin giň çäkde üýtgeýär. Şonuň bilen bir hatarda kăwagt mineralogik düzümi dürli bolan jynslaryň berklik bahasy gabat gelýär. Bu ýagdaý dag jynsynyň berkligine bir topar zatlaryň: ýagny düzümiň, jynsyň teksturasynyň, ýatys çuňlugynyň we ş.m. täsir etýänligini görkezýär. Bir näçe dag jynslarynyň berkliginiň hasaplamalarynyň netijesi tablisa № 7 berilýär.

**Tablisa 7**

**Dag jynslarynyň otnositel dykzylygy (%)**

<b>Dag jynsy</b>	<b>Gysylma</b>	<b>Süýşme</b>	<b>Egrelme</b>	<b>Süýnme</b>
Toýunly slaneslary	100	-	28	12
Çägedaşlar	100	10-12	6-20	2-5
Gipsler	100	-	35	11
Hekdaşlar	100	15	8-10	4-10

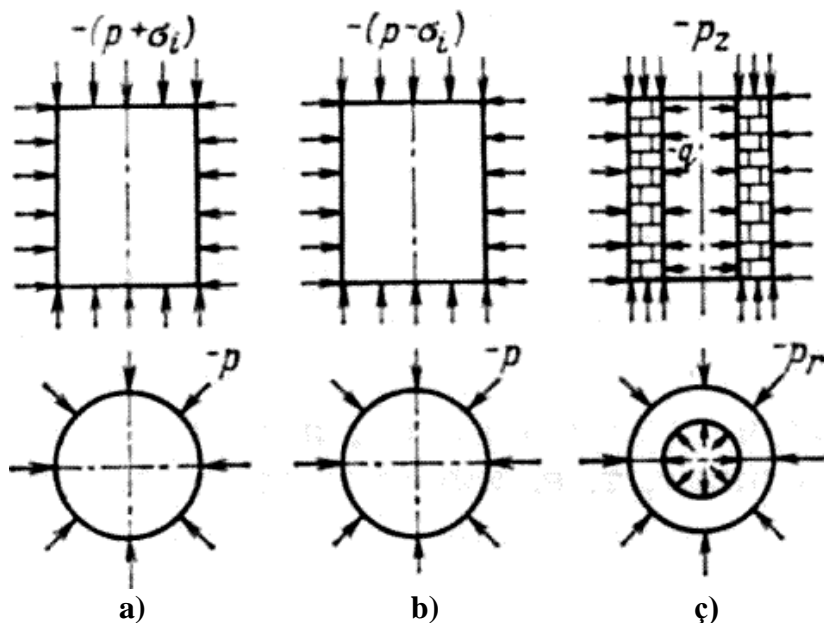
Tablisada seredilýän dag jynsynyň gatylygy geçirilýän synagyň görnüşine baglylykda görkezýär, ýagny iň ýokary garşylygy dag jynslary gysylmakda görkezýärler.

$$\sigma_{sz} > \tau_s \geq \sigma_{...} \geq \sigma_P \quad (II.15)$$

Dag jynslarynyň owranmagy üçin iň amatlygy süzülmek deformasiýalydyr. Şonuň jyns owradyjy enjamlar taýarlamakda (saýlanyp alynanda) şu faktora üns bermelidir.

#### **§ 4. Dag jynslarynyň hemme taraplaýyn gysys ýagdaýynda synagy**

Dag jynslarynyň hemme tarapdan gysylmak ýagdaýynda deformirlenmegi we owranmagynyň tejribede öwrenmegiň esasy şekili boýunça (surat 16a).



**Surat 16. Nusgalyk dag jynslaryň ähli tarapdan gysylyp barlanandaky esasy şekili**

a - Karmanyň şekili; b - Bokeriň şekili; ç - ýarym silindr

Silindr bölejikleri hemme tarapyndan deňderejeli güýç “P” bilen basylyp, gerekli temperatura “T” çenli gyzdyrylyp, silindriň aýlaw okunyň ugruna gysylyp synag edilýär. Synag wagtynda  $T = \text{const}$ -da iki ujyna berilýän güýçler ulaldylýar.

$$\sigma_z = \sigma_3 = -(P + \sigma_i) \quad (\text{II.16})$$

$$\sigma_T = \sigma_1 = \sigma_2 = -P$$

Egerde  $P=0$  (atmosfera basyşy) bolsa onda Karmanyň şekili birokly gysyşyň barlagynyň şekiline geçýär. Şonuň üçin birokly gysyşyň barlagy hemme taraplaýyn gysyş ýagdaýyndaky barlagyň bölegi diýip hasap etmek mümkin. Bokeriň şekili (surat 16b) boýunça silindriň bölejige silindriň üstüne räsir etýän basyş bilen güýç berilip Karmanyň şekilinde

synag geçirilýär. Synag döwründe iki ujuna berilen güýçler peseldilýär **T=const.**

$$\begin{aligned}\sigma_z &= \sigma_1 = -(\mathbf{P} - \sigma_i) \\ \sigma_i &= \sigma_2 = \sigma_3 = -\mathbf{P}\end{aligned}\quad (\text{II.17})$$

Synag döwründe  $\sigma_i$ -iň  $\varepsilon$  baglylygynyň grafiki ýazylyar. Synagyň netijelerini işlemek birokly gysyşyň netijelerini işlemek bilen meňzeş, şeýlelikde dag jynslarynyň çeyelik, maýyşgaklyk we berklik häsiýetleriniň görkezijilerini anyklap bolýar. (II.6) dartgynlyklaryň bahasyny deňleme (I.3) goýup birinji şekilde synagdaky aralyk dartgynlylygy taparys.

$$\sigma_0 = -\left(\mathbf{P} + \frac{\sigma_i}{3}\right) \quad (\text{II.18})$$

Şonuň ýaly  $\sigma_0$  ikinji şekil boýunça taparys

$$\sigma_0 = -\left(\mathbf{P} - \frac{\sigma_i}{3}\right) \quad (\text{II.19})$$

Üçünji shemada (surat 16ç) içi deşik (boş) silindr bölejigi synag edilýär. Bu şekile

$$\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$$

## **§5. Dag jynslarynyň hemme taraplaýyn deňderejeli gysylyşy. Jynslaryň gysylmagy**

Haçanda hemme üç esasy gysyji güýçler deň bolanda: ýagny  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$  bu ýagdaýa hemme taraplaýyn deň derejeli gysyş diýilýär. (I.2) we (I.5) deňlemelerden görnüşi ýaly bu ýagdaýda galtaşma güýçler (dartgynlyklar) nola deň bolýar. Üçünji we dördünji berilen teoriýasyna göre, aralyk basyş ( $\sigma_0 = \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ ) näçe uly bolsada, dag jynslarynda galýan deformasiýada, owranmaklygy hem ýüze çykmaly däl. Dag jynsy Gukun kanunyna diňe çeyde deformirlenmeli. Bu netijeler dykyz bir görnüşli (düzümi bir görnüşli) dag jynslary synag edilende has hem äşgär bolýar. Paklaw (içi başlow) dag jynslary deformirlenýän wagty olarda diňe galýan deformasiýa



däl, olar owranybam bilýär, sebäbi jynsnyň içki düzüminiň (skletiniň) dartgynly ýagdaýy hemme taraplaýyn deňderejeli gysyşdan tapawutly bolýar. Hemme taraplaýyn deň derejeli gysyşda synag dag jynslarynyň we minerallary gysylyşyny öwrenmek üçin geçirilýär. Minerallaryň gysylyşy – gysylyşyň  $\beta$  koeffisiýenti bilen hem-de gysyşda göwrüm deformasiýasynyň moduly bilen häsiýetlendirilýär.

Gysylmagyň  $\beta$  koeffisiýenti diýip basyşyň 1MPa ýokarlananda göwrümiň “V” dernew kiçelmeğine

$$\beta = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dP} \quad (II.20)$$

$V_0$  – adaty temperaturada we basyşda başky göwrüm.

Egerde deformasiýa wagtynda Gukun kanuny berjaý edilýän bolsa, onda

$$\frac{dV}{dP} = \frac{V_0 - V}{P} \quad (II.21)$$

(II.21) we (II.20) goýup alarys

$$\beta = \frac{V_0 - V}{V_0 P} = \frac{\varepsilon_V}{P} \quad (II.22)$$

( $P=\delta_0$ ) bolany üçin  $\beta=1/K$

K – (I.11) deňleme bilen kesgitlenýän göwrüm deformasiýasynyň moduly.

№ 8 tablisada basyşyň iki ýagdaýynda käbir minerallaryň we jynslaryň gysylmak koeffisiýentleriniň bahalary görkezilen.

**Tablisa 8**

**Adamsyň maglumatlary boýunça we  $\beta$  käbir göwrüm gysylmalaryň koeffisiýenti**

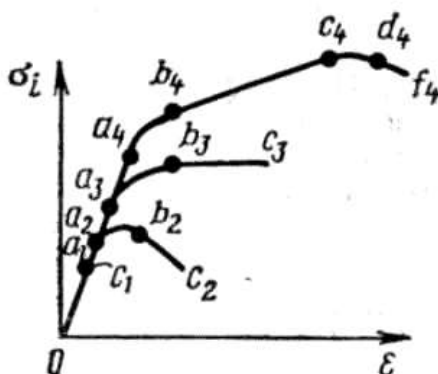
Mineral ýa-da jisim	$\beta \cdot 10^5, 1/\text{MPa}$		Mineral ýa-da jisim	$\beta \cdot 10^5, 1/\text{MPa}$	
	p=196 MPa	p=981 MPa		p=196 MPa	p=981 MPa
Almaz	0,18	0,18	Kwars	2,86	2,35
Kalsit	1,42	1,42	Daş duzy	4,09	3,60
Meýdan şpatlar	1,54-1,86	1,36-1,71	Granit	2,16	1,92

Tablisada görnüşi ýaly basyş ulaldygyça: almaz, kalsit ýaly minerallaryň koeffisiýenti ulalýar, emma kwars, meýdan şpaty we daş duzy ýaly minerallaryň koeffisiýenti peselýär. Dag jynslarynyň gysylma koeffisiýenti jynsyň düzümine girýän beýleki minerallaryň gysylma göwrüm koeffisiýentinden uly bolýar diňe käbir ýagdaýlarda oňa deň bolýar.

## § 6. Dag jynslaryň deň derejede däl hemme taraplaýyn gysylmagy. Aňryçäk egri çyzyklary gurmak

Esasy dartgynlyk güýçleriniň haýsam bolsa biri beýleki iki güýje deň bolmadyk ýagdaýynda deň bolmadyk derejede hemme taraplaýyn gysylma bolup geçýär: ýagny  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ . Dagjynslaryň hemme taraplaýyn deň däl derejede gysylmagynda deformirlenmegiň kanuna laýyklygy [30, 92] görkezilen. Häzir şol barlaglaň esasy netijelerine seredeliň (shemada 16 görkezilen).

Alynan netijeler ortaça basyşyň “P” başlangyç ululyklaryna  $\sigma_i$  baglaýjy  $\varepsilon$  bilen baglanşykly bolýar. Bu umumylaşdyrylan  $\sigma_i$ -niň  $\varepsilon$  bilen baglanyşygy (surat 17) berilen.



**Surat 17. Ähli taraplaýyn başlangyç gysylmalaryň  $\varepsilon$  dürli bahalaryndan  $\sigma_i$  umumy laşdyrylan baglanşygy**

Suratdaky **Oa<sub>1</sub>, Oa<sub>2</sub>, Oa<sub>3</sub> we Oa<sub>4</sub>** bölekde Gukuň kanuny berjaý edilýär. Egri çyzygyň **a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>, a<sub>4</sub>b<sub>4</sub>** böleginde geçiş hadysasy ýüze çykýar we ol ýa-da durnuklaşýan maýyşgak deformasiýa (bölek **b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>c<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>c<sub>4</sub>**) ýa-da port öwranmak (bölek **a<sub>1</sub>c<sub>1</sub>**) bilen tamamlanýar. Egerde maýyşgak süýşmeklik bölejigiň belli bir böleginde gutarsa onda deformasiýanyň ulalmagy **σ<sub>i</sub>** peselmegi bilen bolýar we ol bölejigiň öwranmagy bilen tamamlanýar. Bu ýagdaýda maýyşgaklyk moduly ýa-da otrisatelnyý ýa-da nola deň. Egerde maýyşgak süýşmeklik bölejigiň hemme ýerinde deň derejede bolup geçse onda berkemeklik bolup geçýär – ýagny deformasiýanyň ösmegi dartgynlygyň ulanmagy astynda bolýar (bölek **b<sub>4</sub>c<sub>4</sub>**). Bu hadysa hem ikinji geçiş bölegi bilen (**c<sub>4</sub>d<sub>4</sub>**) gutarýar we soňra deformasiýanyň gutarmagy we bölejigiň öwranmagy bilen tamamlanýar. Dartgynlygyň ululygy **a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> we a<sub>4</sub>** nokatlara gabat gelýär we **σ<sub>is</sub>** bilen bellenýär hem jynsynň akmaklyk çäGINE gabat gelýär.

Şerte laýyk gelýän dartgynlygyň ululygy **dσ<sub>i</sub>/dε=0** jynsynň berkligine laýyk bolýar we **σ<sub>ic</sub>** bilen bellenýär. Surat 17 görnüşi ýaly hemme taraplaýyn gysyşyň ulalmagy bilen jynsynň akyjylyk çägi hem-de berkligi hem ulalýar (tablisa 9).

**Tablisa 9**

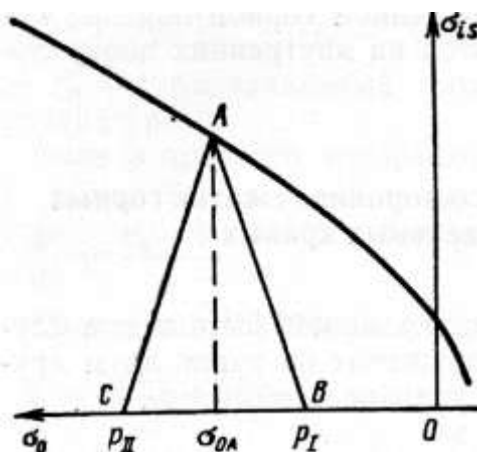
**Dag jynslarynyň dykzlygynyň häsiýetnamasy**

Parametrler	Dag jynsy								
	daş duzy		mramor			dolomit		hekdaş	
p, MPa	0*	86	0	88	216	0	95	0	93
σ <sub>is</sub> , MPa	-	34	-	225	330	-	-	-	-
σ <sub>ic</sub> , MPa	26	110	62	350	420	98	345	51	224

Dag jynslarynyň akyjylyk çägi **σ<sub>is</sub>** we berklik çägi **σ<sub>ic</sub>** berilen. Tablisa 9 görnüşine görä daş duzunynyň akyjylyk çägi ortaça basyşyň ösmegi bilen az üýtgeýär, emma berklik çägi bolsa 4 esseden hem köp ýokarlanýar. Dolomit we çägesow

toýun başky berilen basyşlarda maýyşgaklyk häsiýetlerini kân ýüze çykarmaýar emma, berklik çäkleri 3-4 esse ýokarlanýar. Maýyşgaklyk deformasiýa jynsyň görnüşine we düzümine, hem-de oňa täsir etýän hemme taraplaýyn gysylyşa bagly bolýar. Berlişine görä hekiň käbir görnüşlerinde maýyşgaklyk deformasiýa: basyş 49MPa bolanda 0,07 ýetýär, 98MPa bolanda 0,30 ýetýär.

Dag jynslaryny deň däl derejede hemme taraplaýyn gysylmagynyň synagynda esasy zat egri çyzygyň çägi diýip atlandyrylýan  $\sigma_{is}$ -iň  $\sigma_0$  bolan baglanyşygy gurmandyr. Munuň üçin berilen “P”-da  $\sigma_{is}$  bahasyny (ululygyny) kesgitleýärler we (II.20) we (II.21) formulalar boýunça  $\sigma_0$  hasaplaýarlar. Egri çyzygyň çäginin umumy görnüşi (surat 18 görkezilen).



**Surat 18. (BA) Karmanyň we (SA) Bokeriň barlanan dartgynlygynyň şekili boýunça  $\sigma_{is}$ -dan  $\varepsilon$  bagly grafigi**

Bar bolan gollanmalar synagda hemme taraplaýyn gysyşda  $\sigma_0 = \text{const}$  şerti üpjün edip bilmeýär deňleme (II.16) we (II.17) görnüşine görä birinji şekil boýunça synag edilende hemme taraplaýyn gysyşyň ýokarlanmagy, ikinji şekil boýunça synag edilende bolsa hemmetaraplaýyn gysyşyň peselmegi

görünýär. Birinji ýagdaýda güýç bermeklik BA çyzygy boýunça gitýär we  $\sigma_0$  bolsa  $P_1$ -den  $\sigma_{0A}$  çenli üýtgeýär (surat 18). Ikinji ýagdaýda güýç bermeklik CA çyzygy boýunça gitýär, hemmetaraplaýyn gysylma  $P_{L1}$  den  $\sigma_{0A}$  çenli peselýär.

Temperaturanyň täsiri esasan akyjylyk çäginin peselmegine täsir etýär.

### **III-nji BAP.**

## **GUÝYNY GURŞAP ALÝAN DAG JYNGLARYNYŇ MÄKÄMLIGI WE DARTGYNLY ÝAGDAÝY**

### **§1. Dag jynslarynyň ýerde (tebigy ýagdaýda) ýatanda dartgynly ýagdaýy**

Dag jynslarynyň ýerde ýatanda dartgynlylyk ýagdaýy olara ýokarsynda ýatýan jynsnyň basyşy we ýeriň tektoniki prosessleri bilen düşündirilýär. Ýeriň çep böleginde tektoniki hereketiň ýok mahaly dartgynly ýagdaý peselmegine simmetriki däl bolup, ony silindriki koordinatlar ulgamynyň iki goşuljysy bilen häsiýetlendirmek mümkin

$$\sigma_z = \sigma_3 \text{ we } \sigma_r = \sigma_1 = \sigma_2$$

Kese dartgynlylyk ýokarky dag jynslarynyň basyşyny aňladyp

$$\sigma_z = -\gamma_0 z \quad (\text{III.1})$$

$\gamma_0$  – dag jynsynyň ortaça göwrüm agramy

$z$  – dag jynsynyň ýatyş çuňlugy.

Keselegine basyş bilen agram salynan dag jynslary keseligine deformasiýadan azat däl.  $\epsilon_r = 0$  şertden (I.12) görä alarys:

$$\sigma_r = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_z \quad (\text{III.2})$$

aşakdaký ýaly aňladyp

$$\lambda = \frac{\mu}{1-\mu} \quad (\text{III.3})$$

$\lambda$  - gapdal daýanç (direg) koeffisiýenti.

(III.2)  $\sigma_z$  bahalaryny goýup N.A. Dinniikiň deňlemesini dag jynslarynda pes çeyä dartgynlylygy hasaplarys.

$$\sigma_r = -\lambda \gamma_0 z \quad (III.4)$$

Relaksiýa netijesinde ýeriň gabygynda dartgynlylyk  $\sigma_r \rightarrow \sigma_z$ ;  $\lambda \rightarrow 1$  deňleýär. Köp ýagdaýda  $\lambda = 1$ ;  $\sigma_r = \sigma_z$  diýip alsaň bolýar. Bu bolsa dag jynslarynyň hemme taraplaýyn deňderejede gysylmadadygyny aňladýar. Bu ýagdaýda dartgynly ýagdaý ortaça adaty dartgynlylyk bilen häsiýetlendirilýär  $\sigma_0 = \sigma_z = \nu_r$ . Eger  $P = 25 \text{ g/sm}^3$  alsan onda  $z = 1000 \text{ m}$ ;  $\sigma_0$  bolsa  $24 \text{ MPa}$  bolar. Eger  $z = 10000 \text{ m}$  bolsa  $\sigma_0 = 245 \text{ MPa}$  bolar. Ýeriň gatlagyndaky tebigy basyşa **dag basyşy** diýip at berilýär. Dag basyşynyň dik düzüjisine (basyşy döretýän güýje)  **$P_r = \gamma_0 z$  geostatiki ýa-da doly dag basyşy** diýilýär. Onuň peselegine düzüjisine  **$\lambda P_r$**  – gapdal basyşy diýilýär. Içi boş (paklaw) dag jynslarynda suwuklyk ýa-da gaz bolýar. Boşlukdaky suwuklygyň basyşyna **gatlak basyşy diýip** at berilýär. Aday ýagdaýda gatlak basyşynyň  $P_n$  güýji suwuň gidrostatiki basyşyna goloýdyr, ýagny

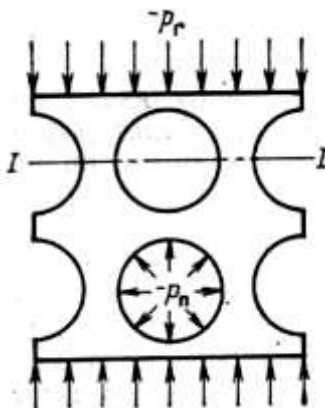
$$P_n \approx \gamma_B z \quad (III.5)$$

Şonuň üçin burawlamagyň gidrogeologik häsiýetleri üçin gatlak basyşyna hasaba almak iň oňaly bolýar

$$P'_n = \frac{\gamma_B z}{\gamma_B^2} \quad (III.6)$$

Aday şertlerde  $P'_n = 1$ . Eger  $P'_n > 1,2$  onda anomal ýokary gatlak basyşy bolmagy mümkin (AWPD). Burawlamagyň çuňlugy artdygyça (AWPD) gabat gelmek mümkinçiligi artýar. AWPD aktiw tektoniki hereketiň bar ýerlerinde giňden ýaýrandyr. Geliň boşlow dag jynsynyň skletiniň (gurluşyna) dartgynly ýagdaýyna suwuklygyň basyşynyň edýän täsirine seredeliň, onuň üçin boşlow gaty

jisimiň kämil modelini alýarys we ondan bölek kesip alýarys (surat 19.) Ýaňky böljigiň meýdanyna ýokarsyndan geostatik basyş  $P_r$  täsir etýär.



**Surat 19. Öýjüklü jisynşyň görnüşü  $P_d$ -dag basyş,  $p_g$ -gatlak basyşy**

Egerde hemme dik basyşlar jisimiň skleti (gurluşy) tarapyndan kabul edilen bolsa-dy, onda dartgynly ýagdaý 1-i kesimde maksimal ýagdaýda bolar

$$\sigma_{\max} = -P_r/V \quad (\text{III.7})$$

$V$  – skeletiň seredilýän kesimdäki meýdanynyň tutýan ýeri. Emma boşlukdaky suwuklyk  $P_n(1-V)$  deň bolan güýji kabul edýär. Diýmek skletdäki dartgynlylyk

$$\sigma_c = -\frac{P_r - P_n(1-V)}{V} = -[\sigma_{\max} - P_n(\frac{1-V}{V})] \quad (\text{III.8})$$

$\eta = \frac{1-V}{V}$  diýip bellesek onda

$$\sigma_c = -(\sigma_{\max} - \eta P_n) \quad (\text{III.9})$$

$\eta$  - ululygy jynsnyň bolşuklygyna we boşlugyň gurluşyna bagly bolýar. (III.9) deňlemeden görnüşi ýaly gatlak basyşynyň ulalmagy bilen skletde täsir etýän dik güýçler peselýär eger  $P_n = P_r$ , onda  $\sigma_c = -P_r$ .

Geologiya pursundan belli bolşy ýaly dag jynslary ýatyşy çuň boldugyça, olaryň temperaturasy hem ortaça gradiýent bilen  $0,03^\circ\text{C}/\text{M}$  töweregi ýokarlanýar. Emma ýeriň gatlagynyň dürlimeýdanlary üçin gradiýentiň ululygy üýtgäp dur. Aşakda dag jynslary üçin takmynan temperatura berilýär.

Kaspiý çökeltligi  $< 12\text{-}14\text{km}$  çuňlukda  $300^\circ$  çenli

Orta Uralyň günbatar ýapgydy üçin –  $15\text{km}$  çuňlukda  $200^\circ\text{C}$  çenli

Azerbaýjan –  $8\text{-}10\text{km}$   $400^\circ\text{C}$  çenli

Kuril adalary –  $15\text{km}$   $600^\circ\text{C}$  çenli

Dag jynslarynyň tebigy dartgynly ýagdaý burawlamakda düýpgöter üýtgeýär. Dag jynsy guýynyň göwrümünde ýuwujy ergin bilen çalyşyrylýar

$$P_c = \gamma_1 z + P_y \pm \Delta P \quad (\text{III.10})$$

$\gamma_1$  – ýuwujy erginiň udel agramy

$P_y$  – erginiň guýynyň agzyndaky basyşy

$\Delta P$  – guýyda basyşyň tehnologik üýtgemesi (buraw nasosynyň işlemegi buraw enjamlaryny guýa goýbermek – ýokary götermek ýaly işler).

Umuman aýdanyňda guýydaky basyş jynsnyň gapdal basyşyna deň däl we şonuň üçin olaryň dartgynly ýagdaýynyň üýtgemegine sebäp bolýan esasy zatdyr. Sirkulýasiya etýän ýuwujy erginiň temperaturasy hem jynsnyň temperaturasyna deň däl. Guýy tarapyndan dag jynslarynyň sowadylmagy ýa-da gyzdrylmagy onda termiki dartgynlygyň döremegine getirýär. Umuman guýydaky basyş hem gatlak basyşyna deň däl. Öz gezeginde dag jynsyndaky suwuklygyň basyşynyň üýtgemegi onuň dartgynly ýagdaýynyň üýtgemegine hem getirýär. Şeýlelikde guýyny gurşap alýan dag jynslary çylşyrymly ýagdaýda bolýarlar özem köplenç gysylma dartgynlygy agdyklyk edýär. Çuňlugyň artmagy bilen dag



jynsynda aralyk dartgynlylyk ulalýar, şonuň üçin guýynyň diwarlaryny berkligini üpjün etmek üçin hasaplamalarda Moryň umumylaşdyrylan berklik şertini ulanmaly bolýar.

## §2. Gazylyp duran guýynyň töweregindäki dag jynslarynyň dartgynly ýagdaýy

Guýy gazylyp üsti açylan dag jynslarynda dartgynlygyň çäýe töwerege ýaýramasy ilkinji gezek teoriýa taýdan S.G. Lehniskiy tarapyndan öwrenildi.

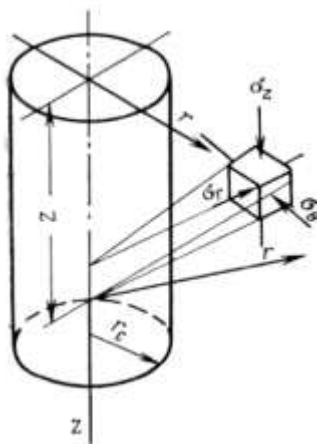
Dik guýy üçin guýynyň okuna görä mesele osimmetriki n surat 20 şertli bellikler we hasaplama şekilishemasy görkezilen. Dartgynlygyň ýaýramasy dag jynslarynda aşakdaky deňlemeler bilen ýazylýar:

$$\sigma_{zP} = -\gamma_0 z$$

$$\sigma_{rP} = (\lambda\gamma_0 - \gamma_1)z \frac{r_c^2}{r^2} - \lambda\gamma_0 z \quad (\text{III.11})$$

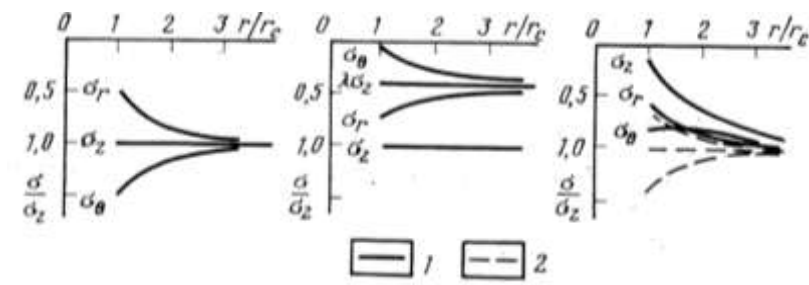
$$\sigma_{\theta P} = -(\lambda\gamma_0 - \gamma_1)z \frac{r_c^2}{r^2} - \lambda\gamma_0 z$$

$\gamma_1$  – guýyny doldurýan erginiň udel agramy.



Surat 20. Guýynyň wertikal töwereginiň dartgynlygyny kesgitlemek üçin hasaplama şekili

Surat 21 dartgynlygynyň peselmegine çäýe ýaýramasy (guýynyň okundan) grafigi baglanyş görnüşinde, ýagny  $\sigma/\sigma_2$ -iň  $r/r_c$  baglylygy görnüşinde berilen.



**Surat 21. Dag jynslaryndaky dartgynlygynyň çäýe bölünmeginiň grafigi**

Dag jynsynda dartgynlylygynyň iň ýokary üýtgemesi guýynyň diwarynda bolýanlygy görünýär munuň sebäbi dag jynsynda gapdal basyşyň  $\lambda\sigma_2$  guýydaky gidrostatik basyşyň  $\gamma_1$  özara tapawudy bilen düşündirilýär. Gidrostatik basyşyň peselmegi bilen guýyda gapdal dartgynlylyk  $\sigma_{rP}$  peselýär (diwarda) we tangensial dartgynlylyk  $\sigma_{\theta P}$  artýar.

Dag jynslarynda termiki (ýylylyk) dartgynlygy. Guýy ýuwylanda diwarlaryň gyzmagy ýa-da sowamagy dag jynslarynda termiki dartgynlygynyň döreligine getirýär. [90] işde görkezilişi ýaly temperatura  $10^\circ\text{C}$  üýtgesse termiki dartgynlylyk, edil gapdal basyş bilen gidrostatik basyşyň aratapawudyndaky dartgynlylygynyň häsiýetine eýe bolýar. Surat 21a jynsy  $70^\circ\text{C}$  çenli sowadaňda dartgynlylygynyň ýaýramagynyň üýtgeýşi görkezilýär. Şu suratda görnüşi ýaly sowadylanda hemme goşulyjylaryň (dartgynlygy emele getiriji güýçleriň) ululyklary peselýär. Bir wagtyň özünde dartgynlygynyň goşulyjylarynyň arasyndaky baglanyşyk (gatnaşyk) hem üýtgeýär. (57) işde termo çäýe dartgynlyga baha bermek üçin deňleme hödürlenýär, bu deňleme  $r=r_c$  şerti üçin aşakdaky ýaly:

$$\begin{aligned}\sigma_{zT} &= \frac{\alpha E(T_C - T_0)}{2(1-\mu)/n \frac{rT}{rC}} \chi \left(1 - \frac{2rT}{r_T^2 - r_C^2} / n \frac{rT}{rC}\right); \\ \sigma_{\theta T} &= \frac{\alpha E(T_C - T_0)}{2(1-\mu)/n \frac{rT}{rC}} \chi \left(1 - \frac{2rT}{r_T^2 - r_C^2} / n \frac{rT}{rC}\right); \\ \sigma_{rT} &= 0\end{aligned}\quad (\text{III.12})$$

$\alpha$  - ýylylygyň göniçyzykly giňelmek koeffisiýenti

$T_C$  – guýynyň diwarynyň temperaturasy

$T_0$  – dag jynslarynyň üsti açylmaka temperaturasy

$rT$  – guýynyň ýylylygy täsir ediş radiusy.

Şeýlelikde (III.12) deňlemäň görkezişi ýaly guýyny birden gyzdysaň ýa-da sowatsaň (haçanda  $rT$  nola ýakynka)

$\sigma_{zT}$  we  $\sigma_{\theta T}$  dartgynlygyň goşulyjylary tükeniksizlige dyzaýarlar, ýagny guýyda “ýylylyk urgusy” bolup onuň guýynyň diwarlaryny opurmak ähtimallygy döreýär. Wagtyň geçmegi bilen  $rT$  ulalýar, egerde  $T_C - T_0 = \text{const}$  termiki dartgynlygyň goşulyjylary kiçelýär. Basyşyň gidrodinamiki üýtgäp durmasy hem guýyda; dag jynslarynyň dartgynly ýagdaýynyň üýtgemegine getirýär. Guýyda basyş gidrostatikadan ýokary bolýar, haçanda burawlanýan döwri nasoslar işlände erginiň hereketine godrawliki garşylygyň hasabyna hem-de haçanda enjamlar guýa goýberilende erginiň gysylmagynyň hasabyna bolýar. Enjam ýokary galdyrylanda basyş peselýär ýene-de guýyda erginiň derejesi peselende hem basyş peselýär. Bu ýagdaýda dag jynslarynyň dartgynly ýagdaýynyň üýtgemegini aşakdaky ýaly kesgitlep bolar

$$\Delta \sigma_z = 0;$$

gidrodinamiki basyşyň üýtgemegi geostatiki basyşa täsir etmeýär

$$\Delta\sigma_r = \sigma_{rP} - [(\lambda P_r - P_C) \frac{r_c^2}{r^2} - \lambda P_r] \quad (\text{III.13})$$

$$\Delta\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta P} + [(\lambda P_r - P_C) \frac{r_c^2}{r^2} + \lambda P_r]$$

$P_C$  – guýyda  $z$  çuňlukda gidrodinamiki basyşyň ululygy

$$P_C = \gamma_1 z + \Delta P \quad (\text{III.14})$$

$\Delta P$  – guýyda gidrodinamiki basyşyň üýtgemegi.

Dartgynlyklary goşup alarys:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \sigma_{zP} + \sigma_{zT} \\ \sigma_r &= \sigma_{rP} + \sigma_{rT} + \Delta\sigma_r \\ \sigma_{\theta} &= \sigma_{\theta P} + \sigma_{\theta T} + \Delta\sigma_{\theta} \end{aligned} \quad (\text{III.15})$$

Deňleme (III.15) gazylýan gyýynyň töwereginde dartgynlygyň çäýe ýaýramagyny häsiýetlendirýär.

### §3. Guýynyň diwarlarynyň berkliginiň şerti

Guýynyň diwarlarynyň berkligini ýitirip opurylyp başlamagy guýyda basyşyň peselip dag jynslarynyň soňky çäge ýetende bolup geçmegi mümkin. Şonda maýyşgaklyk deformasiýasy guýynyň diametriniň kiçelmegine, port owranmak bolsa – diwarlaryň opurylmagyna we dökülmegine getirýär, şeýlelikde burawlamakda päsgelçilik döretýär. Şeýle bolansoň guýyň diwarlarynyň berkligini ýitirmezlik üçin guýyda zerur bolan basyşy saýlap almalydyr. Egerde termiki dartgynlygy hasaba almasaň onda guýyň diwarlaryndaky dartgynlygyň goşulyjylaryny aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= P_r; \\ \sigma_r &= P_C; \\ \sigma_{\theta} &= (2\lambda P_r - P_C) \end{aligned} \quad (\text{III.16})$$

Silindrik ulgamda Moryň umumylaşdyrylan berklik şerti aşakdaky ýaly

$$(\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_z - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_\theta)^2 \leq 2\sigma_{is}^2 \quad (\text{III.17})$$

$\sigma_{is}$  – dartgynlygyň  $\sigma_0$ -yň ortaça funksiýasy

$$\sigma_0 = \frac{1}{3} (\sigma_z + \sigma_r + \sigma_\theta) \quad (\text{III.18})$$

(III.16)-yň goşujylaryny (III.18) goýup alarys:

$$\sigma_0 = \frac{1-2\lambda}{3} P_r \quad (\text{III.19})$$

Ýagny dag jynslarynda ortaça dartgynlyk guýydaky basyşa bagly bolmaýar. Şonuň ol  $\sigma_{is}$ -iň  $\sigma_0$  çakli baglanyşy arkaly  $\sigma_{is}$  ululygyna baha bermäge mümkinçilik berýär. Dag jynslarynyň dartgynly ýagdaýy soňky çäklere golaýlanda, gaty jisimleriň uzak möhletli berkliginiň üýtgemek kanuny boýunça wagtyň dowamynda  $\sigma_{is}$  peselmegi ýüze çykýar. Bu hadysa basyşyň we temperaturanyň çalt-çalt üýtgemegi bilen has hem ýygymlaşýar. Analitiki we eksperimental barlaglaryň netijelerini (gaty jisimiň uzak wagtlyk berijiginiň netijeleri) bolar. Berýän bahasyna görä guýy şertinde dag jynslarynyň uzak möhletli berkligi başdakysyna garanda 0,85-0,95 bolýar.

Şuny kabul etýäris:

$$\sigma_{isg} = (0,85 + 0,95) \sigma_{is} \quad (\text{III.20})$$

(III.16) bahalaryny (III.17) goýup we (III.20) hasaba alyp we ony işläp guýyda bolmaly minimal basyşy hasaplamak üçin deňleme alarys:

$$P_{Cmin} > \lambda P_r - \sqrt{\frac{\sigma_{isg}^2 - P_r^2 (1-\lambda)^2}{3}} \quad (\text{III.21})$$

Mundan başgada guýyda minimal basyş deňdir

$$P_{Cmin} = \gamma_{min} z - \Delta P \quad (\text{III.22})$$

$\gamma_{min}$  – ýuwujy erginiň minimal udel agramy

$\Delta P$  – guýyda garaşylýan basyşyn peselmegi

$z$  – guýynyň çuňlugy. Bu ýerden guýynyň diwarynyň berklik şerti aşakdaky ýaly bolar.

$$\gamma_{1min} \geq \frac{P_{Cmin} + \Delta P}{z} \quad (\text{III.23})$$

Soňra guýynyň diwarynyň berklik ýagdaýyny kesgitlemek üçki ýuwujy erginiň udel agramyny deňleme boýunça hasaplanýar.

$$\gamma_{1min} \geq \gamma_0 - \frac{P_{CT}}{1,5z} \quad (\text{III.24})$$

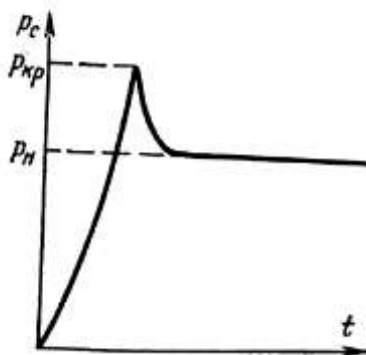
1,5 – berklik ätiýaçlygy.

#### §4. Gatlagyň gidroüzülmesi

Guýyda basyşy üznüksiz ýokarlandyrmak bolmaýar sebäbi dag jynslarynyň gidro üzülmegi ýa-da bar bolan jaýryklaryň ulalmasy mümkin. Gidroüzülme bolanda buraw döwründe erginiň birden köp harç edilmesi bilen ýüze çykyar.

Surat 22 guýa belli bir sydyrgyn (hemişelik) basyşda ergin goýbermek arkaly eksperimental (barlag) üzülmegiň guýydaky basyşyň  $P_c$  üýtgeýşiniň baglylygynyň grafiki görkezilen. Ilki başda basyş aňry çäge çenli ýokarlanýar  $P_{kr}$ . Soňra peselýär we soň bolsa durumly bolýar we bu ýagdaýa goýbermek basyşy  $P_H$  diýilýär.  $P_{kr}$ - $P_H$  aralykdaky basyş jaýrygyň emele gelip başlanany aňlatýar. Iş döwründe gözegçilik etmeklik  $P_{kr}$ - $P_H$  aralykdaky basyşyň köplenç

ýagdaýda bolmaýanlygyny görkezýär. Şuňa esaslanyp gidro üzülmelerde dag jynslarynda tebigi taýdan бүтewiligiň bozulmasy bolup geçýär diýen netijä gelmek bolýar.



**Surat 22. Guýyda basyşyň üýtgemegi bilen gidroüzülme grafigi**

Gidroüzülme bolan ýagdaýynda guýynyň diwarynda çekiji (dartyjy) dartgynlyklar bolmaly. Gidroüzümäň garşysyna esasy duzyýan zat – dag basyşydyr. (III.16) deňlemelerde görkezisişi ýaly guýynyň töwereginde ýaýran çeyde dartgynlykda çekiji dartgynlyk bolup diňe  $\sigma_0$  tangensial dartgynlyk bolup biler.

$$\sigma_0 > 0 \text{ şerte}$$

$$P_c > 2\lambda P_r \quad (III.25)$$

gabat gelýär.

Puassonyň koeffisiýentiniň ähmiýeti köp dag jynslary üçin  $\mu = 0,1 \div 0,3$  aralykda bolup ol  $\lambda = 0,11 \div 0,43$ . Ähmiýete (ululyga) gabat gelýär. Bu ulylyklary (III.25) goýup-alarys:

$$P_c > (0,22 \div 0,86) P_r$$

Adaty ýagdaýda gatlak basyşy  $P_n \approx 0,4 P_r$ . Suwuklygy egerde  $P_c > P_n$  bolsa goýbermek mümkin. Bu ýerden

$$P_C > (0,40 \div 0,86) P_r$$

bu görkeziji berilen gidroüzülmäniň aňrybaş basyşlaryna gabatlaşýar

$$P_n > (0,49 \div 0,91) P_C$$

Şunlukda dag jynslarynda dik jaýryklaryň emele gelmegi ýa-da olaryň (bar bolanlarynyň) giňelmegi bolýar diýen çaklama hakykaty gaýyp bolýar. Beýle çaklama Skott, Wirten we Goward tarapyndan öňe sürülen. S.A. Hristanowich başga çaklamany öňe sürýär. Maýyşgaklyk deformasiýasynyň netijesinde dag jynslarynyň berkligi pes jynslarynda (toýun we toýunsow) guýynyň töwereginde dag basyşynyň peselmegi bolup geçmegi mümkin. Şonda kese jaýryklaryň basyşyň dag basyşyndan pes bolan ýagdaýynda üstüniň açylmagy we giňemegi mümkin. Jynsyň esasy häsiýetleriniň biri gidroüzülmede kritikiý basyşdyr  $P_{kr}$ . Temperaturanyň üýtgäp durmagy, gidrodinamiki basyşyň üýtgäp durmagy burawlanýan guýyda gidroüzülmäniň aňryçäk (kritiki) basyşynyň ululygynyň peselmegine getirýär. Şu nukdaý nazardan guýynyň diwarynyň uzak wagtlaýyn berijiligi baradaky soragy çözmelidir. Rugsat edilýän basyşyň ululygyna maslahat berilýän çäklendirilen

$$P_{Cmax} \leq (0,85 \div 0,90) P_{kr} \quad (III.26)$$

Egerde  $P_{kr}$  ululygy barada maglumat ýok bolsa, diňe Puassonyň koeffisiýenti hakda maglumat bar bolsa, onda guýyda ulanyp boljak maksimal basyşy aşakdaky deňleme boýunça hasaplap bolýar:

$$P_{Cmax} \leq 2\lambda P_r \quad (III.27)$$

Bu ýerde  $\lambda$  (III.3) deňleme boýunça hasaplaýarlar.

Guýydaky basyşy aşakdaky ýaly ýazmak bolar

$$P_{Cmax} = \gamma_{1max} Z + \Delta P \quad (III.28)$$



Bu ýerden jynsnyň gidroüzülme şertini duýduryjy ýagdaý aşakdaky görnüşde bolar

$$\gamma_{1max} \leq \frac{P_{Cmax} - \Delta P}{z} \quad (\text{III.29})$$

## §5. Guýyny ýuwmak üçin suwuklygyny udel agramyny saýlap almak

Ýuwujy erginiň udel agramyny sazlamak guýydaky basyşy sazlamak üçin esasy şertleriň biridir. Flýuidler bilen baýlaşan gatлага garşy basyşy döretmegiň ähmiýeti uludyr. Adaty garşylyk basyşyny döretmegiň şerti aşakda görkezilen

$$\gamma'_1 = \gamma_b [P'_n + (0, 1 \div 0, 2)] \quad (\text{III.30})$$

$\gamma_b$  – suwuň udel agramy;  $P'_n$  - gatlagyň otnositel basyşy.

Hasaplamalaryň netijesinde ýuwujy erginiň udel agramynyň üç ähmiýetine gelinýär:  $\gamma_{1min}$ ;  $\gamma_{1max}$  we  $\gamma'_1$ . Üç ýagdaý bolmagy mümkin.

Birinji ýagdaý

$\gamma_{1min} < \gamma'_1 < \gamma_{1max}$  burawlamyň ýagdaýy kadaly udel agramy  $\gamma'_1$  bolan ýuwujy erkin ulanmaklyk maslahat berilýär.

Ikinji ýagdaý

$\gamma'_1 < \gamma_{1min} < \gamma_{1max}$  burawlamagyň ýagdaýy çylşyrymlaşan, udel agramy  $\gamma_{1min}$  ýuwujy ergin maslahat berilýär, ýöne ýuwujy ergini ýuwutmaklyk (erginiň gatлага siňmegi) ähtimal. Egerde  $\gamma_1 = \gamma'_1$  kabul edilse, onda guýynyň diwarynyň opurylmagy mümkin.

Üçünji ýagdaý

$\gamma_{1\min} < \gamma_{1\max} < \gamma_1'$  burawlamagyň ýagdaý örän çylşyrymly. Diňe sazlaşykly basyşda burawlamak gowy netije berer ýagny

$$\gamma_1 = \gamma_b P_n' \quad (\text{III.31})$$

Sazlaşykly basyşda burawlamagyň tehnologiýasy häzirki wagtda ornaşdyrylyp başlady.

## §6. Guýynyň diwaryny düzýän dag jynslarynyň deformirlenmegine we owranmagyna täsir edýän zatlar

Dag jynslary erkin ýatyş ýagdaýynda, hem-de burawlamak arkaly üsti açylanda suwuk jisimleriň täsirine duşýarlar. Gaty jisime suwuklygyň edýän täsirine akademik Rebinderiň işi bagyş edilen. Gaty jisimiň deformirlenmek we owranmak hadysasyna suwuklygyň onuň üstüne etýän fiziko-himiki täsiri, ýagny üstki gatlagyň öllemegi (ezilmegi), adsorbsiýa we eremegi täsir edýär. Gaty jisimler suwuklyk bilen öllenmekde (ezilmekde) iki bölege bölünýärler-gidrofil we gidrofob. Gidrofil jisimler suw bilen gowy ezilýärler, uglewodorod suwuklyklary bilen ýaramaz ezilýärler, gidrofob bolsa tersine bolýar. Burawlama wagtynda owradylýan hemme dag jynslary gidrofil jisimlerdir, olar suwda gowy ezilýärler. **Adsorbsiýa diýilip** gaty jisimiň üstünde gazdan ýa-da ergin bölünip çykýan elementleriň toplanmagyna diýilýär. Bölünip çykýan zada adsorbat diýip, şol haýsy jisimiň üstünden çykan ol jisime-de **adsorbent diýilýär**. Adsorbat jisimiň üstünde jemlenmegi onuň fiziko-himiki taýdan adsorbente meňzeşligi näçe köp bolsa şonçada köp çykar. Şeýle jisimlere üstki aktiw jisimler gysgaça (PAW) diýilýär. Dag jynslary suw bilen ezilende we gandyrylanda olaryň berkligi peselýär. Mysal üçin: boşlow dag jynslary (hek we çägesow) gysylmakda olaryň berkligi suw bilen ezilende 25%-45% peselýär. suwa PAW goşulsa onuň aktiwligini ýokarlandyrýar. Rebinder, Şreýner dagyň barlaglary, ergin aýratynam adsorbirlenýän PAW boşluklara we jaýryklara düşmek bilen gaty jisimiň erkin boş

energiýasyny azaltmakdan başga gaty jisim deformirlenende içki sürtülmäni hem peseldýär we berijiligiň pesellegine getirýär. Bu ýagdaýa Rebinderiň effekti diýip at berilen Rossiýanyň günortasynda ýerleşýän kesimlerde suw bilen ezilende çişýän toýun gatlaklary kändir. Rus platformasynda ýerleşýän kesimde dökülýän we suwda çişmeýän toýunsow dag jynslary köp. Bu dag jynslarynyň düzümi oskolka görnüşli (çiş-çiş) we plita görnüşlidir. Suw ýuwujy erginden syzylyp çykyp oskoloklan daşyny ölleýär we onuň berkligini örän peseltýär. Buraw enjamlarynyň hem basyşyň üýtgäp durmagynyň tasiri astynda şeýle dag jynslary guýynyň içine dökülip burawlamagy kynlaşdyrýar.

Soňky döwürlere çenli suwuň dag jynslaryna siňmegine täsir etýän zat diýilip guýy bilen gatlagy arasyndaky položitel basyş hasaplanandyr.

Soňky döwürde barlagçylaryň ünsüni osmos hadysasy - toýunsow dag jynslarynyň berkliginiň peselmegi, opurylmagy onuň suwda çişmegi ünsi çekip başlady. Osmos hadysasy diýlip eredijiniň (biziň ýagdaýymyzda suwuň) molekulasy boşlukdan geçýär, emma eräniniň molekulasy bolsa saklanýar, ýagny eredijiniň eräp jisimiň az toplanan ýerinden köp toplanan ýerine geçmek hereketi bolup geçýär. Burawlamakda jynsyň dartgynlylygynyň aýrylmagy we ýuwujy ergin bilen kontaktlaşmagy toýunsow jynsyň suwy özüne aktiw sormagyna şert döretýär. Duzlar burawlananda ýuwujy ergin olaryň çalt eremegine getirýär. Jaýryklara girip suw olaryň giňelmegine getirýär, kristallitleriň arabaglanyşygy bozulýar we olaryň opurylmagyna ertýär. Ýokarda seredilen ýagdaýda opurylma garşy çärelerde ýuwujy erginiň udel agramyny sazlamak esasy zat bolman, dag jynsyny eretmeýän we olar bilen özara baglanyşyk etmeýän ýuwujy ergin saýlanmalydyr.

## §7. Guýyny gurşap alan dag jynslarynyň süýşmegi

Guýynyň diwarlaryny düzýän dag jynslarynyň şepbeşiklik (reologik) häsiýeti guýy çuňgaşdygyça uly ähmiýete eýe bolýar. Häzirki wagtda çuň burawlarda süýşmek görnüşindäki reologiki häsiýet dag jynsynyň toýunsow, goloidnyý we kükürt turşy toparlarynda ýüze çykýar. Burawlamak tejribesinde jynsyň reologik häsiýetini nazara almak talabyny talap edýän aşakdaky ýagdaýlar döremegi mümkin.

1) Şeýle ýuwujy erginiň udel agramyny kesgitlemek (guýynyň diwaryna garşylyk basyşyny döretmek) ýagny belli bir wagtda (mysal üçin, guýy burawlanýan döwri, dolotonyň reýsiniň arasy) guýynyň diametrik bellenen ululykdan geçmezlik şerti bilen.

2) Berilen udel agramly ýuwujy erginde guýynyň diametriniň üýtgemeginiň çäge etmeli wagtyny kesgitlemek.

3) Oturtma sütüne jynsyň basyşyny peseltmek, hem-de sütüne süýşmeklige meýilli jynsyň gönükdirilen agramyny kesgitlemek. Bu meseleleriň çözgütleri (6, 28, 52, 62) getirilýär.

Guýynyň sütüniň töweregindäki zonasynyň süýşmekliginiň netijeli öwrenilmegi we toýunsow dag jynslarynyň süýşmekliginiň dürli faktor berilen. Ol barlaglar içi boş jyns böleginde hemme taraplaýyn gysyş ýagdaýynda geçirilen. Aşakdaky esasy netijeler alynan. Toýunsow jynslar tas her tüýsli deň derejeli däl dartgynly ýagdaýda süýşmeklige meýilli. Guýy tarapyndan garşylyklaýyn basyş bilen bir hatarda jynsyň temperaturasy we töweregiň fiziko-himiki täsiri hem örän uly täsir edýär. Aktiw däl töweregi jemlemek hem jynsyň süýşmeklik tizligini peseltýär.

# IV-nji BAP.

## DAG JYNSYNY ÜSTÜNDEN BASANYŇDA ONUŇ OWRANMAGYNYŇ ESASY KANUNALAYYKLYGY WE ONUŇ MEHANIKI HÄSIÝETLERINIŇ GÖRKEZIJILERI

### §1. Dolotonyň elementleri bilen dag jynsynyň özara baglanyşygynyň esasy şekili

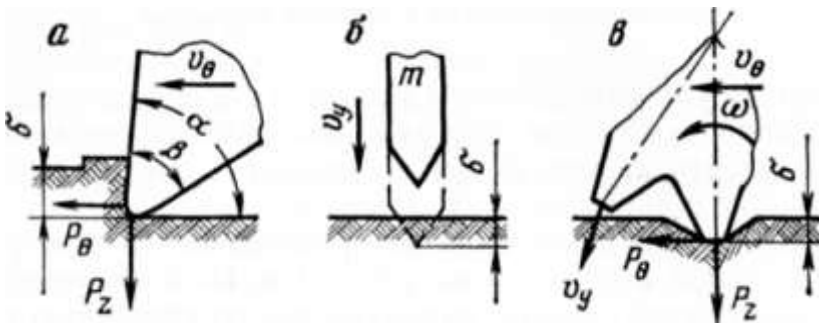
Guýyny burawlamak üçin ulanylýan hemme jyns owradyjy enjamlar, dag jynsy özara baglanyşykdaky ýagdaýlaryna görä üç uly synpa bölünýär: kesiji-goparyjy, owradyjy we owradyjy-goparyjy.

Surat 23a kesiji-goparyjy enjamynyň dag jynsy bilen özara baglanyşygy görkezilen. Şekilden görnüşi ýaly dolotonyň işleýän elementleri  $\mathfrak{P}_0$  tizlik bilen hereket edip dag jynsyny kesýär (goparyýar). Işň ölçegleri – hereketiň tizligi  $\mathfrak{P}_0$ ;  $\mathbf{P}_z$  we  $\mathbf{P}_0$  güýçler hem töweregi gurşap alan sreda – şekilde jynsy owratmagyň esasy şertiniň häsiýetleri bolup durýar. Dolotonyň döwüji hereketi (surat 23b). Döwüji hereketde doloto bilen guýynyň düýbine göni urgy geçirilýär. Owranmagyň dinamiki hadysasy enjamyň kinetic energiýasy  $\mathbf{T}_k$  we jynsyň deformirlenmek  $\mathbf{U}$  potensial energiýasy deňleme bilen aňladylýar.

$$\mathbf{T}_k = \frac{m\mathfrak{P}_0^2}{2} \quad (\text{IV.1})$$

$$\mathbf{U} = \int_0^{\delta_{\max}} \mathbf{P}_z(\delta) d\delta \quad (\text{IV.2})$$

$m$  – urgy ştangasynyň we dolotonyň agramy;  $\mathfrak{P}_0$  – dolotonyň dag jynsyny urýan wagtky tizliginiň momenti  $\delta_{\max}$  – dolotonyň jynsa maksimal çümmeği,  $\mathbf{P}_z(\delta)$  – jynsyň dolotonyň ümmegine garşylygy.



**Surat 23. Dag jynsy bilen dolotanyň ýaragynyň özara baglanyşygynyň şekili**

a-kesip-owratma; b- owratma; ç-sürtüp-kesme

$T_k=U$  şerti enjamyň dag jynsyna uryda özara baglanyşygynyň derňewinde esasy şert bolup durýar. Döwujy – goparyjy synpda (surat. 23b) dolotonyň elementiniň jyns özara baglanyşygynyň şekili has hem çylşyrymly bolýar. Jyns bilen özara baglanyşýan dolotanyň dişi jynsa  $P_z$  güýç bilen çümdürilýär, bir wagtyň özünde dolotonyň süýşiji tizliginde  $\vartheta_\theta$  hem bolýar we aýlanma tizligine  $\omega$  hem gatnaşýar. Şol wagtyň özünde beýleki diş jynsyn üstüne tarap  $\vartheta_y$  hereket edip jynsyn üstüne urulýar.

$$\overline{\vartheta_y} = \overline{\vartheta_\theta} + \overline{\vartheta_\omega} \quad (IV.3)$$

$\vartheta_\omega = \omega r$  ( $r$  – şaroşkadaň birden aýlanma merkezi bilen dişiň ujuna çenli bolan aralyk).

Beýleki wagtlarda güýç birinji dişden ikinjä geçip başlaýar, soňra birinji diş jynsdan kontaktdan çykýar. Şeýlelikde dolotonyň her bölegi wagtal-wagtal dag jynsyna çylşyrymly owradyjy – goparyjy hereketi geçirýär.

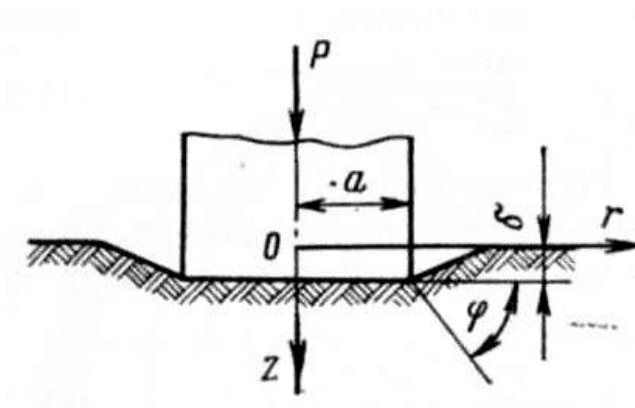
## § 2. Dag jynslarynyň üstünden basylanda çeyýe dartgynly ýagdaýy

Dolotonyň elementleri bilen dag jynslarynyň özara baglanyşlygy ýokardaky şekilleriň görkezşiine görä guýynyň düýbündäki jynslar adaty we galtaşma güýçleriň bilelikdäki hereketinden öwränýarlar. Buraw mahaly dag jynsynyň dartgynly ýagdaýy hakda umumy çözgüt ýok. Ýöne dartgynly ýagdaýy gowy hilli öwrenmek üçin aýratyn çözgüt ulanalyň, şekili kämilleşdirmek üçin diýeliň, dag jynsy izotronnyý, Gukuň kanunyna boýun edýär, çeyýe häsiýetnamasy güýç bermegiň tizligine we dartgynly ýagdaýa bagly däl diýip hasap edeliň. Jyns owradyjy enjamlaryň elementleri her dürli deňlemede bolýar. Bir ýagdaýda olar kesiji uçlary ýasy rezes görnüşinde, ýene bir ýagdaýda olar diş görnüşinde - uçlary ýasy ýa-da ýarym aýlaw görnüşinde ýener bir ýagdaýda olar çiş görnüşinde bolýarlar. Şu ýerde enjamyň üstünden basylanda çeyýe gaty jisimde dartgynlygyň paýlanyşynda üç sany esasy mesele ýüze çykýar. Olar:

- 1) owradyjy organyň uýy ýasy görnüşinde;
- 2) silinsr şekilli;
- 3) ýarym aýlaw (şar) şekilli;

Bu meseleleriň çözgüdinde Bussinesiň çeyýe ýarym giňişlige jemlenen güýçleriň edýän täsiri hakyndaky işi ýatyr. Görkezilen meseleleriň çözgüdiniň usullary L.A. Şreýneriň, W.S. Wladislawlewa, B.W. Baýdýuka, N.N. Pawlowoý we R.M. Eýgelesiň işlerinde tanyşmak bolar. Şol işleriň esasy netijeleri bilen tanşalyň. Jyns owradyjy enjamlaryň deformasiýa moduly dag jynslarynyň deformasiýasynyň modulyndan kän gezek ýokarydyr. Şonuň üçin basyjy elementleri absolýut gaty kabul edeliň.

1. Esasy ýasy silindr görnüşli ştamptasylanda dartgynlygyň paýlanyşy. Ýasy esasly gaty ştamptasy çeyýe ýarym giňişlige “r” ony boýunça täsir etýän “P” güýç bilen basylýar (surat 24).



**Surat 24. Gaty ştambyň netijesinde gysylýp çykan şekiliň hasaplamasy**

Mesele esasanam metrida bolansoň çözüdi silindriki koordinatda berilýär. Basyşyň paýlanyşy (tegelegiň radiusy boýunça) aşakdaky ýaly ýazylýar.

$$P = \frac{P}{2\pi a \sqrt{a^2 - r^2}} \quad (\text{IV. 4})$$

a – ştampyň radiusy.

(IV. 4) görnüşi ýaly egerde  $r=0$  bolsa onda

$$P = \frac{P}{2\pi a^2} \quad (\text{IV. 5})$$

ýöne  $r=a$  bolsa, onda  $P=\infty$ , ýagny basyşyň paýlanyşy birmeňzeş däl-merkeze minimal basyş täsir edýär, kontaktyň konturyňa bolsa maksimal basyş täsir edýär. A.A. Şreýneriň barlag işiniň netijesi boýunça iki jisimiň biri-birine galtaşýan meýdanyna täsir edýän basyşyň paýlanyşy basmaklygyň başlangyç pursatynda birmeňzeş däl, soňra basyşyň paýlanyşyny birmeňzeş diýip kabul etmek bolýar.



$$P = \frac{P}{\pi a^2} \quad (\text{IV. 6})$$

Basyşyň birmeňzeş däl ýagdaýy üçin şampyň ýeriniň üýtgemegine aşakdaky deňleme bilen kesgitleýär.

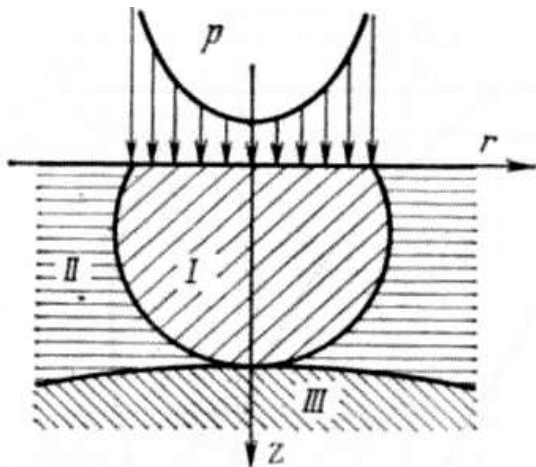
$$\delta = \frac{P(1-\mu^2)}{2aE} \quad (\text{IV. 7})$$

Birmeňzeş basyşyň paýlanyşy:

$$\delta = 0,54 \frac{P(1-\mu^2)}{aE} \quad (\text{IV. 8})$$

$\mu$  - Puassona koeffisiýent;  $E$  – Ýungaň moduly.

Gaty şampy basalyňda çeyre ýarym giňişligiň dartgynly ýagdaýynyň derňewi berilen. Diýeliň, şampyň aşagynda  $\delta_1=0$  üsti çäklenen, hemme tarapyndan gysylýan I meýdan ýatyr. (surat 25). Bu oblastyň ölçegleri çaknyşyk edýän meýdanyň radiusy we Puassonyň koeffisiýenti bilen kesgitlenýär.



**Surat 25.** Dag jynslaryň stamp boýunça dartgynlyk aralylygynyň meýdany we basyşyň bölünişiniň grafigi

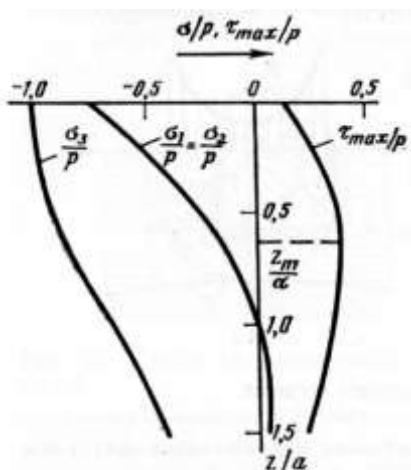
Hemme tarapyndan gysylýan bölek I, esasy dartgynlygyň biri noldan uly (süzülme) bölek U bilen gurşalyp.

Bölek II aşakda  $\delta_2=0$  üst bilen çäklenen soňra bölek III, nirede  $\delta_1>0$  we  $\delta_2>0$ . Esasy dartgynlyklary simmetriýa okunda deň derejede basyşyň paýlaşygynda koordinatyň funksiýalary ýaly  $z'=z/a$  S.P. Timoşenkynyň deňlemesiboýunça bölmek bolýar.

$$\frac{\sigma_1}{P} = \frac{\sigma_2}{P} = -\frac{1+2\mu}{2} + \frac{(1+\mu)z'}{\sqrt{1+(z')^2}} - \frac{1}{2} \left[ \frac{z'}{\sqrt{1+(z')^2}} \right]^3 \quad (\text{IV.9})$$

$$\frac{\sigma_3}{P} = -1 + \left[ \frac{z'}{\sqrt{1+(z')^2}} \right]^3 \quad (\text{IV.10})$$

Surat 26 (IV.9) we (IV.10) hasaplamalaryň netijeleri görkezilen.



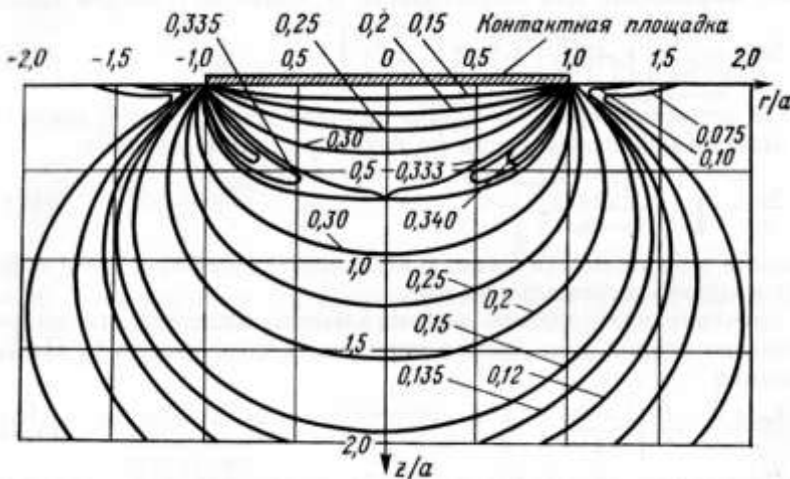
**Surat 26. Simmetrik okunyň ýarym giňişlikde  
dartgynlygynyň üýtgemeginiň grafigi ( $r=0$ )  $\mu=0,25$**

Surat 26 görnüşine görä galtaşmaň (kontaktyň) üstünden daşlaşdygyça gysyjy dartgynlylyk azalýar, hasam  $\delta_1$  we  $\delta_2$  çalt azalýar we birnäçe daşlykda sozujy dartgynlyga öwrülýär – ýöne sozujy dartgynlygynyň ululygy adaty basyşyň ullugynyň 10% ýokary geçmeýär. Basmaklykda gaty jisimiň

dartgynly ýagdaýynyň häsiýetinde esasy zat diýilip galtaşma dartgynlygynyň maksimal ýagdaýy kabul edilýär.

Surat 27 şampynyň töwereginde deformirlenýän ýarym giňişlikde ýaýraýan maksimal galtaşma dartgynlyk otnositel ululykda berilýär.

$$\frac{\tau_{\max}}{P} = f\left(\frac{z}{a}; \frac{r}{a}\right) \quad (\text{IV.11})$$



**Surat 27. Şamp boýunça ýarymgiňişlikde çaknyşýan dartgynlygynyň deň çyzygy  $\mu=0,3$**

$\tau_{\max}/P$  deň bolan çyzyklar şampynyň konturynda birleşýärler. Iň uly dartgynlyk şampynyň konturynda döreýär. Soňra maksimal galtaşma dartgynlygynyň maksimumy (iň ýokary çägi) dil görnüşinde  $z$  onuna tarap aňyrlygyna gidýär. Ýarym giňişligiň şampynyň konturynda galtaşýan nokatlary aýratyndyr, sebäbi konturyň çyzygyndan geçende üste bolan basyş birden üýtgäp maksimumdan nola çenli üýtgeýär (surat. 25 seret) we birinji adatdan daşary (ekstremal) zonany döretýär. Dartgynlygy emele getiriji komponentler (goşulmalar, düzüjiler) Lýawiň deňlemesi bilen ýazylyar.

$$\frac{\sigma_z}{P} = \frac{1}{2\pi} (-2\varphi + \sin 2\varphi)$$

$$\frac{\sigma_r}{P} = \frac{1}{2\pi} [-(1-2\mu)\pi - 2\varphi + \sin 2\varphi] \quad (\text{IV.12})$$

$$\frac{\sigma_\theta}{P} = -\frac{1}{2\pi} [(1-2\mu)\pi + 4\mu\varphi]$$

$$\frac{\tau r^2}{P} = -\frac{1}{\pi} \sin^2 \varphi$$

$\varphi$  -  $\mathbf{zOr}$  tekizlikdäki burç (seret surat 24)

(IV.12) deňleme esasynda ýarymgiňişlikde  $\tau_{\max}/P$  iň uly ýagdaýyny R.M. Eýgeles aşakdaky ýaly ýazdy.

$$\frac{\tau_{\max}}{P} = \frac{1}{2\pi} \left[ 1 + \sqrt{1 + \pi^2 \left( \frac{1-2\mu}{2} \right)^2} \right] \quad (\text{IV.13})$$

Oz simmetriýa okunda  $\tau_{\max}/P$  ilki ösýär, ulalýar we maksimal derejä  $z_m$  uzaklykda ýetýär (surat 26).

$$\frac{z_m}{a} = \sqrt{\frac{2(1+\mu)}{7-2\mu}} \quad (\text{IV.14})$$

$\mathbf{z=z_{max}}$  koordinatly nokadyň töwereginde  $r=0$  ikinji adatdan daşary (ekstremal) zona döreýär. Ikinji bölekde galtaşma dartgynlygyň maksimal bahasyny S.P. Timoşenkonyň deňlemesi boýunça hasaplanýar.

$$\frac{\tau_{\max}}{P} = \frac{1}{2} \left[ \frac{1-2\mu}{2} + \frac{2}{9} \sqrt{2(1+\mu)^3} \right] \quad (\text{IV. 15})$$

(IV. 13) we (IV.15) görnüşi ýaly  $\tau_{\max}/P$  iň uly derejesi diňe Puassonyň koeffisiýentine bagly bolýar.

Tablisa № 10 getirilen hasaplamalaryň netijeleriniň görkezişi boýunça  $\tau_{\max}/P$  birinji zolakda diňe 5-10% ikinji

zolakda garaňda köpdür. Ýaly aktoedrikey galtaşma dartgynlyklaryň şampyň aşagyndaky ýarym giňişlikde bölünişi maksimal galtaşma dartgynlygyň bölünişine meňzeşdir. Diýmek galtaşma dartgynlygyň ýygylgynyň bölünişi hem meňzeş bolar.

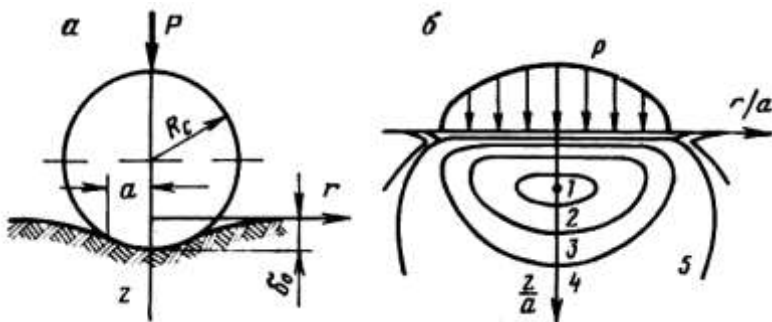
**Tablisa 10**  
**Gysylan şampyň  $\tau_{\max}/p$  iň uly bahasy**

<b>Zolak</b>	<b><math>\tau_{\max}/p \mu</math></b>		
	<b>0</b>	<b>0,25</b>	<b>0,5</b>
Birinji ( $z = 0, r = a$ )	0,45	0,36	0,32
Ikinji ( $z = z_m, r = 0$ )	0,41	0,34	0,29

2. Gaty jisim basylanda dartgynlygyň paýlanyşy. Agram berilmeyän wagty jisim gaty jisimiň üstünde nokatda galtaşýar . Jisime agram berildiçe (bu ýerde jisim diýip dolotonyň dişine düşünmeli) galtaşylýan ýerde tegelek meýdança emele gelip başlaýar. Galtaşylýan meýdançaň radiusy, meýdançada basyşyň paýlanyşy (ýaýraýşy) Gersen tarapyndan işlenen. Hasaplama şekili surat 28 galtaşma meýdaçasy “a” radiusy.

$$a = \sqrt[3]{\frac{3PR_c(1-\mu^2)}{4E}} \quad (IV.16)$$

$R_c$  – jisimiň radiusy.



**Surat 28.**

a - şekiliň hasaby; b -  $\tau_{\max}/p_{\max}$  deň çyzygyň bahasy we basyşyň bölünişi, basylan sfera boýunça ( $\mu=0,30$ )

Meýdançaň merkezinde basyşyň iň uly ýeri deňdir

$$P_{\max} = \frac{3P}{2\pi d^2} \quad (\text{IV.17})$$

Galtaşma meýdançasynyň diametral kesimi boýunça basyşyň paýlanyşy ellips deňlemesi boýunça

$$P = P_{\max} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2} \quad (\text{IV.18})$$

Galtaşmaň merkezi nokadynyň süýşmegi

$$\delta_{0(\max)} = \frac{3P(1-\mu^2)}{4aE} \quad (\text{IV.19})$$

Gaty jisimiň dartgynly ýagdaýynyň analiziniň görkezişi (106) ýaly jisimiň aşagyndaky dartgynlygyň gurluşy edil silindrik şampyň aşagyndaky ýaly, ýöne jisimi basmaklykdaky hemme taraplaýyn gysyş meýdany şampy basanyndaky dan azdyr: jisimi basanynda maksimal galtaşma dartgynlyklaryň bölünişi surat 28b görkezilen. Surat 28b görnüşi ýaly galtaşma dartgynlygyň iň ýokary maksimal derejesi bira galtaşmaň

üstünden birmeş çuňlukda (takmynan 0,5-e) simmetriýa asynda, hem-de basyşyň konturynda ýüze çykýar, ýagny ýene-de iki adatdan daşary (ekstremal) zolak bolýar.

Birinji zolakda esasy dartgynlyk ( $z=0$ ,  $r=0$ ) şeýle bolýar:

$$\frac{\sigma_1}{P_{\max}} = \frac{\sigma_3}{P_{\max}} = \frac{1-2\mu}{3}$$

$$\sigma_2 = \sigma_z = 0 \quad (\text{IV. 20})$$

Şu ýerden daş ýüzünden galtaşma baryan ýerinde maksimal galtaşma dartgynlygy

$$\frac{\tau_{\max}}{P_{\max}} = \frac{1-2\mu}{3} \quad (\text{IV. 21})$$

Simmetriýa onundaky  $z'=z/a$  koordinatyň görnüşleri ýaly esasy dartgynlygy aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$\frac{\sigma_1}{P_{\max}} = \frac{\sigma_2}{P_{\max}} = -(1+\mu) \left( 1 - z' \operatorname{arctg} \frac{1}{z'} \right) - \frac{1}{2[1+(z')^2]}$$

$$\frac{\delta_2}{P_{\max}} = -\frac{1}{1+(z')^2} \quad (\text{IV. 22})$$

(IV. 22) deňlemeden maksimal galtaşma dartgynlygy hasaplap boljak deňlemäni almak kyndäl.

$$\frac{\tau_{\max}}{P_{\max}} = -\frac{1}{2} (1+\mu) \left( 1 - z' \operatorname{arctg} \frac{1}{z'} \right) - \frac{3}{2[1+(z')^2]} \quad (\text{IV. 23})$$

Tablisa № 11 uly bolmadyk galtaşma dartgynlygyň adatdan daşary ekstremal zolaklarda otnositel ululyklary berilen.

**Tablisa 11**

**Gysylan sferanyň t iň uly bahasy**

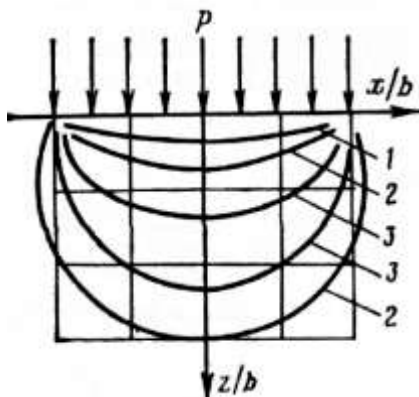
zolak	$\tau_{\max}/p \mu$		
	0	0,25	0,5
Birinji ( $z = 0, r = a$ )	0,33	0,17	0
Ikinji ( $z = z_m, r = 0$ )	0,39	0,32	0,27

3. Gönüburçly şampy basaňda dartgynlyklaryň ýaýramagy (bölünmegi). Şaroşka görnüşli dolotonyň frezerli dişleri gönüburçlyk görnüşinde ýere ýasy üst bilen galtaşýar. Gönüburçly şampyň aşagynda dartgynlygyň ýaýramagyny çözmek meselesi örän kän iş talap edýär. Ýöne gönüburçlygyň uzynlygy işine görä baş gezek uzyn bolsa, onda tükeniksiz uzyn zolagyň aşagynda dartgynlygyň ýaýraýyşy çözüň mysaly ulansa bolýar. Zolagyň бүтін üstünde udel basyş deň diýip kabul edeliň. Bu ýagdaý zolagyň uzyn okunyň diňe bir kesiminde dartgynlygyň ýaýramagyna seretmäge mümkinçilik berýär.

Surat 29 hasaplama şekili görkezilen [99] işde gaty jisimde dartgynlygyň düzüjilerini  $\delta_z$  ;  $\delta_x$  we  $\tau_{xr}$  kesgitlemek tablisasy getirilen. Düzüji  $\delta_y$ -i  $\epsilon_y=0$  bolan şertde taparys, sebäbi türkeniksiz uzyn zolagyň göni deformasiýasy mümkin däl. Şu ýerden (I.12) görä

$$\sigma_y = \mu(\sigma_r + \sigma_x) \quad (\text{IV. 24})$$





**Surat 29. Göni burçly şampyň basmagynda  $\delta_i/P$  deň çyzygyň basmagynyň bahasy we şekiliniň hasaby**

Gaty jisimde dartgynly ýagdaýyny häsiýetlendirmek üçin galtaşma dartgynlygyň ýygylyny aşakdaky ýaly kabul etýäris.

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + (\sigma_z - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2 + 6\tau_{xz}^2} \quad (\text{IV. 25})$$

**$\delta_i/P$ -iň** otnositel koordinatda  **$\mu=0,75$**  bolan ýagdaýynda ýaýraýşy (bölünişi) görkezilen. Surat 29 görnüşine görä zolagyň aşagynda  **$\delta_i/P$**  bölünişi  **$\tau_{\max}/P$**  şampyň aşagynda bölünişine meňzeş (seret surat 27). Şeýlelikde galtaşma dartgynlygyň maksimal ýygylgy we adatdan daşary (ekstremal) zolgyň çuňlugy edil şamp basylandaky ýaly Puassonyň koeffisiýentiniň ululygyna bagly bolýar.

4. Gaty silindrik emele getirijileri basaňda dartgynlygyň bölünişi. Umumy ýagdaýda enjamyň egri çyzykly üsti dag jynsy bilen belli bir uzynlykda galtaşýar. Basylanda emele gelýän meýdançaň iki okuň uzynlygyndan ep-esli kiçidir. Şonuň üçin öňki ýaly meseläniň çözgüdini ýeňilleşdirmek üçin onuň uzynlygyny tükeniksiz diýip kabul etýäris. (Gersiň meselesi). Hasaplama şekili surat 30a görkezilýär.

Galtaşýan meýdançaň işiniň ýarysy:

$$b = 2\sqrt{\frac{P_i(1-\mu^2)R}{\pi E}} \quad (\text{IV. 26})$$

$P_i$  – silindrik emele getirijiniň uzynlyk birligine düşýän güýç;  
 $R$  – silindriň radiusy.

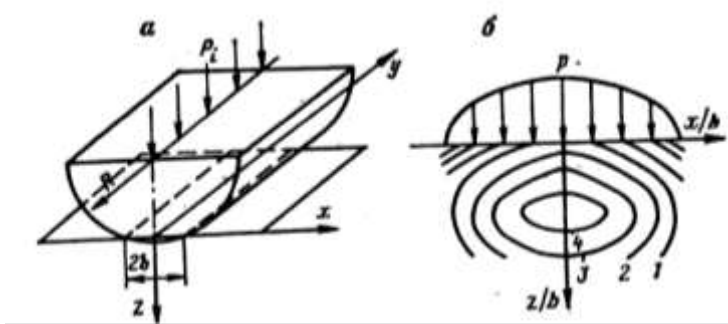
Galtaşmaň bütin işine basýan basyşyň bölünişi elliptiki kanuna görä (surat 30b).

$$P = P_{\max}\sqrt{1 - \left(\frac{x}{b}\right)^2} \quad (\text{IV. 27})$$

$P_{\max}$  – galtaşma meýdançasýnda maksimal adaty basyş

$$P_{\max} = \sqrt{\frac{P_i E}{\pi(1-\mu)^2 R}} \quad (\text{IV. 28})$$

$\delta_x$ ;  $\delta_y$ ;  $\delta_z$  ; we  $\tau_{xz}$  dartgynlyklaryň düzüjilerini [85] işde getirilen deňlemeler boýunça hasaplap bolýar. Soňra (IV. 25) deňleme boýunça galtaşma dartgynlygynyň ýygylgyny hasaplaýarys (surat 30b).



**Surat 30.**

a - şekiliň hasaby; b -  $\tau_{\max}/p_{\max}$  deň çyzygynyň bahasy we basyşyň çölünişi, döreýän silindriň basmagy boýunça ( $\mu=0,25$ )

$\delta_i/P_{\max}$   $\mu=0,25$  ýagdaýynda otnositel koordinatda bölünişi görkezilýär. Şol suratda görnüşi ýaly bir kese çuňlukda simmetriýaň tekizliginde galtaşma dartgynlygy maksimal derejä ýetýär. Galtaşma dartgynlygynyň maksimal

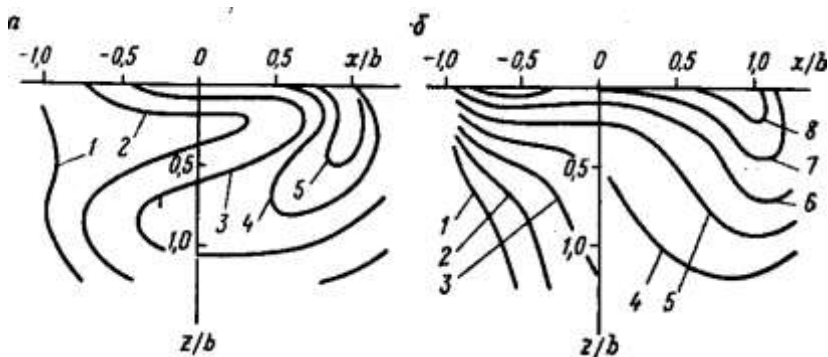
ýygylygynyň ululygy we maksimumyň koordinaty hem Puassonyň koeffisiýentine bagly bolýar.

5. Dag jynsy üstünden basylanda dartgynlygyň paýlanmagyna galtaşma güýjiň täsiri. Bu meseläni gönüburçly şampyň mysalynda seredeliň. Lorensiň gipotezesi boýunça galtaşma meýdançasyndaky galtaşma dartgynlyk daty basyşa göni proporsionaldyr ýagny

$$\frac{\tau}{P} = \omega = \text{const} \quad (\text{IV. 29})$$

Adaty basyş şampyň uzynlygyna we işine deň derejede paýlanan diýip kabul etýäris.  $\delta_x$ ;  $\delta_r$  we  $\tau_{xr}$  dartgynlygy düzüjileri aýratynlykda adaty we galtaşma güýçleri üçin tablisalar we deňlemeler boýunça hasaplaýarys we soňra olary täsir ediji güýçlerine garaşsyzlyk prinsipi esasynda goşýarys.  $\delta_y$  düzüjini (IV. 24) deňleme boýunça hasaplaýarys.

Suratda 31 hasaplamalaryň netijeleri boýunça galtaşma dartgynlygyň deň ýygylykda çyzyklary oňnositel ululykda gurulan. Suratlar 29 we 31 deňeşdirmek arkaly görýäris ýagny galtaşma güýji bar wagtynda dartgynly ýagdaýyň üýtgemegi, adatdan daşary zolagyň ýerinden üýtgemegi (galtaşma güýjüniň täsir etýän tarapyna, zolagyň gyrasyna we ýokaryk tarap) hem-de ekstremal zolakda galtaşma dartgynlygyň ýygylygynyň ösmegini görýäris. Galtaşma güýjiň oňnositel ululyga näçe uly bolsa, şonçada dartgynly ýagdaý gaty üýtgeýär we ekstremal zolakda galtaşma dartgynlygyň ýygylygy ösýär.



**Surat 31.  $\delta_i/P$ - deň çyzygyň bahasy gönü burçly stamp basanda ( $\mu=0,25$ )**

Dartgynly ýagdaýyň otnositel ululygynyň hasaplamasy ekstremal zolakda  $\delta_{i \max}$  san taýdan baha bermäge mümkinçilik berýär

$$\sigma_{i \max}/P = \chi \quad (\text{IV. 30})$$

$\chi$  - ekstremal zonada galtaşma dartgynlygynyň maksimal – otnositel ýygylgy.

Şonda ýasy iş organy bilen basylanda

$$\sigma_{i \max} = \chi P \quad (\text{IV. 31})$$

$a$  – eger-de egri çyzykly iş organy bilen basylanda

$$\sigma_{i \max} = \chi P_{\max} \quad (\text{IV. 32})$$

$\chi$  - ululyklarynyň parametrleri esasy indektor deňlemeleri üçin  $\mu=0,25$  bolanda tablisa № 12 berilen.

**Tablisa 12**

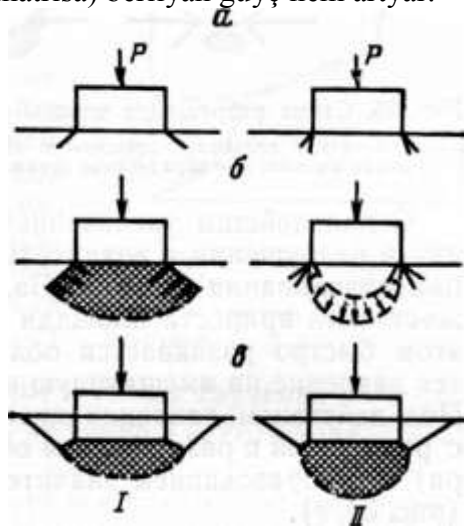
Indeteriň görnüşü	Bahasy $\chi$ boýunça $\omega$ deň		
	0	0,2	0,4
$\chi_p$	0,61	0,81	1,06
$\chi_s$	0,68	-	-
$\chi_s$	0,58	0,62	0,88
$\chi_s$	0,64	-	-

### **§3. Ştamp, jisim (sfera) we ýiteldilen diş uçlary bilen basanyňda dag jynslaryň owranysynyň mehanizmi**

Ştamp bilen basanyňda dartgynlygyň ýaýramagynyň aýratynlygy zerarly iki ekstremal zolakda aňry çäk ýagdaýa ýetmegi mümkin: galtaşmada – ýagny arassa süýşmek üçin şert bolan ýerde we  $z_m$  çuňlugynda simmetriýanyň okunda. Şu iki pursat R.M. Eygelesiň teklipe eden dag jynsynyň owranmagynyň iki mehanizminiň esasy bolup durýar. Jynsyň owranmagynyň birinji mehanizmine laýyklykda, ştampa birnäçe güýç berilende birinji adatladaşary zolakda konus görnüşli çuňluga gitýän halka görnüşli jaýryk emele gelýär (surat 32a).

Ştampynyň gatylygy dag jynsynyň gatylygyndan bir näçe esse ýokary bolansoň, ştampa galtaşýan jynsyň kese deformasiýasy örän azajyk. Şeýlelikde jaýrygyň giňelmegi we konus tarapdan jaýrygyň diwaryna basyşyň bolmazlygy mümkin. Güýjiň ýokarlanmagy bilen jaýrygyň çuňalmagy artýar. Çuňluga gitdigiçe konusyň kese deformasiýasyna ştampynyň täsiri peselýär we belli bir çuňlukda jaýrygyň giňelmesi bolmaýar. Şondan soň güýç berilende (ştampa) konusyň kese deformasiýasy özüni gurşaýan jyns bilen çäklenmeli bolýar, Şeýlelikde konus tarapyndan töweregindäki jynsa basyş güýçlenýär (surat 32b). we ol jynsy süýşirmek we goparmaga çalyşýar. Öň aýdylýp geçilişi ýaly jynsyň süýmeklige, aýratynam goparmaklyga garşylygy örän pes diýip. Haçanda basyş belli bir cage ýetende jynsa çukurlyk emele getirip gopýar (surat 32b). Jynsyň gopmagy konusa gapdal basyşyň peselmegi we onuň owranmagy bilen bir wagtda bolup geçýär. Ştamp birden ep-esli çuňluga çümýär. Ikinji owranmak mehanizme laýyklykda aňryçäge ýagdaýyň böleginiň ösmegi ştampynyň galtaşmanyň önünde çalt peselýär. Esasy roly ştampynyň simmetriýa okunda aňryçäk ýagdaý bölegi ösýär ýagny. Birinji ekstremal zolakdan (surat 32a) galtaşma tarap orak görnüşli aňryçäk ýagdaý bölegi emele gelýär (surat

32b). Ştampa berilýän güýç artdygyça aňryçäk ýagdaýyň görümi ulalýar hem-de ondaky basyş hem ýokarlanýar. Şunuň bilen bir hatarda orak görnüşli bölek tarapyndan gurşap alýan jynsa (matrisa) berilýän güýç hem artýar.

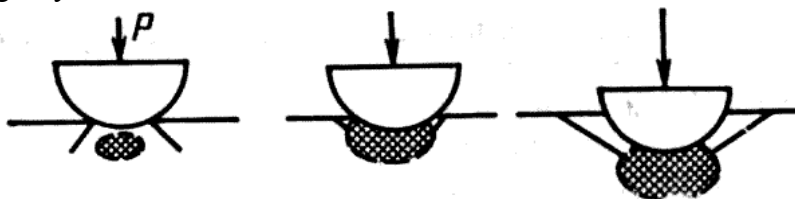


**Surat 32. Port jynsnyň owranysy şekili. R.M.Eygels,  
N.N.Pawlowoý, L.A.Şreýner**

a-halka jaýrygyň döremegi we stampyň konturnyň hereket etmegi; b-  
çäkleriň aralarynyň döwürlemegi, ç -port owranma

Soňra owranmak hadysasy birinji mehanizmdaky ýaly bolup geçýär. Boşlow dag jynslarynda deformirlenmäh we owranmagyň mehanizmine şamp guýyň düýbünde jynsa çümende dag jynsynyň dykzylanmagy hem uly täsir edýär. Jisim bilen basylanda dag jynslarynyň owranmagy dartgynlygyň ýaýramagy we kontaktlaşýan meýdanyň üznüksiz ulalmagy zerarly ştampa garanynda başgaça ýagdaýda bolup geçýär. Barlaglaryň görkezişine görä köp dag jynslarynda jisim bilen basylýan döwri aňryçäk ýagdaý basyşyň konturyň aňrsynda (surat 33a) birinji zolakda jaýrygyň emele gelýän ýerinde ýüze çykýar. Emma bu jaýrygyň çuňluga tarap ösüşi önçakly däl. Simmetriýaň okundaky zolakda aňryçäk ýagdaýa

ýetende, aňryçäk ýagdaýyň bölegi hemme tarapa çalt ýaýraýar. Halkalaýyn jaýryk aňryçäk ýagdaýyň böleginiň peselmegine ösmegini çäklendirýär. Basylýan güýjüň artmagy bilen jaýrygyň üstüne aňryçäk ýagdaýyň bölegi tarapynda basyş sfera galtaşýan ýerde jynsnyň döwürmegine getirýär (surat 33b). Mundan aňryk güýjiň artmagy deformirlenmegiň we owranmagyň hadysasy şamp bilen basylandaka meňzeşdir. Çeýelik görnüşi pes bolan dag jynslary deformirlenende – dykzlanan meýdanyň zolgynyň artmagy we deformasiýa netijesinde galtaşmanyň meýdany çalt ösýär, dartgynlylyk bolsa haýal ösýär. Şonuň netijesinde port owranmagyň çükürjygynyň kiçi bolmagyna ýa-da onuň ýeňil bolmazlygyna getirýär.



**Surat 33. Basylan sferanyň täsirinde jynsnyň owranma şekili**

a-çägiň aralygynyň we halka jaýrygyň döremegi; b - dörän halkadan owranyp çykma; ç - oý emele gelmegi (port owrananda)

Ýiteldilen diş uçlaryny – basýan meýdanlarynyň egrilik radiusy nola ýakyn bolan indentor hökmünde kabul etmek mümkin. Ýiteldilen ujyň aşagynda aňryçäk ýagdaý sähelçe güýçde döreýär. Bu ýagdaýda dişiň gyralarynyň töwereginde, deformirlenýän jisimiň üstünde güýji deňagramlaşdyrýan meýdan döreýär. Ýiti uçly dişler maýyşgak jynsa basylanda deňagramlaşdyryjy meýdan ulanylýar.

Surat 34 depesi  $60^\circ$  burçly dişi port dag jynsyna “P” güýç bilen “ $\delta$ ” çuňluga çümdürmegiň baglanyşyk grafigi görkezilen. Başlangyç usaulda maýyşgaklyk deformasiýasy bolup geçýär we bu meýdanda çümmegiň çuňlugy  $\delta_0$  ululyga çenli güýje çenli proporsionaldyr.



**Surat 34. Oklaýyn agramyň netijesinde dag jynsynyň gysylyp çykan çuňlyga bagly grafigi**

Soňra çümmeklik port owranmaklygyň netijesinde  $\delta_1$  ululyga çenli artýar, özem bu çümmeklik  $\delta_0$  çümmeklige sarp edilen güýçden sähel köpräk güýçde bolup geçýär. Mundan artyk basylanda çeye we maýyşgaklyk deformasiýanyň netijesinde çümmeklik haýal artýar. Ýiti uçly çişň basmagy arkaly onuň aşagynda jyns  $120^\circ$  uly burç bolup gopýar. Bu burça tebigy gopmaklyk burçy diýilýär. Şeýlelikde dag jynslaryny ýiti uçly çiş bilen owratmagyň hadysasy tapgyrlaýyn häsiýete eýedir, ýagny bir diş jynsa girip owradandan soň, ikinji diş gelip çümýär. Özem ikinji diş birinji dişe görä çuňurak jynsa çümýär. Bu çuňlugyň artmagy bilen kontaktlaşýan üstiň meýdanynyň artmagy bilen baglydyr.

#### **§4. Dag jynslaryny owratmagyň we dinamiki deformasiýasyny öwrenmegiň şekilleri we esasy ugurlary**

Guýy burawlananda dinamiki hadysalar bolup geüýär. Eger-de statistik hadysalar öwrenilende güýçleriň deňagramlylyk deňlemeleri we momentler ulgamy ýeterlik bolsa, dinamiki hadysalar üçin goşmaça energiýa balansynyň deňlemesi hem gerek bolýar, sebäbi dinamiki hadysalar çylşyrymly bolup statistiki şertde öwrenip bolanok. Dinamiki deformirowaniýa we owranmaklyk eksperimental taýdan öwrenilende, ýörite enjamlarda guralýan çak bilen



golaýlaşdyrylan modelini döretmek usuly ulanylýar. Giňden ulanylýan eksperimental gurallary iki topara bölmek mümkin: koprowyý we kulaçkowyý. Koprowyý guralda urgy ýa-da erkin gaçýan jyns sowradyjy elementi bolan urujy ýa-da berilen güýç tarapyndan bat alýan urujy (mysal üçin: howanyň basyşy bilen) ulanylýar. Kulaçkowyý maşynda dag jynsyna garşy jyns owradyjy elemente hereketiň kanuny berilýär. Bu koprowyý usula garaňda jyns owradyjy elementiň dag jynsy bilen özara baglanyşygy doly modelirlenmäge mümkinçilik berýär.

Birinji ýagdaý. Dag jynsynyň üstünden sütüni ýasy bolan silindr şekilli deformirlenmeýän, agramy “m” bolan urujy erkin gaçmak arkaly urýar. Jyns bilen urujy galtaşan momentinde hereketiň tizligi  $V=V_0$ . Urujynyň galtaşýan pursatyndaky kinetiki energiýany (IV. 1) deňleme boýunça tapýarys. Dag jynsynyň üstüniň deformirlenmä garşy garşylygy urujynyň üstüniň deformirlenmä garşy garşylygy urujynyň tizligini saklamaga çalyşýar. Çeýe deformirlenmekde özara baglanyşygyň güýji jynsynyň üstüniň süýşmegine göni proporsionaldyr:

$$F = A\delta \quad (IV. 33)$$

A – dag jynsynyň çeýelik häsiýetine bagly proporsionallyk koeffisiýenti. Iň ýokary özara baglanyşyk güýji jynsynyň üstüniň ( $\delta_0$ ) iň uly süýşmesinde dörär, ýagny urujyň tizligi nola çenli peselen momentinde dörär. Şonda deformasiýanyň potensial energiýasy

$$U = \frac{1}{2} F_{\max} \delta_0 \quad (IV. 34)$$

ýa-da (IV. 33) hasaba almak bilen

$$U = \frac{1}{2} A\delta_0^2 \quad (IV. 35)$$

$U=T_k$  şertde  $\delta_0$  kesgitlemek kyn däl.

$$\delta_0 = \vartheta_0 \sqrt{\frac{m}{A}} \quad (\text{IV. 36})$$

mundan soňra iň ýokary özara baglanyşyk güýji

$$F_{\max} = \vartheta_0 \sqrt{Am} \quad (\text{IV. 37})$$

Ikinji ýagdaý. Ýokarda seredilen uruja hemişe täsir etýän güýç “P” berilen, şonda  $\delta = \delta_0$  energiýa balansy aşakdaky ýaly ýaglyar

$$A\delta_0^2 = m\vartheta_0^2 + 2P\delta_0 \quad (\text{IV. 38})$$

(IV. 38) işleniş görnüşi

$$\delta_0 = \frac{P}{A} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{A}\right)^2 + \frac{m}{A} \vartheta_0^2} \quad (\text{IV. 39})$$

(IV. 39) deňlemäniň fiziki manysyndan ugur alyp + plýus alamaty kabul etýäris. (IV. 39)  $\delta_0$  bahasyny goýup özara baglanyşyk güýjiň maksimal derejesini alýarys:

$$F_{\max} = P + \sqrt{P^2 + Am\vartheta_0^2} \quad (\text{IV. 40})$$

Eger-de  $V_0=0$  onda  $F_{\max}=2P$  – birden duýdansyz täsir etme ýagdaýy bolýar (ýagny täsir etýän güýç birden berilýär).

## § 5. Erkin gaçýan urujyda jynsnyň owranmagynyň aýratynlyklara

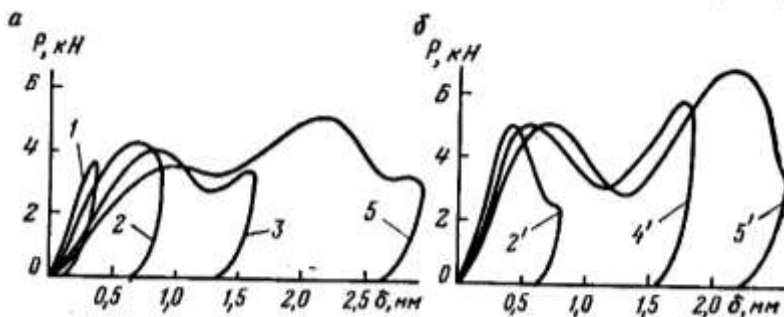
Ştamp dinamiki basylanda dag jynsynyň owranmagynyň barlagynyň M.R. Mawlýutow tarapyndan geçirilen işleriň netijesine seredeliň. Jynsnyň barlagy Pedgiýe tipli koprda geçirilen hem-de assillografda dag jynsyna ştamp urulanda urujy ştangada döreýän “ $P_z$ ” güýç we dag jynsyna görä ştampyň süýşmesi “ $\delta$ ” ýazylan.

Surat 35 mramora urgyda  $P_z$ -iň  $\delta$  baglylyk grafiki getirilen. Grafikler urujynyň üýtgemeyän agramynda “m”, urgyň başlangyç üýtgeýän tizliginde  $\vartheta_0$  alynan. Erkin gaçýan urujynyň urga kinetiki energiýasynyň ululygy, onuň iň ýokarky ýagdaýynda potensial energiýasyna deňdir ýagny  $T_k=U$ .

Şu ýerden

$$\vartheta_0 = \sqrt{2gh} \quad (\text{IV. 41})$$

$g$  – agram güýjiniň tizlenmesi;  $h$  – indektoryň iş organynyň iň ýokarky ýagdaýyndan dag jynsynyň üstüne çenli aralyk. Surat 35a-daky grafik “ýeňil” uruja ( $m=1,58\text{kg}$ ),



**Surat 35.Çuňlyga görä berlen şampyň dinamiki agramyna bagly grafik ( $d=1.95\text{mm}$ ) mramra urlanda**

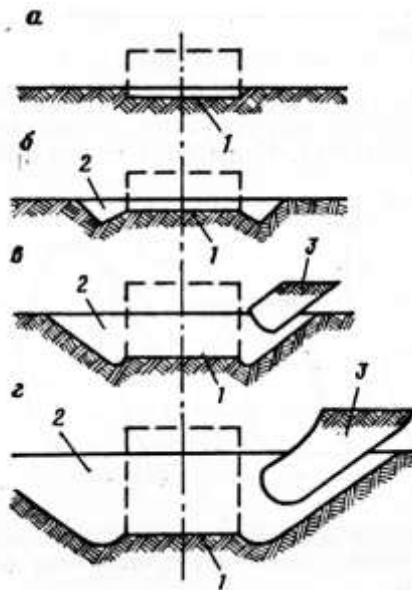
a – ýeňil; b - agyr urgylar (K.I.Wdowinanyň maglumatlary boýunça) urgyň energiýasy laýyklykda deň

1-0.079, 2-0.237, 2'-0.230, 3-0.473, 4-0.636, 5-1.073, 5'-1.081

Surat 35b – bolsa “agyr” uruja ( $m=6,36\text{kg}$ ) gabat gelýär. Surat 35 görnüşi ýaly urgy güýji ulaldygyça (diýmek başlangyç tizlik  $\vartheta_0$ )  $P_z$ -iň  $\delta$  bolan baglanyşyk häsiýeti hem üýtgeýär. “ $T_k$ ” kiçi bahalarynda  $P_z$ -iň  $\delta$  baglygy darajyk halka görnüşinde ýanly çeyre gisterizisiň halkasyny ýa-da salýar. Urgy güýji ulaldygyça, onuň boýunyň ösmegine garaňda giňelmegi has gaty ýüze çykýar. Şol bir wagtyň özünde çümmekligiň egri çyzygynyň abscissa ornuna ýapgytlyk burçy kiçelýär. Haçanda  $T_k$  ulalmagy dowam etýär kä berilýän güýç

iň ýokary derejesine ýetende, güýçden boşamak meýdanynyda güberçek emele gelyär (egri çyzyk 2') we urgyň güýji ulaldygyça, güberçege ulalýar we ikinji çümmecligiň şahasyny emele getirýär (egri çyzyklar 3 we 4'). Şu ýagdaýda birinji çümmeclik şahasynda durnuklylyk ýa-da maksimal güýjiň peselmegi bolup geçýär. Soňra ştangada urgy güýji ösdügiçe ýene-de iň ýokary cage ýetýär we güýçden boşamak meýdançasynyda üçünji çümmeclik şahasy döreyär (egri çyzyklar 5 we 5<sup>-1</sup>). Ikinji maksimum birinji maksimumda 30-40% ýokarydyr. Diýmek berilýän güýjiň grafigi – dinamiki basmada süýşmecligiň egri çyzygy çylşyrymly bolup, ol maksimumyň minimum bilen gezekleşmesidir.

“Ýeňil” we “agyr” urujylar baradaky grafiki deňeşdirilende görşüňiz ýaly “ýeňil” şampy ýere çümdirilende garşylyk “agyr” urujyňkydan bir näçe esse azdyr. Dinamiki basyşda dag jynsynyň owranmasyny öwrenmegiň netijesinde (34,58) ol statiki basmakda owranmagyň mehaniziminden prinsipial häsiýete eýe däldir. Şonuň üçin (18,95) geçirilen synaglaryň ýagny güýç ulaldygyça jynsyn owranmagynyň kinetikasy seredeliň. Ýuwaş urguda dag jynsynyň üstünde diňe şampyň zyy bildirýär (jaýryklar görnüşinde) (surat 36a). P<sub>z</sub>-iň δ baglylygyň grafigi darajyk halka görnüşinde (surat 35, egri 1). Urgy güýji artdygyça şampyň konturyňnyň daşynda tegelek gopmaklyk döreyär (surat 36b). Owranmaklygyň bu görnüşine awtorlar, port owranmaklygyň birinji görnüşini diýip at beripdirler. P<sub>z</sub>-iň δ baglylygy kän bir üýtgemeyär. Soňra urgy güýjiniň artmagy bilen gopýan topça bölegiň göwrümi ulalmak bilen bolýar.



**Surat 36. Dinamiki gysylan şamp boýunça döwülen jynsnyň zolagynyň şekili**

a-deformasiýanyň galyndysynyň döremegi; b-port owranmagyň birinji görnüşi; c- port owranmagyň ikinji görnüşi; 1-ýokary galtaşýan jynsnyň şampy; 2-oý görnüşli owranma; 3-jynsnyň bölekleriniň kesimi

Owranmaklygyň göwrüminiň artmagy şampyň yzygiderli çümmegi zerarly bolýar. Urgy güýji belli bir derejä ýetende şampyň aşagynda jynsnyň port owranmagy bolup geçýär (surat 36b) ýagny statikadaky basmaklykda owranma meňzeş we bu ýagdaýa jynsnyň ikinji owranma görnüşi diýilýär. Bu görnüş surat 35 egri çyzyk 2 gabat gelýär.mundan soňranky urgy güýjiň artmagy owranmagyň deňlemesiniň üýtgemegine ullakan täsir etmeýär. “ $P_z$ “-iň  $\delta$  baglylyk grafiginde güberçeğiň, soňra bolsa çümmekligiň ikinji şahasynyň emele gelmegi urgy güýjiniň ikinji deňlemäni emele getirmek üçin gerek urgy güýjinden artykdygyny görkezýär. Bu artyk güýç şampyň has gaty çümmegine, owranmagyň ikinji görnüşiniň çäklerinde şampyň galtaşma etýän ýeriniň töwereginde jynsnyň gopmaklygy, ýene-de güýç has hem ulalsa onda owranmagyň

durnuksyz görnüşleriniň ýüze çykmagyna getirýär. Urgy güýjiniň belli bir ululyga etmegi surat 35. 5' egri çyzyk bilen aňladylan täze owranmagyň üçünji görnüşü ýüze çykýar (surat 36g). dinamiki basmaklyga zerarly jynsyň owranyşyny öwrenmeklik  $P_z$  bilen  $\delta$  egri çyzygyndaky ekstremumlar owranmaklyk görnüşleriniň yzygiderlidigini görkezýär.

## **§6. Gatylyk hakda düşünje Minerallaryň gatylygy**

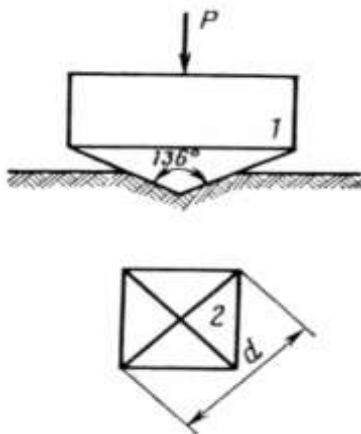
Minerallaryň berklik häsiýetini gatylygy boýunça baha bermek kabul edilendir. W 1382 ýylda Moos gatylyk şkalasyny düzüp oňa aşakdaky minerallary etalon üçin salypdyr: talk, gips, kalsit, flýuorit, apatit, ortoklaz, kwars, topaz, korund we almaz. Talkyň gatylygy ölçeg birligi ýerin kabul edilen, almazyň gatylygy bolsa şertli ona deňdir. Her ady bellenen mineral özünden soň gelyänden ýumşakdyr. Eger mineral bilen başga mineralyň ýüzünde sypjyryk edip bolsa şol mineral sypjyrylýan mineraldan gatydyr “ýagny Moos gatylyk diýip bir jisimiň beýleki jisimiň özüne girmegine garşylyk diýip düşünişdir”. Şol düşünje häzir hem esasy düşünje bolup galýar. Fiziki taýdan başga düşünje Gers tarapyndan berilýär. Gatylyň çägi diýip Gers basylyan in merkezinde udel basyş belli çäge ýetendäki ululygy düşünişdir Gersiň metody boýunça jisimiň üstünden şol jisimden ýasalan linza bilen basylyar. Bu usul örän çylşyrymly bolup kän ulanylmaýar. Häzirki wagtda gatylygy: barlanýan jisimiň üstünden has gaty bolan çiş bilen (sfera, konus, piramida) tä maýyşgak yzgarlanynça basmaklyk bilen ölçenilýär. Port jisime uýy ýiteldilen çiş uly ýapgyt burçy boýunça pes güýç bilen bassaň, onda jisimleriň üstünde mikro yzlar galýar. Bu usul mikrogatylyk aýdylýp olar, minerallaryň mikrogatylygy PMT-2 we PMT-3 gurallary bilen ölçelýär.

Surat 37 ölçemegiň şekili berilýär. Indektor ýerine depesinde burçy  $136^\circ$  bolan Wikkersiň almaz piramidasy ulanylýar. Mineralyň häsiýetine baglylykda “P” güýjiň ululygy

alynýar. Guralyň komplektinde agram üçin ýükler 2, 5, 10, 20, 50, 100 we 200 bar. Synag edilende mikrogatylyk ululygy  $H_M$  galdyrylan yzyň gapdal tarapyna düşýän güýjiň “P” bölünmegi bilen kesgitlenýär, özem uzyn burçlary hem edil piramidaň burçlary ýaly diýilip kabul edilýär.

$$H_M = \frac{2P}{d^2} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{IV. 42})$$

d – yzyň diagonal boýunça uzynlygy;  $\alpha$  - piramidaň depesindeki burç=136°.



**Surat 37. Mikrogatylygyň üýtgemeginiň şekili**

1-piramida; 2-peçatlananan piramida

Mikrogatylyk ölçenende azyndan üç gezek geçirilýär. Her gezek galdyrylan yzyň iki diagonal hem ölçelýär, soňra (IV. 42) deňleme diagonalýň ortaça arifmetiki ölçegi ýazylýar

Tablisa № 13 etalon minerallaryň gatylygy (Moosyň şkalasy) boýunça berilýär.

**Tablisa 13**

**Gaty etalon minerallar**

<b>Mineral</b>	<b>Moosyň şampy boýunça gatylyk</b>	<b>Gersiň gatylygy boýunça MPa</b>	<b>Mikrogatylyk, MPa</b>
Talk	1	49	2,5
Gips	2	-	290
Kalsit	3	900	1080
Flýuorit	4	1080	1860
Apatit	5	2350	5300
Ortoglas	6	2450	7750
Kwars	7	3020	11000
Topaz	8	5200	14700
Korund	9	11300	22600
Almaz	10	-	98100

**§7. Dag jynslaryna şampy statiki usul boýunça basyp onuň mehaniki häsiýetleriniň görkezijilerini kesgitlemek**

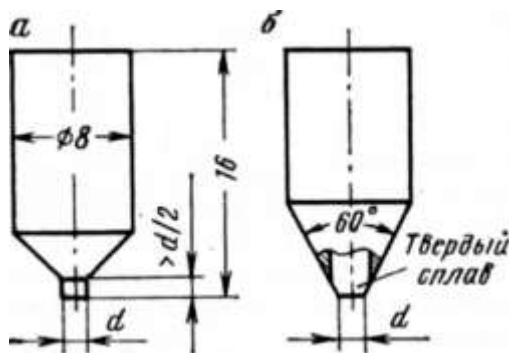
Birinji gezek burawlananda dag jynslarynyň owranma garşylygynyň bahasyny basmak arkaly kesgitlemegi E.F. Epşteýn teklipe edýär. Şu usul boýunça barlanýan bölege ýiti çiş (depesinde burçy 60°) basýarlar. Şreýner dag jynslarynyň garşylygyny ölçemek usuly we basmak arkaly gatylygy ölçemek usullaryny derňäp ölçemegiň usulyny üýtgetmegiň zerurlygyny ýüze çykarýar. Şreýneriň usulyň manysy aşakdakydan ybarat. Egerde maýyşgak jisimiň gatylygy kesgitlenende güýç berilýän bolsa, ölçelende indektoryň aşagynda galan yzyň meýdany ýa-da çuňlugy ölçelýär, dag jynsy üçin galtaşmagyň meýdanyny bermegi, indektora düşýän güýji ölçemeli. Indektor üçin iň amatly geometriki görnüşe, bu silindr şekilli esasy ýasy şamp (surat 32). Şu ýagdaýda basma hadysasynda galtaşmaň meýdany ulalmaýar. Şampy basmak



usuly bilen dişe gatylygy kesgitlemäge dag jynslarynyň kiçiräk bölejiklerinde barlag geçirip olaryň çeye we maýyşgaklyk häsiýetlerini hem kesgitlemek bolýar.

GOST 12288-66 boýunça şampy basmak usulyna dag jynslarynyň mehaniki häsiýetlerini kesgitlemeli. Munuň üçin jynsyň – kesgitlemek üçin beýikligi - 30-50mm diametri 40-60mm bölejikleri gerek. Bu bölejikleriň iki ýasy – parallel ýylmanan üstleri bolmaly.

Şamp enjam polatdan taplanyp ýasalýar (surat 38a) ýa-da gaty metallaryň garyndysyndan ýasalýar (surat 38b). Splawdan ýasalan şamplar örän gaty jynslary barlamak üçin ulanylýar.



**Surat 38. Silindriki şamp**

Içi dykyz ýa-da boşlow jynslar üçin meýdany 2mm çenli bolan şamplar, dänesiniň ululygy 0,25mm uly bolan jynslar üçin bolsa meýdany 3mm<sup>2</sup> şamplar ulanylýar. Gaty boşlow we berijiligi pes jynslar üçin esasynyň (sütüniň) meýdany 5mm<sup>2</sup> we ondanam uly şamplar ulanylýar. Şampy tokýar edilen bölejige gidrawliki press arkaly 9,8kH (4, 9) ululykdan az bolmadyk güýç bilen basýarlar. Ýöne barlagyň görkezijilerini işlemek köp wagt we zähmet talap etýär. Häzirki wagtda dag jynslaryny synag etmek üçin şampyň näçe çuňluga girenligine baglylykda oňa düşýän güýji awtomatiki usulda özi ýazýan gurallar UMGP-3 we UMGP-4 onümmçilikde ulanylýar. UMGP-3 gurally 0-0,98, 0-2,45, 0-490 we 0-9,81 kH

güýje we 750m km çuňluga niýetlenendir. Synag wagty bir lentada bir näçe grafik ýazylýar, ýagny barlanylýan bölejigiň bir näçe ýerinden maglumatlar alynýar. Synag örän pes tizlikde ştampa güýç bermek arkaly geçirilýär, şonuň üçin edebiýatlarda usulyň başga ady – ştampý statiki basmak usuly giňden ulanylýar. Bu usulda ştamp jynsa tä jynsyň port owranmasy ýüze çykyňça iň soňky mümkinçiligine görä jynsa çümdirilýär. (basylýar) (surat 32).

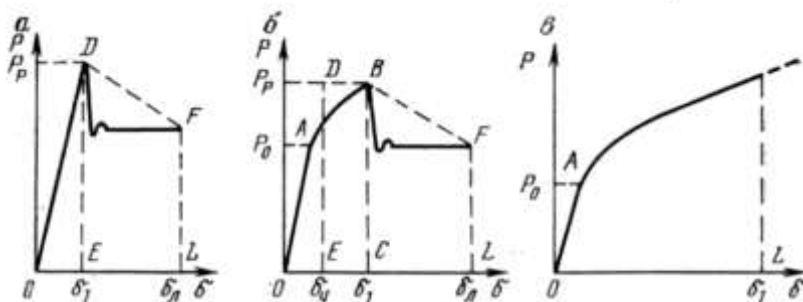
Synagyň netijelerini işlemek. Dag jynslary ştampýň jynsa çümdirilende, onuň gerek çuňlulygyna baglylykda ştampa düşýän güýje görä üç topara bölýärler. I – port, II – maýyşgak – port, III – ýokary maýyşgak we gaty boşlow.

Surat 39a boşlow dag jynsyna ştamp çümende ştampýň güýje baglanyşygynyň grafigi görkezilýär. Surat 39a görnüşi ýaly deformirlenenden tä port owranma çenli Gukyň kanuna berjaý edilýär. Iň uly güýjiň  $P_p$  ululygyna görä jynsyň ştamp boýunça gatylygy kesgitlenýär “ $P_s$ ”.

$$P_s = P_p / S \quad (IV. 43)$$

$S$  – ştampýň sütüniň (esasynyň) meýdany.

Surat 39b maýyşgak – port jynslaryň deformirlenme häsiýetiniň grafigi görkezilen. Bu ýagdaýda “ $P_0$ ” uly bolan güýçde Gukyň kanuny bozulýar.



**Surat 39. Agramyň häsiýetiniň grafigi-basylýan ştamp üçin çuňluk**

a-port jyns (kwarsit); b-plastiki-port-jyns (angidrit);  
ç-ýokary plastiki we güýçli öýjükli jyns

Maýyşgak – port jynslarda şamp boýunça gatylykdan başga, akmaklyk çägi hem kesgitlenýär.

$$P_0 = P_0 / S \quad (IV. 44)$$

Jynsyň maýyşgaklygyny görkezijisi hökmünde aşakdaky gatnaşyk ulanylýar.

$$R = A_p / A_y \quad (IV.45)$$

$A_p$  – owranmak momentine çenli deformirlenmek işi;

$A_y$  – çeyde deformirlenmek işi.

Birinji klasa degişli jyns üçin  $\delta_1 = \delta_y$ , diýmek  $R=1$ .  $A_p$  we  $A_y$  işleriň ululygyny grafiki usulda kesgitleýärler (meýdany ölçemek arkaly)

$$A_p = \text{meýd. OABC m} \quad (IV. 46)$$

$$A_y = \text{meýd. ODE m} \quad (IV. 47)$$

$m$  – güýjiň grafiginiň masştaby – şampyň çümdirilen çuňlugynyň iş ölçegi.

Şonda (IV. 45) şeýle bolar.

$$R = \frac{\text{meýd.OABC}}{\text{meýd.ODE}} \quad (IV. 48)$$

L.A. Şreýneriň we O.P. Petrowyň bu görkezijisini maýyşgaklyk koeffisiýenti diýip atlandyrýarlar. Eger gerek bolsa formula (IV. 45) şampyň çeyde deformasiýasyny anyklamak üçin düzediş girizip bolýar. Ýöne köplenç bu deformasiýa örän sähelçe bolansoň hasaplamalarda ol alynmaýar. Örän boşlow ýa-da ýokary maýyşgakly dag jynslarana şamp çümdürilende port owranmak bolmaýar. Surat. 39b şeýle jynslara şampyň çümmekde basyş güýjiniň

çuňluga baglylygynyň grafiki berilen. Ýöne bu suratda görnüşi ýaly bu ýagdaýda şamp boýunça gatylyk we maýyşgaklyk koeffisiýentini kesgitlep bolmaýar. “P<sub>0</sub>” güýjiň ululygy boýunça deňleme (IV. 44) bilen jynsnyň akmaklyk çäginde hasaplaýarlar. Maýyşgaklyk koeffisiýentini bolsa şertleýin tükeniksiz deň diýip kabul edýärler. Grafiğiň başlangyç meýdanynda proporsionallyk bar böleginde çümmegiň deformasiýa modulyny kesgitleýärler:

$$C = \frac{E}{1-\mu^2} = \frac{P}{d\delta} \quad (\text{IV. 49})$$

**C** – çümdürilmekde deformasiýa moduly;

**P** – şampy basýan güýç;

**d** – şampyň diametri;

**δ** - güýjiň noldan “**P**” ululyga çenli üýtgemegine gabat gelýän şampyň çümmegi.

Soňra synag edilýän bölegiň Puassonyň koeffisiýenti belli bolsa, onda Ýungaň modulyny hasaplap bolýar. Takmynyarak hasaplamada Ýungaň modulyny  $\mu=0,25$  kabul edilýär.

Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleriniň möhüm görkezijileriniň biri owranmak momentine çenli harç edilen umumy işi owranmada emele gelen çukurjygyň göwrümine bölmek arkaly kesgitlenýän owranmak işiniň **A<sub>v</sub>** udel göwrümini bilmekdir.

$$A_v = A_p/V \quad (\text{IV. 50})$$

**V** – owranma çukurjygyň göwrümi.

Çukurjygyň göwrümini şeýle kesgitlemek bolar: çukurjygy plastilin bilen doldurmaly, soňra plastilini çykaryp agramyny çekmeli, göwrümini hasaplamaly. Göwrüm ölçemegiň has takyk usuly: çukurjygy parafin bilen doldurmaly (gapjagazdan guýmaly). Gapja gazyň agramynyň guýmaga çenli we guýylmadan soňky agramynyň tapawudy çukurjyga

guýylan parafiniň agramyny görkezەر. III toparly jynslar üçin owranmaga çenli umumy işi şertleýin hasaplaýarlar. Bu ýagdaýda basmaklyk (güýç bermeklik) – süýşmeklik grafigi şampyň diametrine deň bolan çuňluga çenli dowam edýär.

Ýokarda beýan edilen Şreýneriň gollanmasynda owranmak işiniň udel göwrümi kesgitlenende şampyň port owranmak momentine çenli çümmesi hasaba alynýar (surat 39). Ýöne “D” nokatda ýa-da “B” nokatda güýji aýryp çümmeçligi bes etsek, onda hiç – tüýsli owranma bolup geçmez. Jynsyň çat açmagy üçin  $\delta_1$ - $\delta_n$  meýdanda çümdürmek işini geçirmeli özem bu iş port owranma işinden ep-esli uly bolmaly. Şu iki işiň jemi şampyň aşagynda owranmagyň doly işe A deň bolup OABFL meýdana proporsional ululyk hökmünde kesgitlemek maslahat berilýär

$$A = \text{meýd. OABFL } m \quad (\text{IV. 51})$$

Şonda owranmagyň işiniň udel göwrümine hasaplamak üçin deňleme aşakdaky görnüşde bolar.

$$A_v = A/V \quad (\text{IV. 52})$$

Şu görkeziji dag jynslarynyň owranmagyna sarp edilýän energiýalary doly takyk görkezýär.

Masştab faktorynyň täsiri: Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetini kesgitleýän görkezijiler esasy (sütüni, özeni) dürli ululykda bolan şamlar çümdirilende kesgitlenýär: (şampyň sütüniň meýdany  $1\text{mm}^2$   $5\text{mm}^2$  çenli). Çümdürilýän şamlaryň ölçegleri gatylyk ululygyna we owranma sarp edilýän işiň göwrümine diňe şampyň diametri 1,5-2mm kiçi bolan ýagdaýda belli bir derejede täsir edýär. Uly diametrli şamlarda jynsyň gatylygy durnuklaşýar. Owranmak işiniň göwrümi üçin hem meňzeş baglylyk ýüze çykarylady. Maýyşgaklyk koeffisiýenti şampyň diametriniň ulalmagy bilen 1-10mm çenli sähelçe ýokarlanýan hem bolsa, ol örän ujypsyz

derejededir. Şonuň üçin dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleri kesgitlenende ölçeg faktory täsir etmez ýaly ulanylýan şampyň diametri 1,5-2,0mm kiçi bolmadyk. Netijeleriniň çykarylyşy. Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleriniň görkezijileri kesgitlenende jynslaryň düzüminiň birsydyrgyn (dürli jynslaryň garynldysy bar) dälidiği üçin şol bir synag edilýän bölejikde her gezek synag edilende görkezijiler az-kem üýtgäp durýar. Bu ýagdaý has hem boşlow jynslarda, köp bolýar. Şonuň üçin şeýle ýagdaýda sütüniniň meýdany has uly bolan şamlar ulansaň göwnejaý bolýar. Netijeleriniň gowy çykmagyna synagdan öň şampy we synag ediljek bölegi gowy taýarlamak hem uly ähmiýete eýedir. Şampa berilýän güýjiň arasyňy kesmän üznüksiz dowam etmek netijeleriniň gowy bolmagyna kömek edýär. Alynýan netijäniň dürli-dürlidigi üçin şol bir netijäni synag edilýän jynsa ulanyp bolmaýar. Şonuň üçin gowy netije çykarýan jyns bölegine üç synag, ýaramaz netije çykarýan bölege baş – 10 synag geçirilýär. Soňra hemmesi goşulyp orta arifmetiki netije alynýar.

### **§ 8. Dag jynslarynyň dinamiki deformasiýada we owrananda mehaniki häsiýetleriniň görkezijilerini kesgitlemek**

Dag jynsynyň bir näçe dinamiki meseleleri dag jynsynyň çäýe gaty jisimiň modeline gabat gelýär diýip hasaplanyp çözülen. Şonda çäýe häsiýetleri dinamiki şertlerde kesgitlenen diýilip kabul edilýär. Jynsyň dinamiki çäýe häsiýetlerini kesgitlemek üçin bir näçe usullar bar. Şolaryň içinde iň giňden ýaýrany dag jynsynda kese we dik tolkunlaryň ýaýramagynyň tizligini ölçemek usulydyr. Ep-esli ullakan jynsyň böleginde (uly bölek ýarym giňişlik diýilip hasap edilýär) kese we dik ýaýraýan çäýe tolkunlaryň tizligi “C” we “C<sub>n</sub>” kesgitlenýär. Bu bolsa Puassonyň dinamiki koeffisiýentini  $\mu_g$  we çäýelik moduly  $E_g$  hasaplamaga mümkinçilik berýär.

$$\mu_g = \frac{0,5C^2 - C_H^2}{C^2 - C_H^2} \quad (\text{IV. 53})$$

$$E_g = C^2 P \frac{(1 + \mu_g)(1 - 2\mu_g)}{1 - \mu_g} \quad (\text{IV. 54})$$

Kese tolkunynyň tizliginiň “ $C_H$ ” ululyga boýunça süýşmekde deformasiýanyň dinamiki modulyny kesgitlemek mümkin.

$$G_g = C_H^2 P \quad (\text{IV. 55})$$

Tablisada № 14 Ýungaň modulynyň E ululyklary görkezilen, olar dag jynsynyň synag edilýän bölejigine şampy çümdirmek hem-de kese we dik tolkunlaryň geçişiniň tizligini ölçemek arkaly alynandyr.

**Tablisa 14**

**Statiki (E) we dinamiki ( $\mu_D$ /  $E_D$ ) dag jynslaryň çäýe häsiýetleri (H.M.Filomonyň maglumatlary boýunça)**

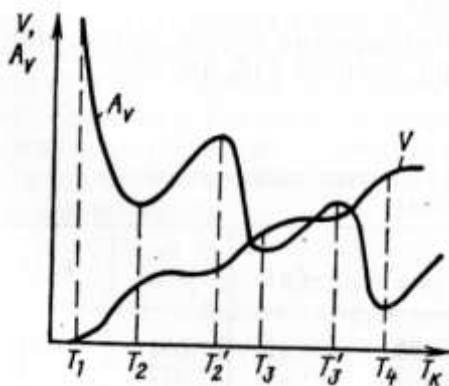
Dag jynsy	$p_0$ , MPa	$E \cdot 10^{-2}$ , MPa	$\mu_D$	$E_D \cdot 10^{-2}$ , MPa	$E_D/E$
Angidrit	775	162	0,27	594	3,66
Hekdaş	1050	133	0,34	472	3,53
Hekdaş	1825	238	0,36	689	2,88
Dolomit	520	677	0,26	336	4,95
Dolomit	2570	263	0,31	800	3,04

Görnüşi ýaly Ýungaň dinamiki moduly statiki birnäçe gezek ýokarydyr. Özlerem jynsyň akmaklyk çägi näçe pes bolsa bu tapawut şonçada uly bolýar. Bu ýagdaý dag jynsynyň matematiki modeli çäýe modelden kän çylşyrymlydygyny subut edýär.

Jynsyň dinamiki owranmasyna girýän energiýalary şampy çümdirmek mysalynda seredeliň. Dag jynslarynyň owranmak deňlemesi geçişiniň birsydyrgyn däl-de

tapgyrlaýklygy (skaçkoobraznost – bokun geçmek) urgy güýjiniň artdygyça owranmak göwrüminiň  $V$  ulalmaklygynyň bir sydyrgyn dälðigine getirýär.

Suratdan 40 görnüşi ýaly owranmagyň birinji deňlemesinden ikinji deňlemä geçende ( $T_1$ - $T_2$ ) şol aralykda owranmagyň göwrüminiň ep-esli artmagy görünýär. Soňraky güýjiň artmagy  $T_2 - T_2'$  çenli bolsa göwrüm kän bir üýtgemeyär, diňe  $T_k - T_2'$  bolanda ýañadan owranmagyň göwrümi artýar, bu bolsa  $T_2' - T_3$  aralykda owranmagyň aralyk deňlemesiniň ýüze çykmagy netijesinde bolýar. Üçünji deňlemäň ösmegi bilen owranmagyň göwrümi kän bir artman durnuklaşýar ( $T_3 - T_3'$ ) we ş.m.



**Surat 40. Energiýa urgynyň esasynda emele gelen oýyň we owranan işiň udel göwrümine bagly grafigi**

Jynsnyň owratmak üçin energiýa sarp edişini deňleme boýunça hasaplanýar.

$$A_g = \frac{T_k}{v} \quad (\text{IV. 56})$$

$A_g$ -yň  $T_k$  baglylygy hem surat 40 görkezilen. Energa harç edilişiniň egri çyzygynda maksimumlaryň we minimumlaryň



barlygy owranmagyň göwrüminiň birsydyrgyn däl-de üýtgemegini görkezýär. “ $T_k$ ” näçe ulaldygyça her maksimum we minimum öňki gezege garanynda pes bolýar, ýagny  $T_k$  ulaldygyça jynsyň dinamiki owranma energo harç edilşi peselýär. Energoharç edişiniň egri çyzygyndaky birinji minimum owranmagyň ikinji deňlemesine gabat gelýär. Ikinji minimum owranmagyň üçünji deňlemesine gabat gelýär. Owranmagyň göwrüminiň ikinji we üçünji owranmak deňlemelerinde soň energoharç edişiniň egri çyzygynda maksimumlaryň ýüze çykmagyna şert her elementiniň dag jynsy bilen ozara baglanyşygynda oňa berilýän energiýany köpeltmäge çalyşmaly. Burawlamagy kämilleşdirmegiň bu ugrunda guýynyň düýbüne berilýän kuwwatlygy artdyrmak we jynsowradyjy gurallary kämilleşdirmek arkaly ýetip bolýar. Jynsyň owranmagynyň dinamiki häsiýeti bilen statiki basylanda kesgitlenýän mehaniki häsiýetiň arasynda baglanyşyk praktikada uly ähmiýete eýedir. Statiki basyşda owranmagyň deňlemesi. Standart synaglaryň hadysasynda alynýan owranmagyň görnüşine dinamiki owranmagyň ikinji görnüşine meňzeşdir. Ýöne şampy statiki basmagyň formasynynda, egerde güýç bermäni üznüksiz dowam etdirseň onda ýokary görnüşindäki owranmakgörnüşlerini hem almak bolýar. Şeýle synaglar owranmagyň birinden owranmak üçin energoharç edilişini deňeşdirmäge mümkinçilik berýär.

Tablisa № 15 mramoryň owranmagy üçin işiň udel göwrüminiň ululygy deňleme (IV.52) we (IV.56) hasaplanyp berilen tablisa 15 görnüşini ýaly jynsyň owranmagy üçin energoharçlanma dinamiki basyşda hem, statiki basyşda hem her bökmekden ol bökmege geçmekde azalýar, ýöne dinamiki owranmakda energoharçlanma bir näçe gezek statika seredeňde köpdür. Dinamiki we statiki basmaklygyň mehanizminiň we görnüşleriniň meňzeşligi statiki synagyň netijelerinden dinamiki owranmaga baha bermek usulyňy gözlemäge mümkinçilik berýär. Statiki basmaklyk synagy standart

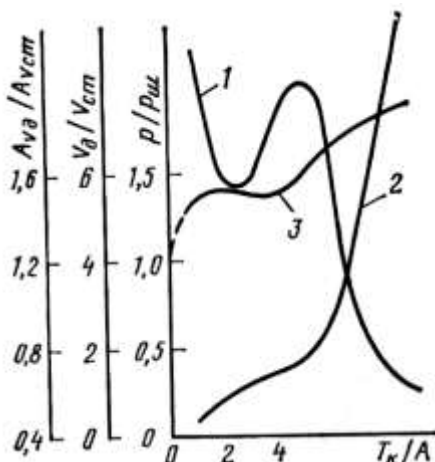
bolansoň dinamiki synagyň netijelerini statiki basmakda alynan netijä bolan ölçelýän ululygyň gatnaşygy hökmünde garamaly.

**Tablisa 15**

**Dž/sm<sup>2</sup> Statiki we dinamiki basylan şampyň netijesinde  
owranan mramoryň  $A_v$ - energiýasy**

Energoýomkost	Owranmanyň görnüşi		
	birinji	ikinji	üçünji
$A_v$ statiki	-	109	39
$A_v$ dinamiki	195	145	50

Suratda 41 mramory dinamiki owratmakda  $T_k$ -dan şampy çümdüreňde iň uly garşylygyň we owratmak işiniň udel göwrüminiň hem-de owranan jynsyň göwrüm ululyklarynyň baglanyşygy görkezilen. “ $P_s$ ” we  $V$  şampy statiki usulda baslan standart synagy gollanmasy boýunça kesgitlenen. Energoharç edilişi (IV.52) we (IV.56) deňleme boýunça hasaplanan.



**Surat 41.**

1-energotoplumyň otnositel ululygna bagly grafik;  
2- owranan jynsyň göwrümi; 3- otnositel energiýa urgysy

Surat 41 görnüşine görä owranmagyň ikinji deňlemesiniň dowam edýän böleginde garşylykly göwrüm bire ýakyndyr. Emma owranmagyň üçünji göwrüminiň başlanmagy bilen ol çalt ösýär. Ikinji owranmak formasynyň döremegi üçin statiki basmaklyga garaňda köp energiýa gerek ( $T_0 \approx 1,6A$ ). Bu ýagdaý dinamiki basmakda energoharçlanmaň köplüginde aňladýar. Energoharçlanmaň ýokarlanmagy öz gezeginde dinamiki basmakda ştampy çümdirende garşylygyň statiki basmaga garaňda has ýokarydygyny görkezýär. Urmak güýjiniň artdygyça çümmegiň garşylygy hem köpeliýär. Owranmagyň üçünji görnüşine ýetende çümmegiň garşylygy owranmagyň ikinji görnüşine ýetendäkidən takmynan 30% köpdür.

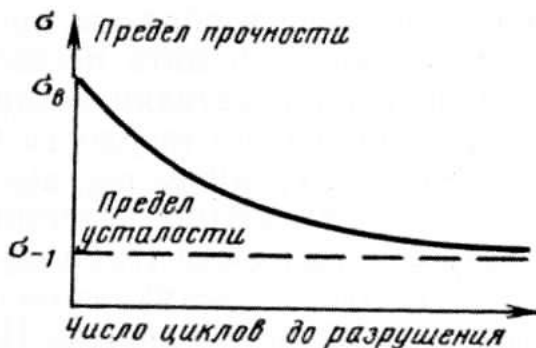
## **§ 9. Dag jynslarynyň basylanda ýadawlyk owranmasy**

Dag jynslaryny doloto bilen owradylanda ýadawlyk owranmasynyň paýy örän uludyr we burawlamak çuňlaşdygyça bu paý artýar. Jynslaryň ýadawlyk owranmasy barada maglumatlar berilýär. B.A. Şlobinskiý eksperimental taýdan ýadawlyk owranmasynyň mehanizmi jynsyň dinamiki basyşda owralmak mehanizmine meňzeşdigini anyklady. Birinji etapda bu güýç bermekden beýleki güýç bermeklige dag jynsynda anryçäk ýagdaýynyň töwerekleri döreýär. Ikinji etapda owranmagyň ýadrosynyň töwereginde halkalaýyn jaýryk emele gelýär. Üçünji etap indektoryň töwereginde port gonan bölegiň döremegi bilen häsiýetlendirilýär (dinamiki owranmagyň birinji görnüşine meňzeş). Soňra jynsyň bu güýç bermekden ol güýç bermäge deformirlenmesi birinjiden ikinji owranma geçiş görnüşleriniň döremegine getirýär we ş.m. Görnüş iýaly ýokarky şekile ösüşde jynsa berilýän udel güýç ýadawlyk çäginde pes bolmaly däl. Dag jynslarynyň ýadawlyk häsiýetlerine seredeliň.

Suratda 42 owradyjy dartgynlylyk  $\delta_y$ -yň güýç bermekligiň tapgyrynyň sanyna  $N$  baglylyk görkezilen (ýadawlyk egrisi). Bu baglylyk aşakdaky ýaly ýazylýar

$$\sigma_y^m N = C_y \quad (\text{IV. 57})$$

$m$  – ýadawlyk egrisiniň (çyzygyň) derejesini görkezýär;  $C_y$  – ýadawlyk egrisiniň hemişelik sany.



Surat 42. Ýadaw egri çyzyk

(IV. 57) deňlemede görnüşi ýaly jynsyň ýadawlyk häsiýeti hökmany ikiden az bolmadyk görkezijide berilmeli. Jynsyň ýadawlyk berkliginiň görkezijisi hökmünde dag jynsyna şampyň basýan adaty basyşynyň ululygyny almak maslahat berilýär. Ýokarky işlerde kesgitlenýän görkezijileriň haýsy owradyjy görnüşe gabat gelýändigini aýdylmaýar. Awtorlaryň pikirine görä jynsyň ýadawlyk owranmasyny häsiýetlendirýän görkezijini ikinji owradyjy görnüşden kesgitlemek göwnejaý hasaplanýar. Ýadawlyk egrisiniň deňlemesini şampy dinamiki basmaklygyň ikiden az bolmadyk seriýasyny synag etmek arkaly almak bolar. Synag döwründe “P” ululygy ossillografiýa ýoly ýa-da takmynan baha berip kesgitlenýär.

$$P = \frac{P}{S} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_c}} \right) \quad (\text{IV. 58})$$

P – şamp bilen urujynyň bilelikdäki agramy; H – urujynyň taşlanýan beýikligi;  $\delta_c$  – jynsyň “P” güýjiň astynda egilmeginiň (çukur bolmagynyň) ululygy (statiki basmak synagy netijesinde baha berilýär). Synagy berilen deňlemedäki owranma bolunça dowam edýärler. Synagyň netijelerini (IV. 57) deňlemä goýup iki deňleme ulgamyna alarys we olary işläp “m” we “C<sub>y</sub>” bahalaryna taparys. Berilen “N<sub>σ</sub>” bazaly bahasyna kabul edip jynsyň ýadawlyk häsiýetini kesgitleýis:

$$P_y = \left( \frac{C_y}{N_\sigma} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (\text{IV. 59})$$

Ygtybarly netije almak üçin iki-ikiden üç gezek synag geçirilýär. Şonda “P<sub>y</sub>” hemme görkezijileriň orta arifmetiki bahasyny görkezýär. Şeýlelikde dinamiki, esasanda ýadawlyk owranmasy epnek doly öwrenilmedik bolup ol pugta üns berilmegi mynasydyr.

## § 10. Dag jynslarynyň klassifikasiýasy

Şampy köp sanly dag jynslarynyň bölejiklerine basmak arkaly alynan netijelere esaslanyp jynslara olaryň aýratyn mehaniki häsiýetleri boýunça bir näçe klassifikasiýa şkalasyna (toparlara) bömek mümkin. Hemme jynslar şamp boýunça gatylyklary boýunça üç topara bölünýär: ýumşak, aralyk we gaty. Her topar öz gezeginde 4 kategoriýa bölünen, şeýlelikde hemmesi 12 gatylyk kategoriýasy bar. (tablisa № 16).

**Tablisa 16**

### Şampynyň gatylygy boýunça dag jynsynyň klassifikasiýasy

I topar				
	1	2	3	4
p <sub>ş</sub> , MPa	< 100	100-250	250-500	500-1000
II topar				
	5	6	7	8
p <sub>ş</sub> , MPa	1000-1500	1500-2000	2000-3000	3000-4000

III topar				
	9	10	11	12
$p_s$ , MPa	4000-5000	5000-6000	6000-7000	> 7000

Birinji topara esasan ýokary maýyşgak we gaty boşlow jynslar girýär. Burawlananda (nebit we gaz ýataklaryny) gabat gelýän jynslardan: toýunsow, argillit we alewrolitiň köp gabat gelýän boşlow görnüşleri, çägesow we hek.

Gatylygy boýunça II topara: alewrolitler, hek, angidritler, dolomitler we çägesow jynslar girýär.

III topara port jynslar ýagny: burawlamakda köplenç duşýan jynslar: kremni, kwarsity, hekiň we dolomitiň görnüşleri. Ýungaň modeli boýunça hemme dag jynslary 8 kategoriýa bölünen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
$E \cdot 10^{-2}$ MPa	25	25-50	50-100	100-250	250-500	500-750	750-1000	>1000

Maýyşgaklyk koeffisiýentiniň ululygy boýunça hemme dag jynslary 6 kategoriýa bölünen

	1	2	3	4	5	6
k	1	1-2	2-3	3-4	4-6	6-∞

Birinji kategoriýa port dag jynslary girýär, ikinjiden – bāşe çenli – maýyşgak – port, altynja bolsa – ýokary maýyşgak we gaty boşlow jynslar degişli. Mysal üçin (tablisa № 17).

**Tablisa 17**

**Gysylan çökümdi dag jynslarynyň üýtgeýän mehaniki häsiýetleriniň üýtgame meýdany**

<b>Jisim</b>	<b>Gatylyk <math>p_s \cdot 10^{-2}</math>, MPa</b>	<b>Akyjylyk çägi <math>p_0 \cdot 10^{-2}</math>, MPa</b>	<b>Ýunguň moduly <math>E \cdot 10^{-5}</math>, MPa</b>	<b>Plastiki koeffisiýent</b>
Toýunlar	-	0,2-1,5	1-3	$\infty$
Slanes toýunlar	2-17	1,5-10	5-30	1,3-3,3
Çägeler we alewrolitler	2-33	1,5-21	5-35	1,3-4,3
Angidritler	10-15	4-10	18-54	2,9-4,3
Hekdaşlar	8-25	3-15	15-40	1,5-7,0
Dolomitler	10-32	5-24	50-90	1,5-6,0
Kremniýli we okremneli jynslary	36-70	33-70	~100	1,0-2,3

Çökümdi dag jynslarynyň birnäçe toparlarynyň mehaniki häsiýetleri barada maglumat getirilen.

**§ 11. Dag jynslary basylanda onuň deformirlenmegine we owranmagyna birnäçe faktorlaryň räsir etmegi**

Dag jynslarynyň gurluşynyň we düzüminiň täsiri. Synag edilen materiallaryň netijeleriniň görkezişine çökümdi jynslaryň gatylygy şol jynslary emele getirýän materiallaryň gatylygyna gönüden-göni bagly bolýar. Alewrolit we çägesow tipli jynsyň gatylygy düzümindäki sementleýji jisime we mineral düzümine baglydyr.

Meñzeş mineral düzümlü döwlüji jynslaryň gatylygy (toýunsow sement bilen sementleşen) tas 3 esse diýen ýaly, edil şonuň ýaly meñzeş jaýlardan (ýöne karbonat sementi bilen sementleşen) pesdir. Bazal sementi bilen sementleşen jynslar iň gaty jyns hasaplanýar.

Dykyz jynslaryň maýyşgaklygy hem olaryň mineral düzümine baglydyr (toýundan başga) toýunsow-karbonat

jynslaryň gatylygy (toýun, hek garyşynly toýun, toýunsow hek we hek) karbonatlygyň derejesi ulaldygyça gatylygy artýar. Esasanam karbonatlygy 50% ýokary bolsa. Bu ýagdaý I.S. Finogenow tarapyndan subut edilen. Bu ýagdaý jynsnyň karbonatlygy artdygyça bölejikleriň arasyndaky kristallik baglanyşyk ulalýar, kolloid baglanyşygyň roly bolsa peselýänligi zerarly bolýar. Karbonat jynslaryň gatylygy kremneleşen wagtynda hem örän ýokary bolýar. Hatda jynsnyň düzüminde 10% çenli kremniý bar wagtam onuň gatylygy we akmaklyk çägi ýokarlanýar. Soňky ýyllarda aýry-aýry raýonlar üçin jynsnyň basylýan wagtky mehaniki häsiýetlerini kesgitlemek üçin deňlemeler: ýagny çak bilen onuň dykzlygy, boşlugy, karbonatlygy, toýunsowlygy, çeýe tolkunlaryň ýaýramagynyň tizligi ýaly alamatlar arkaly kesgitlemäge mümkinçilik berdi.

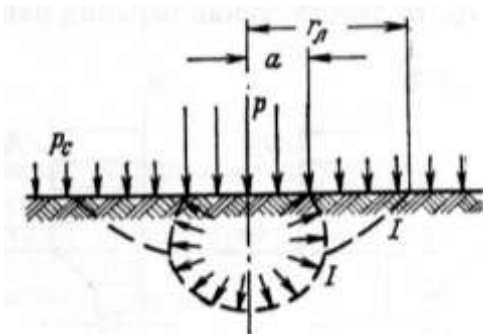
Jynsnyň ýatan çuňlugynyň täsiri. Dag jynslarynyň ýatan çuňlugy näçe çuň bolsa şonçada geostatik basyş ýokarlanýar (ortaça 0,025MPa/m gradiýent bilen). Şunlukda ortaça dargynlylyk hem ösýär. Dag jynslarynyň köp üsünde akmaklyk çägi berkäp we maýyşgaklyk çäkleri hem ösýär. Muny eksperimental taýdan dag basyşyny modelirlemek tassyk etdi. 2000m çuňlukda ortaça basyş 50MPa geçmeýär. Eksperimental we önümçilik gözegçiliginiň görkezmesine görä burawlananda öwranmagyň garşylygynyň artmagyna – basylýan dag jynsnyň üstünde erginiň gidrostatik basyşynyň we jynsnyň boşlugyndaky suwuklygyň basyşynyň ara tapawudy täsir edýär. Bu ara tapawut differensial basyş adyny aldy. Guýy üçin

$$P_D = P_C - P_n \quad (IV. 60)$$

$P_D$  – differensial basyş;  $P_C$  – guýynyň düýbine ýuwujy erginiň basyşy;  $P_n$  – gatlak basyşy.

Gemiň bu ýagdaýyň bolup geçişine şampy basmak mysalynda seredeliň (surat 43).





**Surat 43. Basylan şampda owranan jynsnyň we guýyda täsir edýän mehanizmiň şekili**

Şampynyň basyşynyň “P” täsiri astynda dag jynsynda özüniň töweregine basyş döredýän owranmagyň ýadrosy formirlenýär. R.M. Eýgelesiň bellemegine görä şampy gurşap alan jynsdan bölünip ýokaryk ugrykdyrylan basyşyň düzüjileri şampynyň basyşynyň 2-5% tutýar. Gonmagyň jaýrygy emele gelende (1-1 tarap) dykyz dag jynsynda boşlow töwerek emele gelýär, bu ýerde bolsa basyş nola deň. Jaýrygyň ulalmagyna “P<sub>c</sub>” basyşy päsgel berýär, ýagny ol dag jynsynyň gopýan bölegine garşy güýji emele getirýär.

$$P_n = \pi P_c (r_n^2 - a^2) \quad (\text{IV. 61})$$

(IV. 61) görnüşi ýaly guýyda basyşyň güýji näçe uly bolsa, onuň jyns basylanda jynsnyň owranmak stadiýasynyň aýgytlaýjy momentili täsiri uludyr. Eger-de gatlak boşlow bolsa we boşlukdaky suwuklygyň basyşy “P<sub>II</sub>” deň bolsa, onda jaýrykdaky basyş hem “P<sub>II</sub>” deň diýip kabul edilýär. Bu ýagdaýda (IV. 61) aşakdaky görnüşde bolar

$$P_n = \pi (P_c - P_{II}) (r_n^2 - a^2) \quad (\text{IV. 62})$$

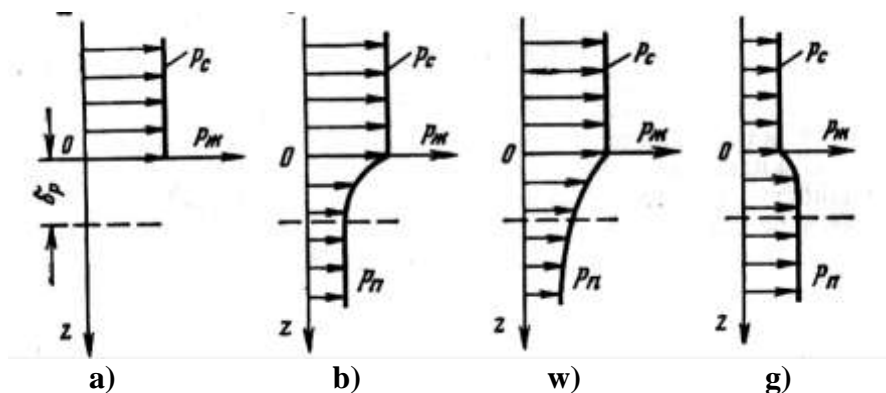
ýagny owranmagyň aýgytlaýjy pursatyna guýy bilen gatlagyň basyşlarynyň ara tapawudy täsir eder (differensial basyş)

boşlow gatlarlar adatça geçiriji (suwuklygy) bolýarlar. Suwuklygyň ýokary basyşly töwerekden pes basyşly töwerege süzülip geçmegi basyşyň “ $P_C$ ”-den “ $P_H$ ” çenli üýtgeýän geçiş töweregini döredýär.

Surat 44 ähtimal dykyz gatlarlarda geçiş bölegiň kuwwaty nola deňdir we owranmagyň içinde hereket edýän üýtgeýän, durýan basyş guýydaky basyşa deňdir (surat 44a).

Eger-de gatlak boşlow bolsa we geçiş böleginiň kuwwaty  $\delta_P$  kiçi bolsa, onda hereket edýän üýtgeýän durýan basyş differensial basyşa deňdir (surat 44b).

Diňe geçiş böleginiň kuwwaty  $\delta_P$  uly bolsa hereket etýän basyş differensial basyşdan kiçi bolýar (surat 44w).



**Surat 44. Çuňlyga görä owranýans dag jynsnyň differensiýal basyşyň täsirinde kesgitlenýän şekili  $\delta_P$**

a-gaty jyns; b-azsyzdyryjyly jyns; ç-ýokarysyzdyryjyly jyns,  $\chi - p_g > p_s$

Üýtgeýän basyşyň kiçelmegi jynsnyň süzüjiligi näçe ýokary bolsa şonça çalt bolup geçýär. Bu ýagdaý süzülmeğiň wagtyna we suwuklygyň süzülip geçmek häsiýetine hem baglydyr. Dag jynsnyň deformirlenmegine we owranmagyna suwuklygyň süzülmeğe häsiýetleri bolan şepbeşiklik, düzüminde gaty jisimleriň bolmagy bilen bir hatarda töweregi

gurşap alýan boşlugyň (howanyň) fiziko-himiki ýagdaýy hem täsir edýär.

Dag jynsynyň üstüniň täsiri. Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetlerini kesgitlemek diýilende onuň üstüni synaga taýarlamak göz önünde tutulýar. Mysal üçin: dag jynsynyň üstündäki güberçeklere ýa-da aýtajyk basyşyň deň derejede paýlanmazlygyna getirer. Berilýän güýç köpeldigiçe ilki bilen jynsyň üstündäki güberçekler düzlenýär, bu bolsa belli bir derejede basyşyň paýlanmagynyň kadalaşmagyna ýardam edýär. Eger-de jynsyň üstüniň бүдүр-сүдүрлігі uly bolsa, basyşyň kadalaşmagyň tä aňryçäk ýagdaýa ýetip, soňundan uly güberçegiň çäkinde port owranma bolunça bolmazlygy mümkin. Beýle owranma şampyň aşagynda basyşyň kadalaşman diňe öwranmadyk meýdanlara basyşyň ýaýramagyna getirýär. Diýmek jynsyň üstüniň tekiz däldegi diňe basylanda jynsyň owranmaga garşylygyny peseltmeli. Tekiz däl üste şamp basylanda aşakdaky aňlatma ýaly bolýar.

$$P_k=0,62P_m$$

(IV.63)

$P_k$  – port owranma gabat gelýän tekiz däl üstü ortaça şampyň basyşy “ $P_k$ ” görkeziji dag jynsynyň galtaşma (kontakt) berkligi ady bilen A.A. Skoçinskiý adyndaky dag işleri Instituty tarapyndan dag jynsynyň gatylygynyň häsiýetnamasy hökmünde teklip edilen. Port owranma garşylygyň peselmegi şamp basmak hadysasynda owranan jynsyň gatlagy öwrenilende hem aýan edildi. Akmak çägi we port öwranma azajyk güýç berilende ýüze çykýar, ýöne owranma böleginiň çuňlугy hem pes bolýar.

Bir wagtyň özünde birnäçe indektory basmaklyk dartgynlyklaryň birleşmesi netijesinde dag jynsyny owratmakda öndüriligi galdyrmaga ýardam edýär. Munda indektorlaryň aralarynyň ölçegi uly ähmiýete eýedir.

Galtaşma güýjiň täsiri. Çeýe dartgynly ýagdaý analiz edilende (dag jynslarynda) adaty we galtaşma güýçleriň

bilelikdäki täsirinde – eger-de jynsagyl basylsa (koso) onda dag jynslarynyň aňryçäk ýagdaýy göni basylandaka garanyň az güýç bilen basylanda ýüze çykýar (surat 31, tablisa 12). Ýöne bu ýagdaýda anryçäk ýagdaýyň çuňlugy pes bolup owranmak böleginiň göwrümi hem az bolmagyna getirýär. Gyl basmagyň eksperimental barlagy görkezýär, ýagny port owranmak göni basylandakydan adaty güýjün ululygynyň 10-40% pes güýçde bolup geçýär. Owranmagyň çuňlugynyň bölegi 15-40% peseslýär we göwrümi 2-4 gezek azalýar.

## **§ 12. Dag jynsyna şampy statiki basaňda onuň mehaniki häsiýetlerini kesgitleýän görkezijileriň derňewi we dag jynsynyň egri çyzygyny düzetmek üçin olaryň ulanylyşy**

Soňky ýyllarda basmakda jynsyň owranmak mehanizmi, jynsyň häsiýetini görkezýän görkezijileri anyklamak we alynan netijeleri guýy burawlananda ulanmak boýunça kän barlaglar geçirilýär.

Şu meseleleriň çözgüdi basmaklyk hadysasynda jynsyň häsiýetiniň görkezijileriniň fiziki ähmiýetini bilmän çözmek mümkin däl. Öňler gatylyk diýip synag edilýän jisimiň üstüne jisim aňryçäk ýagdaýa ýetende indektoryň basýan udel adaty basyşyna düşünilýärdi. Emma N.M. Filimonowyň we K.I. Wdowiniň pikirlerine görä gatylyk diýen düşünje köp ýagdaýda “ $P_0$ ” basanda jynsyň akmaklyk çäginde (şampa görä gatylyk dälde) gabat gelýär. Şonuň üçin awtorlar “ $P_0$ ” görkezijini jynsyň gatylygy diýip “ $P_s$ ” görkezijini bolsa basylanda jynsyň port owranma garşylygy diýip hasaplamagy teklipe edýärler. Eger şeýdile jynslaryň hemme toparlary üçin gatylygyň eke-täk görkezijisi bolardy.

Dag jynslarynyň berklik görkezijileriniň mehaniki häsiýetini praktiki hasaplamalarda ulanmaklyk diňe olaryň ähmiýeti ulanylýan esasy berklik teoriýalarynyň pikirleri gabat gelýän bolsa oňat netije berýär. In ykrar edilip berilen teoriýasy Mooryň umumylaşdyrylan berklik şerti hasaplanýar. Geliň

şampy basmaklyk hadysasynda bolup geçýän ýagdaýlaryň ähmiýetine Moryň umulaşdyrylan berklik şerti nukdaý nazaryndan seredip geçeliň.

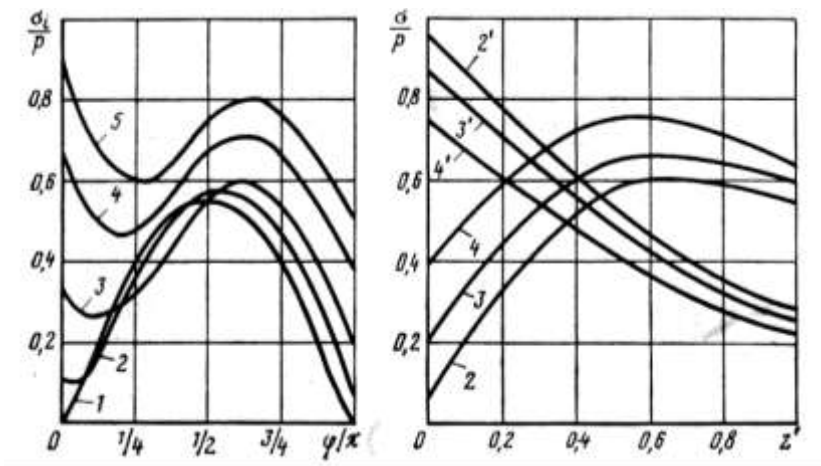
Basmaklykda çeyä dartgynlyklaryň ýaýramagynyň derňewiniň görkezişine görä aňryçäk ýagdaýa ýetmek nukdaý nazaryndan iň howply iki bölek bolýar – şampyň galtaşmagynyň (şekiliniň) aşagy we simmetriýa okunda  $z_m$  çuňlukdadyr. Birinji bölekde galtaşma dartgynlygyny we aralyk dartgynlygy kesgitlemek üçin Lýawyň formulary (IV. 12) ulanýarys. Soňra dartgynlygy düzüjileri (IV. 25) we (1, 3) goýun alarys

$$\frac{\sigma_i}{P} = \frac{1}{2\pi} X \sqrt{(1-2\mu)^2(3\pi^2 - 6\pi\varphi + 4\varphi^2) - (1-2\mu)3\pi\sin 2\varphi + 3\sin^2 2\varphi + 12\sin^4 \varphi} \quad (\text{IV. 64})$$

$$\frac{\sigma_0}{P} = - \frac{2(1+\mu)\varphi}{3\pi} \quad (\text{IV. 65})$$

$\varphi$  - kontura barýan ugur (seret surat 24).

(IV. 64) we (IV. 65) görnüşi ýaly birinji bölekde dartgynlygy düzüjiler Puassonyň koeffisiýentine we galtaşma barýan ugra bagly bolýar (surat 45a).



**Surat 45.**

a -  $\sigma_i/P$ -yň  $\varphi/\pi$  bagly grafik; b -  $\sigma_i$  (2.3.4) we  $\sigma_0/P$  (2/3/4) Puossonyň koeffisiýentiň dürli bahalaryna 1-0.5, 2-0.44, 3-0.30, 4-0.12, 5-0

$\sigma_i/P$ -yň  $\varphi/\pi$  baglylygy grafiki görnüşde berilen. Şu suratdan görnüşi ýaly  $\sigma_i/P$ -yň  $\varphi/\pi$ -e bolan funksiýasy iki ekstremuma eýedir:  $0 < \varphi < \pi/4$  meýdanda minimum we  $\pi/2 < \varphi < 11/16\pi$  meýdanda maksimum. Şeýlelikde S.P. Timoşenkonyň (IV.9) we (IV.10) formulalaryny peýdalanyp şampyň simmetriýa okunda  $\sigma_i$  we  $\sigma_0$  üçin hasaplamany geçirýäris.

$$\frac{\sigma_i}{P} = \frac{1-2\mu}{2} + \frac{(1+\mu)z'}{\sqrt{1+(z')^2}} - \frac{3}{2} \left[ \frac{z'}{\sqrt{1+(z')^2}} \right]^3 \quad (\text{IV. 66})$$

$$\frac{\sigma_0}{P} = -\frac{2}{3} (1 + \mu) \left[ 1 - \frac{z'}{\sqrt{1+(z')^2}} \right] \quad (\text{IV. 67})$$

(IV. 66) we (IV. 67) deňlemeler boýunça hasaplamalaryň netijeleri berilen. Surat 45b -  $z'$  ulalmagy bilen  $\sigma_0/P$  zygiderli kemelýär,  $\sigma_i/P$  bolsa maksimuma ýetýär,

aplikaty (IV. 14) deňleme bilen kesgitlenýär. Ýokarky deňlemelere garap iki bölek üçin hem aňlatmany aşakdaky ýaly ýazyp bolar

$$\sigma_i = \chi_1 P \quad (\text{IV. 68})$$

$$\sigma_0 = \chi_2 P \quad (\text{IV. 69})$$

$\chi_1$  we  $\chi_2$  – degişli deňlemeleş sag tarapyna deň bolan koeffisiýent. Şeýlelikde (IV. 68) we (IV. 69) deň-lerdan gelip çykýar.

$$\sigma_i = \frac{\chi_1}{\chi_2} \sigma_0 \quad (\text{IV. 70})$$

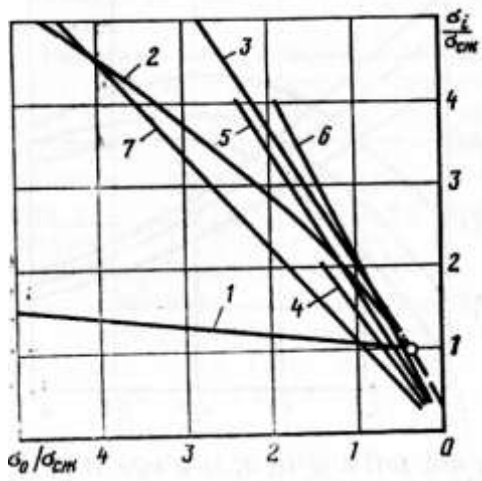
ýagny seredilýän bölekde aňryçäk ýagdaýyna ýetmeklik (IV. 70) deňlemede görkezilýän göni çyzyklaryň  $\sigma_{is}$  –iň  $\sigma_{i0}$  bolan gatnaşygyň aňryçäk egrisi bilen kesişýän ýerinde döreýär.

Moryň umumylaşdyrylan berklik şerti nukdaý nazaryndan jynslaryň deformirlenmeginiň mysalyny daş duzynyň mramoryň we kwarsitiň mysalynda serederis. Bu jynslar biri-birinden diňe Puassonyň koeffisiýentiniň ululygy boýunça tapawutlanman, eýsem aňryçäk egri çyzyklary (grafikde) hem-de owranmak mehanizmleri bilen hem tapawutlanýarlar. Aňryçäk egri çyzyklary gurmak we mehaniki häsiýetleriň görkezijilerini (tablisa № 18).

**Tablisa 18**

**Dag jynslarynyň mehaniki hasiýetleriniň görkezijileri**

<b>Dag jynslary</b>	<b><math>\sigma_{gys}</math>, MPa</b>	<b><math>p_0</math></b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>p_0 / \sigma_{gys}</math></b>
Daş duzy	26	54	0,44	2,1
Mramor	62	510	0,30	8,2
Kwarsit*	278	5346	0,12	19,2
$p_0 = p_s$				



**Surat 46.**

1 - Daş duzunyň egri çägi; 2 – Mramor; 3 - Kwarsit we kömekçi grafigi  
 $\sigma_{1S}/\sigma_{sž}$  dan  $\sigma/\sigma_{sž}$  4-0.44, 5-0.30, 6-0.12 (iki zolak üçin) 7-0.50 (birinji zolak üçin)

Bu jynslar üçin aňryçäk egri çyzyklar ölçegsiz koordinatda gurulyp görkezilen. Aňryçäk egri we göni çyzyklaryň kesişýän nokadynda  $\sigma_{1S}/\sigma_{sž} = \chi_3$  görnüşinde akmaklyk çäginin bahasyny tapýarys (IV. 70). Ol ýerden

$$\sigma_{1S} = \chi_3 \sigma_{guý} \quad (IV.71)$$

(IV. 68) deňlemä degişlilikde ýazýarys:

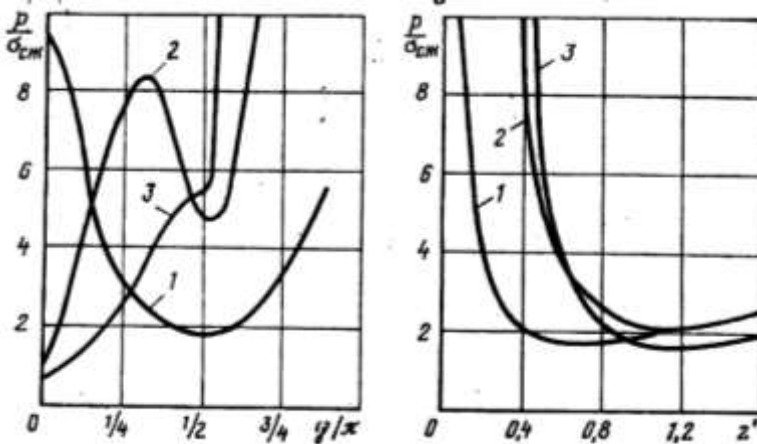
$$\sigma_{1S} = \chi_1 P \quad (IV.72)$$

(IV.71) we (IV.72) deňlemeleriň sag bölegini deňläp, dag jynsynyň aňryçäk ýagdaýa ýetendäki gabat gelyän şampa basyşyň ölçegsiz ululygyny tapýarys.

$$P/\sigma_{sž} = \chi_3/\chi_1 \quad (IV. 73)$$

Suratda 47  $P/\sigma_{sž}$  töwerekler boýunça kesgitlemesiniň netijeleri berilen.





**Surat 47.**

a - birinji zolaga ugrukdyrylan ölçegsiz basyşa bagly grafik, ikinji zolakdan  
b - şertlerde  $\sigma_{i \max}/\sigma_{is}$ ; 1-daş duzy, 2 - mramor, 3 - kwarsit

Görkezilişine görä şamp daş duzuna basylan aňryçäk ýagdaý iki bölekde-de “P” bahasyna (ululygyna) ýakyn ululykda ýetilýär. Bu ýagdaýda “P” deňdir  $(1,7 \div 1,8) \sigma_{sz}$ . Şeýle bolansoň ikinji şekilde aňryçäk ýagdaýyň emele gelmegi orak görnüşli meýdany emele getirer. Şampy mramora basaňda aňryçäk ýagdaý ilki birinji bölekde emele gelýär. Haçanda şampyň basyşy  $2\sigma_{sz}$  ýetende ikinji bölekde-de aňryçäk ýagdaý döremegi mümkin. eger-de  $P \approx 4,6\sigma_{sz}$  bölekler aňryçäk ýagdaýyň orak görnüşli meýdanyna birleşmegi mümkin. şamp kwarsite basylanda aňryçäk ýagdaý ilki birinji zonada döreyär, soňra “P” ulaldygyça aňryçäk ýagdaýyň meýdany çalt ulalmagy mümkin. Eksperimental barlaglaryň görkezmegine görä bu çäkde aňryçäk ýagdaýyň meýdany burçy  $\varphi \approx \frac{1}{8}\pi$  bolan

halkalaýyn jaýryk görnüşinde ýüze çykyp ol  $P \geq 1,4\sigma_{sz}$  gabat gelýär. Halkalaýyn jaýrygyň barlygy (surat 32) şampyň aşagyndaky dartgynlygy düzüjileriň ýaýramak häsiýetini birden üýtgetýär we kabul edilen şekil boýunça derňewi dowam etdirmäge mümkinçilik bermeýär. Şu ýagdaýlaň

hemmesinde ştampa bolan basyşlar jynsyň akmaklyk çäğinden  $P_0$  pesdir. Bu ýagdaý aňryçäk ýagdaýyň meýdanynyň ýapyk giňişlikdeligidir we dykyz jynslarda deformirlenmek şampyň basyşyna göni proporsionallykda dowam edýär. Maýyşgak akmaklyk ýagdaýynda materiallara  $\mu \rightarrow 0,5$ -dir. Akmaklyk derejä baranda ştampa düşýän basyşa baha bermek üçin  $\mu=0,5$ -kä çäýe meseläni çizmek üçin ulanallyň.

$$\text{Grafige görä } \mu=0,5 \text{ bolanda } \chi = \frac{\sigma_{i \max}}{\sigma_0} = \frac{0,55}{0,50} = 1,1$$

şunda “ $\phi$ ” burçy  $=\pi/2$ . Gabat gelýän göni çyzyk surat 46 7 bilen bellenen. Göni çyzyk 7-iň gabat gelýän aňryçäk egriler bilen kesişýän ýerindäki nokatlarda  $\sigma_{is}$  bahasyna tapallyň we soňra deňleme (IV. 73) bilen gerek bolan basyşy anyklallyň:

daş duzy üçin –  $2,0\sigma_{guýy}$

mramor üçin –  $8,2\sigma_{guýy}$

Ştampa basyşyň bu ululyklary tas jynsyň almaklyk çägi bilen gabat gelýär

(ser. Tablisa 18). Şampyň konturyndan jynsyň maýyşgak itip süýşürilmegi (ştampa berilýän basyş ösen – güýçlenen çagtynda) diňe eksperimental ýagdaýda – daş dyzynda-da we mramordada görülyär. Bu iş (96) we (106) işlerde beýan edilen. Göni çyzyk 7 kwarsit üçin aňryçäk egri çyzyk 3 bilen kesişmeýär, diýmek jynsyň maýyşgak itilip çykarylması bolmaýar.  $\sigma_{i \max}/\sigma_0$  gatnaşygynyň garaşsyzlygy Puassonyň koeffisiýentinden şamp boýunça jynsyň akmaklyk çäge ýeten momentinde, “ $P_0$ ” görkezijini dykyz jynslaryň (akmaklyk çägi anyk bildirýän) aňryçäk egrisini hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Şonda

$$\sigma_{is}=0,55P_0 \quad (\text{IV. 74})$$

$$\sigma_0=0,50P_0 \quad (\text{IV. 75})$$

Geçirilen derňewleň netijesinde aşakdaky netijä gelmek bolýar. Şamp akmaklyk çäğine ýeten momentinde ol

ýerde çeyé we çeyé maýysgaklyk deformasiýa bolýar, akmaklyk çakden geçilende bolsa – çeyé – şepbeşik deformasiýa (jynsyňky) bolýar. Ştamp boýunça akmaklyk çäginin görkezijisi – jynsyn şepbeşikli gysylp çykarylýp itilip başlanlygyny aňladýar. Basyş hadysasynda  $P < P_0$  – ýagdaýynda çeyé maýysgak deformasiýa ýüze çykýar. Diýmek  $P < P_0$  oblastynda kesgitlenýän Ýungaň moduly gysyşdakydan kiçi bolmalydyr.

### **V-nji BAP.**

## **DAG JYNSLARYNYŇ ABRAZIWLIGY**

### **§1. Metallaryň iýilmegi we dag jynslarynyň abraziwligi**

Buraw maşynlarynyň detallary we mehanizmleri hem-de burawlanýan we jyns owradýan enjamlary iş döwründe iýilýärler, netijede olaryň ölçegleri we görnüşleri üýtgeýär. Iýilmek belli bir cage ýetensoň ol enjamlar derege ýaramaz bolýarlar, olary ýa-ha gaýtadan dikeltmeli bolýar ýa-da çalşmaly bolýar. Iýilmek diýip detalyň görnüşiniň we ölçegleriniň ýuwaş-ýuwaşdan üýtgemegine diýilýär. W.D. Kuznesow iýilmek meýdanynda ulanylýan düşüňjeleri we terminleri seljerip iýilmä aşakdaky kesgitlemäni berdi: iýilme diýmek. Bu şeýle ýagdaý haçanda sürtülme güýjiň işine barabar energiýa sarp edilende gaty jisimiň daşyndan öwnujak bölekler gopup aýrylýar jisimiň massasy ýeňleýär (kiçelýär). Bölejikleriň gopup aýrylmagy ýa-da materialyň galyndy deformasiýasyna iýilma (iznos) diýilýär. Sürtülme güýjiniň işiniň birligine laýyk iýilme ululygy iýilmegiň ýygylgy diýilýär we sobellenýär.

$$\omega = W/A_{\tau} \quad (V. 1)$$

**W** – iýilme; **A<sub>τ</sub>** - sürtülme işi; aşakdaky for-a boýunça kesgitlenýär.

$$A_{\tau} = fPL$$

**f** – sürtülme koeffisiyenti; **P** – adaty güýç; **L** – sürtülme ýoly  
 köp ýagdaýda sürtülmäniň işini ölçemegiň kynlygy zerarly  
 iýilme ýygylgyny şu deňleme bilen tapýarlar

$$\omega' = \omega f = \frac{W}{PL} \quad (V. 2)$$

Şeýle usul synagy ýeňledýär, ýöne iýilmän görkezijisi fiziki ähmiýetini ýitirýär, sebäbi sürtülme koeffisiyenti hemişelik ululyk bolman ol synagyň şertine we düzgüne bagly bolýar. Iýilme ululygynyň wagt birligine gatnaşygyna iýilme tizligi diýilýär we “a” bellenýär.

$$a = W/t_0 \quad (V. 3)$$

**t<sub>0</sub>** – tejribe wagty.

Iýilme tizligi birwagtda täsir edýän köp sebäplere baglydyr, olaryň esaslary: sürtülýän üstleriň görnüşleri we häsiýetleri, sürtülmän düzgüni, töweregi gurşap alýan zadyň (mysal, howa, suwuklyk) görnüş-i we häsiýeti (detallaryň we enjamlaryň işleýän ýeri barada gürrüň gidýär). Sürtülýän üstleriň görnüşleri we häsiýetleri: бүдүр-сүдүрлик, egrelmek we materiallaryň gatylygy. Sürtülme düzgüni udel basyşa, süýşmegiň (hereket etmegiň) tizligine, güýjiň beriliş häsiýetini we ş.m. Barlaglar (85) görkezýär, ýagny jynsyň iýjiligi öwrenilende sürtülmän düzgüni umumylaşdyrylan görkezijiler bilen – sürtülmän udel kuwwaty **N'<sub>ud</sub>** bellenilýär.

$$N'_{ud} = fP\vartheta_c \quad (V. 4)$$

**P** – sürtülmän üstündäki udel basyş; **ϑ<sub>c</sub>** – hereketiň tizligi. Özleriniň niýetlenen işlerine görä dag enjamlarynyň detallary we enjamlar sürtülme düzgünine baglylykda aýratynlyklary bolmaly. Köp ýagdaýda maşynlaryň detallary we buraw enjamlary az sarp edip berilen düzgünde dag jynslaryna sürtülip işleýärler. Emma jyns owratygy enjam ähli güýji guýynyň düýbünde jynsy owratmak işine sarp edýär. Güýjiň ählisi dolotonyň iş organlary dag jynsy bilen galtaşyp jynsy owratmaga sarp edilýär. Dag jynslarynyň owranmasy üçin köp

güýjiň gerek bolşy ýaly, sürtülmän agyr düzgünini başdan geçirýär we çalt sapdan çykýarlar. Jynslaryň ýýjiligi netijeli taýdan öwrenilende (burawlamak üçin) ýylmamanyň modelirlände işiň giňişleýin suratda (işniň üýtgeşme duruşy) modelini gurmaly. Şaroşkaly dolotanyň elementleriniň yzygiderli gaýtalanýan iş düzgüniniň şertini ortaça udel kuwwatlyk  $N_{ud}$  bilen häsiýetlendirip bolar. Ony aşakdaky deňleme boýunça tapýarlar:

$$N_{ud} = A_1 \frac{v}{S} \quad (V. 5)$$

$A_1$  – dolotyň elementiniň jyns bilen bir gezek galtaşanda etýän işi;  $v$  – galtaşmaň ýygylgy;  $S$  – dolotyň elementiniň işleýän üsti (ýüzi, ujy).

Jyns owradyjy enjamlaryň iş düzgünleri hakynda doloto B-190T mysalynda maglumatlar.

$N_{ud}$ ,  $q$ ,  $v$ ,  $t$  – ululyklar metal bilen dag jynsynyň galtaşýan ýerinde ýylylyk düzgüni kesgitleýärler. Hakyky şertlerde-de, netijeli enjamlardada iýilmek hadysasynyň fiziki ýagdaýy üçin şu ululyklar birmeňzeş çäkde üýtgemelidirler. Soňky ýagdaý metallyň ýokarky – üstki gatlagynyň sürtülme güýji ýylylygynyň täsiri bilen baglydyr. Daşky gurşaw ýaglaýjy we sowadyjy täsiri bilen häsiýetlendirilýär. Dag enjamlarynyň detallary we gurallar köplenç howa boşlugynda, uglewodorod suwuklyklarda (ýag, ýuwujy ergin) suwda we suw erginlerinde hem-de dürli emulsiýalarda işleýärler.

Maşyngurluşyk meýdanynda geçirilen barlaglaryň netijesi boýunça metallaryň iýilmeginiň esasy görnüşlerine seredeliň.

1) tutulyp iýilmegiň birinji görnüşi: uly udel basyşda pes tizlikde hereket edende bolýar. Köplenç metallaryň ýüzünde sypjyryklar bolýar (sürtülýän ýerinde)

2) okislenme iýilmesi uly bolmadyk basyşda we taýýan tizlikde bolýar. Ol sürtülýän üstleriň okis plýonkasynyň

ýadawlyk gatlaklanmasynyň we süýşmegiň netijesinde ýüze çykýar.

3) ýylylyk iýilmesi (tutmagyň ikinji görnüşi). Bu udel basyşyň we taýmak tizliginiň uly bolan ýagdaýynda bolýar. Metallyň ýüzüniň iýilmesi termiki berkligiň gowşamagy zerarly tutmagyň ösmegine getirýär. Metallyň ýüzi çalt iýilýär. Kä halatlarda metallyň kristalligi pozulýar we ikinji gezek metallyň üsti taplanýar.

4) abraziw iýilmesi. Ol sürtülme böleginde iýjiligi gurşawyň barlygy bilen ýüze çykýar. Ol maýyşgak deformirlenmek, sypjyrylmak we mikroçyzyklaryň metalda döremegi bilen, metalyň ýüzüne iýjiligi gurşawyň täsir etmegi netijesinde bolýar

5) oskowied (mama görnüşi) iýilmesi yrgyldamak sürtülmesinde ýadawlyk hadysasynda bolýar.

Metallyň ýüziniň sypjyrylmagy, çyzylmagy we maýyşgak deformirlenmegi diňe metaly gurşap alan gurşawyň ýa-da metala sürtülýän jisimiň iýjiligi, gurşawyň ýa-da sürtülýän jisimiň ýüzündäki bölejikleriň has gatylygy we biraz ýylmanak dældigi bolanda bolýar. Şu nukdaý nazardan seredeniňde dag işinde taplanan polatdan ýasalan enjamlar we gurallar iýjilik iýilmesini diňe kwars çägesi ýa-da alewrolitler sürtülende bolýar. Dag gazyp alyş we nebit-gaz senagatynda detallaryň we gurallaryň dag jynsynyň haýsy görnüşi bolsada sürtülip iýilmesini iýjilik iýilmesi diýilýär ýagny iýjilik iýilmesi diýen düşüňjä has giň many berilýär. emma maşyngurluşykda we metal işlemekde senagatynda beýle däl. Ýokarkylara laýyklykda dag jynslarynyň iýjiligi diýip olaryň sürtülmede metally iýjiligine diýilýär.

## **§2. Metallaryň dag jynsy bilen özara baglanyşygynda ol iýilmegini öwrenmegiň şekili we usullary**

Häzirki wagtda metallaryň iýjilik iýilmesi tejribehanalarda öwrenilende aşakdaky şekillerde ulanylýar.

1. Burawlamak kesmek şekili (surat 48a).

Bu şekili kesiji goparyjy dolotoda (E.F. Epşteýn, N.W. Piçahçi, N.I. Lýubimow we başg.) ulanylýan gaty splawdan ýasalan kesijileriň iýjilik iýilmesi öwrenilende ulanyldy.

2. Burawlamak ýa-da etalon sterženniň sürtülme şekili (surat 48b) diňe dag jynslarynyň iýjiligine baha bermek üçin ulanylýar.

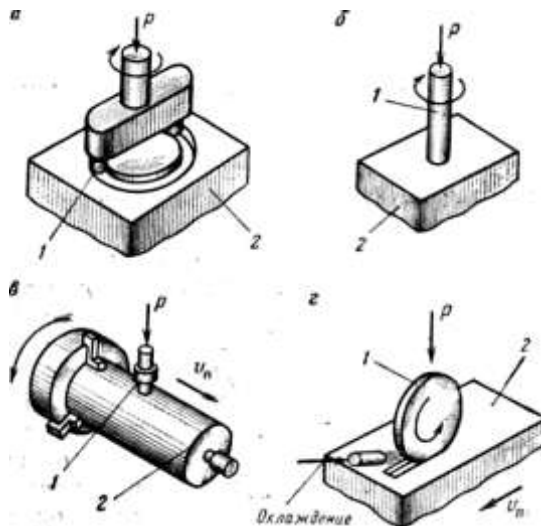
O.N. Golubinsew dag jynslarynyň iýjiligine baha bermek üçin jynsyň iýjiligini görkezýän görkeziji bilen bir hatarda onuň gatylygyny kesgitleýän garyşyk usuly ulanmaklygy teklipe edýär. Ýörite enjam ýasalyp ol iki usuly birleşdirýär – şampy basmak usuly we burawlamak usuly. O.N. Golubinseniň priborynyň nusgasy bolup pribor PTA (dag jynslarynyň massiwde gatylygyny we iýjiligini kesgitlemek üçin niýetlenen) burawlamak usuly bilen kesgitlemek üçin niýetlenen W.I. Karpow we M.M. Protodyakonow tarapyndan teklipe edilen pribor.

3. Keriň silindriki üstüniň iýilmek şekili (surat 48b). Ýokarda seredilen şekillerde E.F. Epşteýniň tejribesinden başgalarynda metallyň dag jynsy bilen galtaşýan ýeri arassalanmaýar. B. Fiş we beýlekileriň synaglarynyň netijesi iýilýän ýeriň hapalanmagy (iýilmek – sürtülme netijesinde çykýan galyşdylar) ölçegiň netijeleriniň nätakyk bolmagyna getirýär. Şu zerarly sürtülme yeriniň üstüniň üznüksiz tüzelenip durmagy şekili teklipe edilýär.

4. Diskaň (halkaň) iýilmek şekili (surat 48g).

Bu şekil boýunça metallaryň iýjiligi iýilmesi L.A. Şreýner, P.S. Balandiň we kitabyň awtorlary tarapyndan öwrenildi. Usulyň düýp manysy disk görnüşli metallyň typmak sürtülmesinde (dag jynsyna sürtülýär) iýilmegi. Diskiň aýlanmasy bolsa metal bilen dag jynsynyň galtaşmasynyň yzygiderli özara baglanyşygy üpjün edýär. Iýilmeklik ýörite

netijeli enjamda geçirilýär. Synag döwründe dag jynsy birsydyrgyn berilýär, diskiň üsti yzygiderli çüwdürmek arkaly sowadylýar, sürtülme momenti üznüksiz ýazylýar. Enjamyň gurluşy berilen. Bu usul buraw we jyns owradyjy enjamlaryň iýilmeginiň golyý modelini döretmäge mümkinçilik berýär.



### Surat 48. Dag jynslarynyň iýjilgini öwrenýän hem-de könelen metallaryň şekili

a - burawlanyp kesilen görnüşi; b - towlanan şekili;  
ç-üsti kernli könelen silindriň şekili; d-könelen diskiň şekili  
1-nusgalyk metal; 2-nusgalyk dag jynsy; P-nusga agram;  $V_p$ -tizlik beriji

5. Dag jynsy bilen metal böleginiň özara urulmagynda iýilmek şekili. Bu usul W.N. Winogradow, G.M. Sorokin we G. K. Şreýber tarapyndan hödürlendi. Bu şekil burawlamak şekiline meňzeş bolup, aýratynlygy metal bölegi aýlanman, ýokaryk- aşak hereket edip, jynsyň bölegine ýa-da iýijilige urulýar.

### §3. Metallyň abraziw iýilmeginiň aýlanýan diska şekilini öwrenmegiň usuly



Metalyň barlag üçin alynan bölejigi, kesimi alynan we ýaň taraplary ýylmanan iki sany tekiz – parallel jynsyň üstünde iýilýär. Tekizlikleriň parallelliginiň we ýylmanaklygyna talaplar edil basmaklyk synagyna taýarlykdaky ýaly, ýagny GOST 12288-66 laýyk bolmaly. Metalyň bölejigini polatdan ýa-da gaty garyndy metaldan disk görnüşinde diametri 15-den 50mm çenli işleýän üsti (ýagny jynsa galtaşýan ýeri) silindr şekilli taýýarlanýar. Diskiň iş üsti (ýagny halkanyň işi) hemogen jynsa üçin 2mm insiz, döwürlýän jynslar üçin – 3,5mm-den insiz bolmaly däl. Diskiň üsti ýylmanar. Synagdan öňürti disk spirtde ýuwulýar we guradylýar, soňra analitik terezide agramy çekilýär. Soňra enjamyň ştedelinde oturdylýar we berilen düzgünde aýlanyp iýilýär. Disk berilýän agram talap edilýän agramyň ýygylgyna görä saýlanyp alynýar.  $P_i$ ,

$$P = P_i b \quad (V. 6)$$

$P$  – diske berilýän agram;  $b$  – halkanyň.

Typmak tizligi  $\vartheta_c$  we özara galtaşmak ýygylgy  $\vartheta$  öwrenilýän hadysaň typmak gizligine we özara galtaşmak ýygylgyna gabat gelmelidir. Ony diskiň gabat gelýän diametric “ $D$ ” boýunça saýlap alýarlar: ýagny

$$\vartheta_c = \pi D v \quad (V. 7)$$

Sowatmagyň ýagdaýy we sowadyjy element hem öwrenilýän hadysa gabat gelmelidir. Suwuklygyň harçlanyşy “ $Q$ ”

$$Q = q S \quad (V. 8)$$

$q$  – öwrenilýän jisimiň galtaşýan üstüniň birligine sowadyjy elementiň udel harçlanyşy;  $S$  – diskiň işleýän üsti

$$S = \pi D b \quad (V. 9)$$

Dag jynsyny bölegini diskiň aşagyna bermegiň tizligini hem saýlap alýarlar.

Öwrenilýän hadysada esasy görkeziji diýip deňleme boýunça kesgitlenýän iýilmegiň tizligi kabul edilýär.

$$a = \frac{W}{\gamma_m S t_0} \quad (V. 10)$$

$W$  – metallyň massasynyň iýilmegi;  $\gamma_m$  – metallyň dykzylgy;  $t_0$  – geçirilýän synagyň wagty “a” – görkezijiniň manysy wagtyň birligine iýilme netijesinde metallyň ýüzünden aýrylýan gatlak (galyňlyk).

Iýilmegiň tizliginiň netijesi sürtülmäniň udel kuwwaty hökmünde seredilip ( $Wt/mm^2$ ) diskiň iýilmek ýagdaýy hökmünde deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$N_{ud} = 1,02 \frac{Mn}{S} \quad (V. 11)$$

$M$ - synag wagtynda aralyk moment,  $kgs \cdot m^2$ ;  $n$  – diskiň aýlanmak ýygylgy,  $ob/min$ ;  $S$  – diskiň işleýän üsti,  $mm^2$ .

Dag jynsynyň owranmagynyň tizligini, owranmagyň kanalyň (çukuryň) çuňlugy boýunça kesgitlenýär.

$$\delta = \frac{\delta V_n}{\pi D} \quad (V. 12)$$

$\delta_0$  – jynsyň owranmak tizligi;  $\delta_n$  – jyns bölejigini diskiň aşagyna bermegiň tizligi. Metallyň we dag jynsynyň iýilmeginiň gatnaşygyna baha bermek üçin metal we dag jynsynyň otnositel iýilmegine kesgitlenýärler.

$$\omega_0 = a / \delta_0 \quad (V. 13)$$

Metal we dag jynsynyň sürtülme koeffisiýenti deňleme boýunça çözülýär.

$$f = 2M / PD \quad (V. 14)$$

Esasy barlaglar pes aýlawly burawlamak üçin niýetlenen we ol özara galtaşma ýygylgy 2Gs bolanda; we ýokary aýlawly burawlamak usulyna özara galtaşma ýygylgy 14Gs. Şunda diskiň diametrik 30mm kabul edilen.

#### **§ 4. Poladyň dag jynsyna sürtülmede iýilmegiň esasy kanunalaýyklygy**

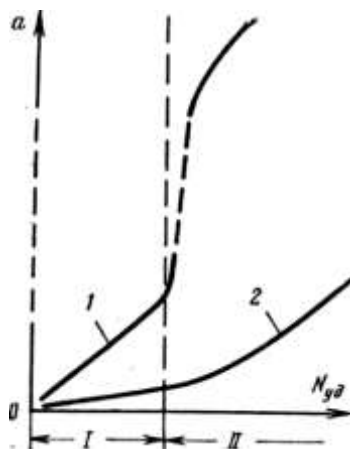
Dag enjamlarynyň detallary we gurallaryň işleýän üstleri köplenç halatda uglerodlynetijeli ýa-da sementlenen polatdan ýasalýar we olar himiko-termiki taplanýar.

Taplanan we sementlenen poladyň iýilmeginiň kanunalaýyklygyny poladyň U8A we 20XH3A markalarynda seredip geçeliň.

Seredip geçilýän (öwrenilýän) diapozonda (aralykda) udel kuwwatyň üýtgemegi ( $N_{ud} < 8,0 \text{ Wt/mm}^2$ ) iýilmegiň üç bölegi ýüze çykýar. Bölekleriň ýüze çykmagynyň esasynda iýilmegiň tizliginiň udel kuwwata baglylygy sebäp bolýar.

Birinji bölek. ( $N_{ud} \leq 0,4 \text{ Wt/mm}^2$  shema üçin). Iýilmegiň tizligi harç edilýän kuwwata bagly däl iýilmek bölegi pes aýlawda we pes udel agramda işleýän enjamlar we detallara mahsusdyr. Birinji bölekde “a” “ $N_{ud}$ ” baglylygy göni çyzykly (surat 49, 1) (başlangyç meýdanda  $N_{ud} < 0,1 \text{ Wt/mm}^2$  başga bölegi) “a”-yň “ $N_{ud}$ ” baglylygy takmynan

$$a = A_0 N_{ud} \quad (V. 15)$$



**Surat 49.**

1-Poladyň surtulmesiniň we gopmasynyň udel kuwwatyndan könelen tizligiň häsiýetiniň görnüşi, 2-Kristal çökünci jynslarda

Netijeli taýdan “a” ölçelen bahasy tapylan göni çyzykdan maksimal gyşarmasy 20% köp däl.

Ikinji iýilme bölegi. Birinji bölekden ikinji bölege geçmeklik döwülýän jynslara mahsusdyr. Ýagny iýilmegiň tizligi birden ýokarlanýar, kristalliki jynslar üçin bolsa “a”-yň  $N_{ud}$  göni baglylygynyň üýtgemegi bilen bolup geçýär (surat 49, 11) jynslaryň toparlarynda “a”  $N_{ud}$  baglylygynyň häsiýetleri berilen.

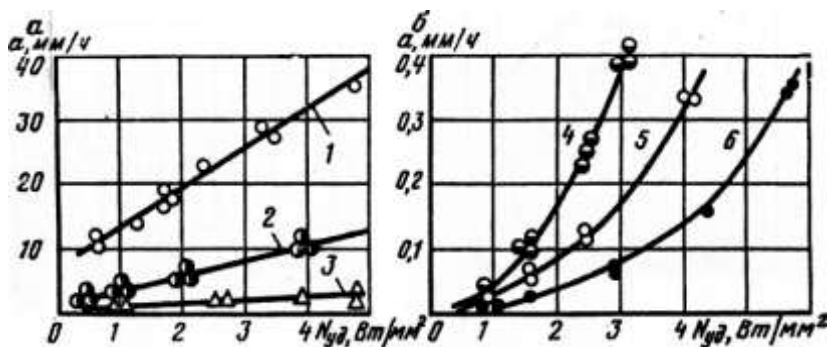
Suratda 50 görä döwülüji jynslar üçin baglylygy göni deňleme boýunça ýazyp bolýar.

$$a = A N_{ud} + B \quad (V. 16)$$

**A** we **B** – netijeli koeffisiýentler. Kristalliki jynslar üçin “a”  $N_{ud}$  baglylygyny aşakdaky görnüşde ýazmak mümkin.

$$a = A N_{ud}^k \quad (V. 17)$$

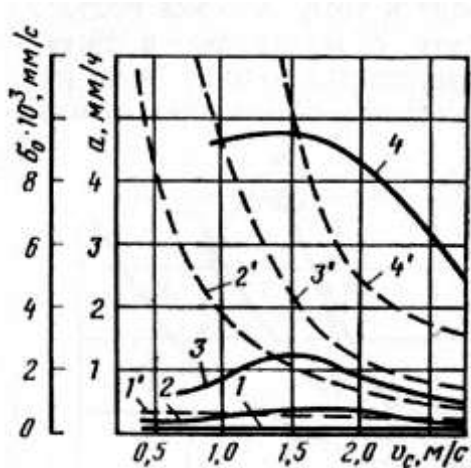
**A** we **k** – netijeli koeffisiýent.



**Surat 50. 20XH3A polat markasy üçin  $N_{ud}$  bagly, owranan meýdanyň könelmesi**

a- jyns; b-krisstalliki jyns; 1-çäge; 2-alewrolit; 3-argillit; 4-dolomit; 5-hekdaşy; 6-angidrit

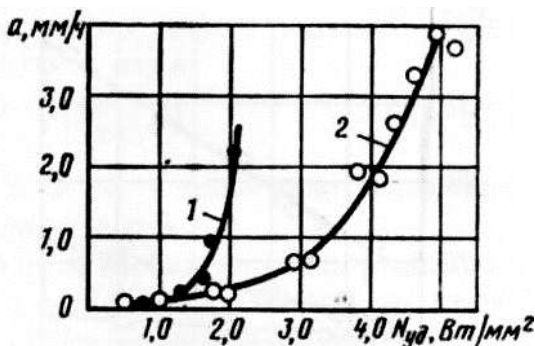
Iş döwründe jyns owradyjy enjamyň şol bir aýlaw sanynda oňa berilýän güýç köpeldilende, onda jynsyň owranmagy diňe muktar taýdan däl-de eýsem hil taýdan hem üýtgeýär. Iýilmegi barlamak üçin geçirilýän synagda bir meňzeş  $N_{ud}$  typmagyň tizliginiň we udel basyşyň dürli gatnaşyklary alynyp biliner, diýmek jynsyň owranmagynyň dürli tizligi bilen, dürli görnüşli owranmak hem alynyp biliner. Jynsyň owranmagynyň görnüşiniň poladyň iýilmek tizligine täsirini dolomitiň mysalynda seredip geçeliň (surat 51).



**Surat 51. Sypma tizligiň täsirinde könelmäniň tizligi (1-4) polat markasy 20XH3A we dolomitiň owranmagy (1'-2')**

Görnüşine görä, dag jynsynyň owranmak tizligi, typmak tizliginiň ulalmagy bilen çalt peselýär we port owranmakdan üstün ýonulmagyna ýuwaş-ýuwaşdan geçmegi görünýär.  $N_{ud}=1 \text{ Wt/mm}^2$  diňe dolomitiň üstüniň ýonulmagy bolup geçýär. Poladyň iýilmek tizligi diňe  $N_{ud}=1 \text{ Wt/mm}^2$  -da typmak tizligine bagly bolmaýar ýagny, dag jynsynyň owranmagynyň görnüşi üýtgemelýär.  $N_{ud}$  ýokary bahalarynda iýilmek tizligi başda ulalýar, soňra peselýär. Polatlaryň iýilmeginiň maksimal derejesi port owranmakdan üstüniň ýonulmagyna geçýän bölekde ýüze çykýar. Dag jynslarynyň port owranmagy güýçlenýän wagty olaryň metal bilen galtaşýan ýerlerinde бүдүр-сүдүрлик gaty ulalýar. Bu bolsa poladyň iýilmeginiň tizlenmegine getirýär.

Iýilmegiň üçünji bölegi diňe gaty jynslaryň owranmagynda ýüze çykýar. Bu ýagdaý metallyň we onuň detallarynyň iş üstleriniň berkliginiň we üýtgemeginiň netijesinde bolýar. Bu oblastda iýilme tizligi  $N_{ud}$  ulalmagy bilen çalt ýokarlanýar (surat 52).



**Surat 52.**

1-ýuwaş aýlawly nusgalyk poladyň ýokary işiniň ýitgi şertlerinde dolomitiň owranmagy  $A$  we  $N_{ud}$  bagly grafigi; 2-ýokaryaýlaw könelen düzgünde (sypmagyň tizligi 0.2 we 1.4 m/s)

(V.4) görnüşi ýaly bir meňzeş udel kuwwatda typmagyň tizliginiň peselmegi bilen adaty güýç ulalýar, şoňa baglylykda süýşmegiň dartgynlylygy ösýär. Şeýlelikde typmagyň tizliginiň peselmegi bilen kritiki kuwwat peselýär, metalyň iş üstüniň durnuklylygy (berkligi) peselýär. Bu ýagdaý netijeli subut edilen. Şol bir wagtyň özünde surat 52 görnüşi ýaly typmagyň tizligi 7 esse peselende (1,4-den 0,2m/s) kritiki kuwwatyň ululygy diňe 2 esse peselýär. Diýmek iýilmeklik pes aýlawly düzgüne garanyňda uly aýlawly düzgünlerde berkligi ýitirmek a güýçlerde bolup geçýär.

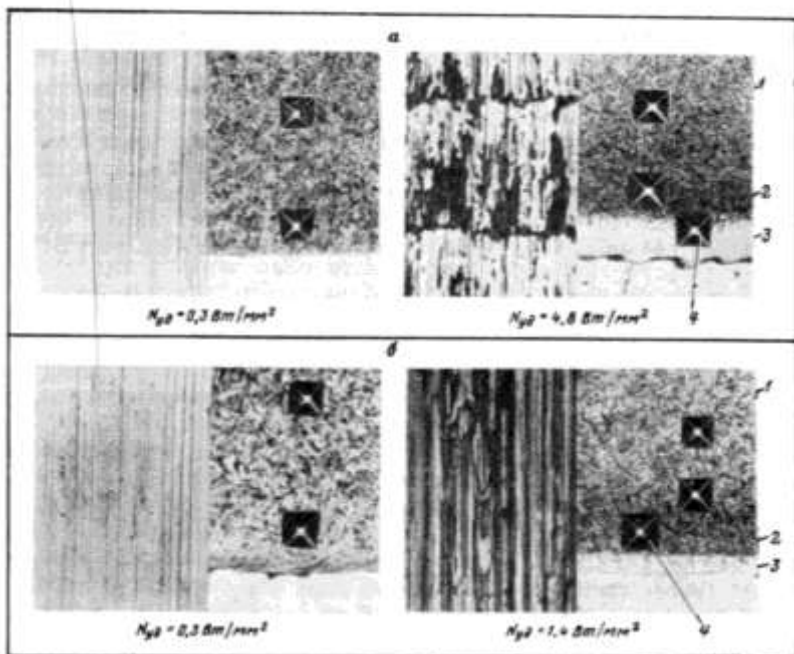
Ikinji iýilmek bölegi dolotonyň enjamlarynyň işlerine mahsusdyr. Üçünji bölekde doloto uly aýlawly usul bilen burawlananda bolup geçýär. Dolotonyň işi bu iýilmek meýdanynda pes netijeli bolýar.

## **§ 5. Taplanan poladyň abraziw iýilmesiniň mehanizmi**

Metallaryň her tüýsli şertlerden iýilmesiniň mehanizmi işlerde doly beýan edilen. Şol barlaglaryň netijesine daýanyp meňzeşlik usuly arkaly taplanan poladyň  $N_{ud}$  barha ulalmagynda kinetik iýjilik (abraziw) iýilmesini yzarlamak

mümkin. Şu maksat bilen iýilmekde metallyň üsti, üstüniň mikro ýylmanaklygy, üstki gatlagda golaý ýerleşýän mikro gatylygyň paýlanyşy öwrenilýär.

Mysal üçin surat 53 iýilmekden soň hekde we çägesewda işlän metallyň iş üsti we mikrogurluşy görkezilýär.

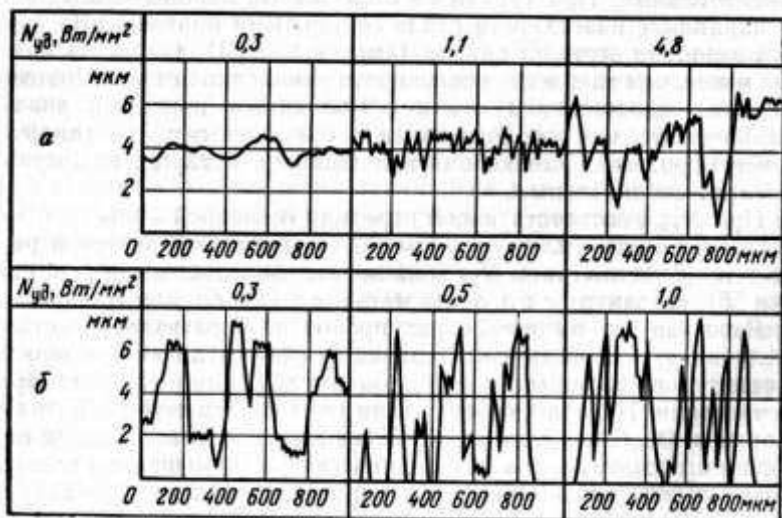


**Surat 53.**

a - ýokary işiň görnüşü we hekdaşdan soň poladyň mikrostruktura; b - çäge; 1-çykýan mikrostruktura; 2- goýberlen duz; 3-ak-faza; 4-peçatly mikrogatymetr PMT-3

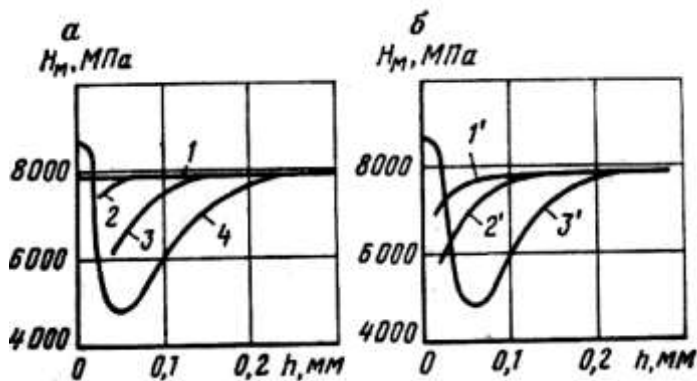
Surat 54 – iş üstleriniň profilogrammasý, suratda 55 bolsa hekde işläp poladyň iýilmekden soň mikro gatylygynyň iş üstine perpendikulýar ýaýraýşy, önümçilik şertde işläp doloto üçin görkezilýär. Barlagyň görkezişine görä, birinji meýdanda iýilmek hadysasy çuňlugy boýunça okis plýonkasynyň çäginde geçmeýär (iş üstünde emele gelen okis plýonkasy).





**Surat 54.**

a-hekdaşda iylenden soň poladyň ýokary işjeňliginiň profilogramasy; b-  
çägeler



**Surat 55. Hekdaşda işländen soň polat markasynyň  
20XN3A mikrogatylygynyň üýtgeýän grafigi**

a-işländen soň udel kuwwaty ( $w$  Wt/mm<sup>2</sup>) 1-0.3, 2-0.6, 3-2.1, 4-4.8; b-  
dolotanyň dişi OM 21-190T üçünji dişi, 1.2.3-wesiň nomeri

Dag jynslarynyň бүдүр-сүдүrliginiň yzygiderli olara täsir ýetmesi zerarly şol plýonkalaryň ýadawlyk gatlak-gatlak bolmagyna getirýär. Bu ýagdaýda iýilýän üst ýylmanýar (surat 53) we poladyň iş üstüniň бүдүр-сүдүrligi azalýar (surat 54). Iýilmegiň bu görnüşi maşyn gurluşygynda okislenme iýilmesi diýip atlandyrylýar. Döwüliji jynslara sürtülende poladyň ýüzüniň gatylygy taplanan poladyň gatylygyndan ýokary bolan kwars дәnejikleri bilen sypjyrylmasy bolup geçýär (suratlar 53 we 54). Şonuň üçin döwüliji jynslarda poladyň iýilmesiniň tizligi karbonat we sulfat kristalliki jynslara garanyňda ep-äslі çalt bolýar.

Ýöne iýilmegiň görnüşi köplenç okislenme iýilmesi bolup galýar. Birinji bölekden ikinji iýilme bölegine geçişe gabat gelýän  $N_{ud}$  üst tarapdan  $N_{ud}$  ulalmasy bilen baglylykda gatylygy peselen töwerek emele gelýär (suratlar 54, 55).

Bu sürtülmeden emele gelýän ýylylyk zerarly metallyň goýbermesi netijesinde bolýar. Poladyň iş üstüniň ýyladylmagy zerarly iýilmek hadysasy okislenme hadysasynyň tizliginiň artmagy we poladyň iş üstüniň deformirlenmeginiň ýenlemegi sebäpli çaltlanýar. Poladyň ýüzünde gara tegmilýar emele gelýär. Iýilmek hadysasy has hem çägesew ýerde çalt bolýar.  $N_{ud} \geq 1,0 \text{Wt/mm}^2$  ýagdaýda metal karbonat we sulfat jynslarda işlände metallyň ýüzünde ýadawlyk häsiýetli mikrojaýryklaryň setpesi bilen örtülýär (surat 53).

Döwüliji jynslarda sürtülmede iýilme tizligi çalt bolansoň metallyň ýüzünde jaýryklar bolmaýar.  $N_{ud}$  uly bahalarynda çuňlугыň ululygy we termiki durnuklygyň derejesiniň ululygy, gatylygy pes bolan karbonat we sulfat jynslaryň дәnejikleriň polady maýyşgak deformasiýa etmegine mümkinçilik berýär. Poladyň iş üstüniň бүдүр-сүдүrligi artýar (surat 54).

Poladyň üstüniň bir görnüş deformasiýadan başga görnüş deformasiýa geçmegi diňe üstdäki plýonkanyň port owranmagyna дәl eýsem metallyň port owranmagyna getirýär (metallyň ýüzünden gabyk görnüşinde gopýar). Çägesew ýere

sürtülende metalyň ýüzi ýonuşga görnüşinde kesilip aýrylýar. Metalla ýylylygyň täsir etmegi diňe metalyň gurluşynyň goýbermek häsiýeti däl (troostit), ýene-de “ak faza” diýilýän aýratyn görnüş (N<sub>ud</sub>>3,0Wt/mm<sup>2 m</sup> meýdanda) emele gelýär. Ýöne şu wagta çenli “ak fazanyň” gurluşy we sebäbi hakda belli pikir ýok. “Ak faza” ösdügiçe poladyň ýüzüniň reňklemesi (reňkini üýtgetmesi) we deformirlenen üstüňkä bir meýdanlarynyň gatlaklanmasy ýüze çykyp başlaýar. Bu hadysa hasam üstäki jaýryk setka zerarly çylşyrymlaşýar.

Dag jynsynyň дәnejі metalla geçip kәbir amatly ýagdaýda üstüň tutuşlaýyn süýşmegine getirip bilýär (üçünjі iýilme bölegi). Bu ýagdaýa metallyň iş üstüniň durnuklylygy ýitirmegi diýip at berilýär. Munda poladyň iýilmegi örän çalt bolup geçýär. Sürtülme zerarly ýylylygyň täsiri astynda bolýan iýilmäň görnüşine maşyn gurluşygynda termomehaniki ýa-da ýylylyk iýilmesi diýilýär. Yokardakylardan görnüşі ýaly iýjilik iýilmegiň görnüşі işiň düzgünine we şertlerine bagly bolýar. Metallyň ýokarky gatlaklarynda mikrogurluşyň we gatylygyň sürtülme ýylylyk zerarly üýtgemegi tejribehana barlagynda dolotyň enjamlarynyň iýilme hadysasynyň nä derejede hakykata laýyk gelýändigini barlamaga mümkinçilik berýär.

Surtda 55b şaroşkaly dolotonyň enjamlarynyň (uly aýlawly burawlamakda işläp) mikrogatylygynyň ýaýraýşy görkezilen. Şol mikrogatylygyň ýaýraýşyny deňeşdireniňde surat 55 görä olar meňzeş. Ýokarda taplanan poladyň iş üstüniň dag jynsy bilen yzygiderli özara täsirinde iýilmegiň mehanizmi seredildi. Dag jynsy bilen hemişelik galtaşmada iýilme mehanizmi meňzeş, ýöne poladyň üstünde (iş üstünde) ýadawlyk jaýryklary ýüze çykmaýar. Urgy-iýjilik iýilme mehanizmi aşakdaky ýaly bolýar. Urgy wagtynda iýilýän üstde iýjiligiň üsti boýunça metal bilen galtaşýan ýerlerinde ýokary dartgynlylyk ýüze çykýar, ol bolsa öz gezeginde maýyşgak deformasiýany emele getirýär, netijede iýjilik дәnejikleriň bir bölegi iýilýän üste ornaşyk her dürli görnüşli çukurjyklary emele getirýär. Bu hereket köp gezek gaýtalansa

çukurjyklardan başga bölejikleriň gopmagy bolup geçýär. Eger-de urgyň töwereginde suwuklyk gatlagy bolsa onda urgyda urgy-gidro iýjilik iýilmesini emele getirýän gidroiýjilik akymy emele gelýär. Urgy-gidroiýjilik iýilmesine yzygiderlilik häsiýetli bolansoň, ýokary-güýçli urgylarda ýadawlyk owranmasy (urgy-ýadawlyk iýilmesi) bolmagy mümkin. Has ýokary urgylarda iýilýän üstiň gatylygyna garamazdan metallyň ýylamagy zerarly gurluşynyň üýtgemegi mümkin bu bolsa öz gezeginde iýjilik dänesiniň metalla ornamagyny we metalldan mikrobölejikleriň gopmagyna getirýär. Bu görnüş iýilmä urgy-ýylylyk iýilmesi diýilýär.

## **§6. Gurşap alýan töweregiň poladyň iýjilik iýilmesine täsiri**

Gurşap alýan töwerek sürtülmän üstüne we iýilýän üste himiki, adsorbsionnyý we diffuznyý täsir edip bilýär. Bu täsirleriň hemmesi iki jisimiň üstleriniň arasynda ýukajyk gatlagy (I.W. Iragelskiň at berişine görä “üçünji gatlak”) emele getirýär. Ol gatlajyk häsiýeti boýunça öňki iki gatlakdan düýpli üýtgeşik häsiýetli bolýar. Üçünji gatlagyň häsiýeti töweregiň ýaglanmak ukybyna häsiýetlendirýär. Häzirki döwürde töweregiň ýaglanmak ukyby barada belli kesgitleme ýok. Ýöne buraw we jyns owradyjy enjamlarynyň işiniň nukdaý nazaryndan ýaglanmak ukyby diýip töweregiň süýşmäge garşylygy pes we gysylma garşy garşylygy ýokary “üçünji gatlagy” töweregiň döretmegine diüüäris. Töweregiň ýaglamak ukybynyň görkezijisi hökmünde metal-dag jynsy bilen sürtülme koeffisiýentini [(V. 14) deňleme boýunça kesgitlenen] kabul etýäris. Esas edip polat – dag jynsy suw bilen ýuwulanda sürtülme koeffisiýenti kabul edilen. (tablisa № 19).

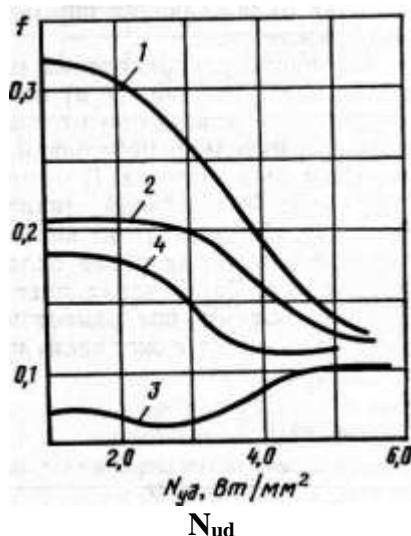
**Tablisa 19**

**Sypýan polat markasynyň 20XH3A dag jynslary  
suw bilen ýuwlanda koef-ň ortaça bahasy**

<b>N<sub>ud</sub>, Wt/mm<sup>2</sup></b>	<b>Jisim</b>					
	<b>Hekdaş</b>	<b>Angidrit</b>	<b>Dolomit</b>	<b>Çägedaş</b>	<b>Alewrolit</b>	<b>Argillit</b>
0,2	0,28	0,15	0,26	-	-	-
0,5	0,39	0,24	0,37	-	-	-
1,0	0,53	0,26	0,42	0,52	0,64	0,70
2,0	0,42	0,24	0,31	0,38	0,47	0,68
4,0	0,28	0,21	0,26	0,36	0,43	0,61
8,0	0,21	-	0,19	-	-	-

Görnüşi ýaly **N<sub>ud</sub>** ulaldygyça sürtülme koeffisiýenti ilki başda maksimal derejä çenli ýokarlanýar, soňra peselip başlaýar. Barlaglar sürtülme koeffisiýenti üst sürtülmede we geçiş meýdanda ýokarlanýar. Port owranmak başladygyça koeffisiýent peselip başlaýar. Şu iýilme meýdanda poladyň üstüniň termiki durnuksyzlygyna gabat gelýär.

Suratda 56 polat-dolomit sürtülme koeffisiýentiniň ýokary aýlawly iş düzgünli, howa bilen üflemek (arassalamak) suw bilen, toýunsow ergin we nebit esasly ergin bilen ýuwulanda baglylygy görkezilen. Az we ortaça kuwwatlyk harç edilende seredilýän töweregiň ýaglamak ukyby dürli-dürli bolýar. **N<sub>ud</sub>** ösdügiçe ýylylygyň täsiri we owranýan jynsyň üstüniň бүдүр-сүдүрлігiniň täsiri astynda “üçünji gatlagyň” owranmasy bolup geçýär. Bu bolsa sürtülme koeffisiýentleri golaýlaşdyrýar (seret surat 56).



**Surat 56. Dolomit-  $N_{ud}$  poladyň sypma koef-ne baglylykda dürli täsirleriniň grafiği**

1-suw; 2-toýunsow ergin; 3-PHO; 4-howa

Sürtülme koeffisiýentiniň peselmegi burawlamakda şol guýyň düýbündäki hereketiň şol bir kuwwatlylygynda doloto berilýän güýji artdyrmaga mümkinçilik berýär, ol öz gezeginde dag jynsynyň owranma tizligini ýokarlandyrýar. Synagdan geçirilen ýuwujy erginleriň sowadyjy ukyby (suwuň sowadyjy ukybyna görä) A.A. Brahmanyň metal kesilende erginiň ýylylygy kabul edişiň hasaby baradaky deňlemede baha berilen.

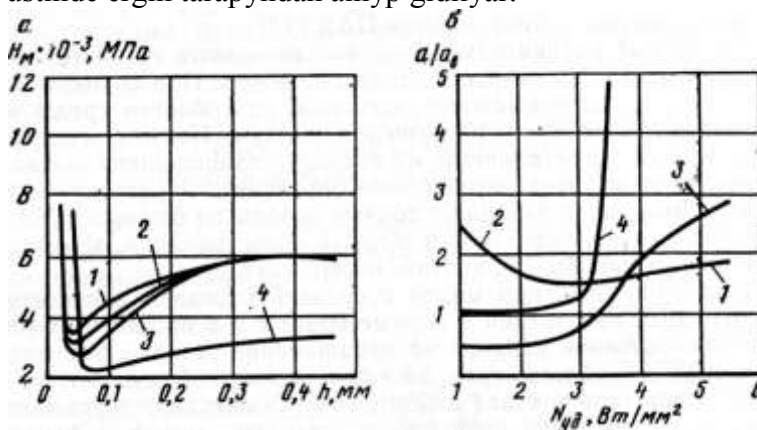
Hasabyň netijesi tablisada № 20 getirilen. Nirede  $\theta$  - sowadylýan üstiň temperaturasy,  $\theta_k$  - suwuklygyň gaýnamak temperaturasy. Tablisa 20 görnüşi ýaly ýuwujy ergin we howa sowadyjylyk ukybynyň peselmegi bilen şeýle hatary emele getirýär: ilki suw, soňra toýunsow ergin, nebit esasly ergin (PHO), howa.

Tablisa 20

## Otnositel sowadyjylyk ukyby

Ýokary sowadyjylyk tem-sy	Suw	Toýunsow ergin	PHO	Howa*
$\theta < \theta_k$	1,0	0,95	0,32	0,015
$\theta < \theta_k$	1,0	0,78	0,72	0,14
* $\theta = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$				

Sowadylýan üstiň temperaturasy pes bolanda suw we toýunsow ergin: PHP we howa garanyňda gowy sowadyjylyk ukyba eýe bolýar. Metallyň üstki gatlaklarynda mikrogatylygyň ýaýramagynyň öwrenilmegiş (surat 57a) erginler bilen sowadylanda metallyň sähelçe çuňlugyna (0,40mm çenli) termiki täsir edýär. Metallyň dag jynsy bilen galtaşýan momenti ýylylyk akymy metallyň içine (çuňlugyna) gönükdirilýär. Galtaşmadan çykanda bolsa metal çalt sowaýar we ýylylyk akymy goşalanýar: bir bölegi metallyň içine gidip ergine barýar (ergine degip sowaýar), beýleki köp bölegi bolsa iş üstinde ergin tarapyndan alnyp gidilýär.



Surat 57.

a - çuňluga görä ýýtgeýän mikrogatylyga bagly we könelme tizligi  $N_{ud}$ ; b - suw bilen dolomite owradanyňda; 1-suw(gorizontal çyzykda); 2-toýunsow ergin; 3-PHO; 4-üflenlen howa

Howa bilen üflenip sowadylanda metallyň çalt ýylamagy we onuň metallyň içine ýylylygyň gitmegi bolup geçýär. Howanyň pes sowadyjylyk ukyby metallyň temperaturasynyň ýokary derejä ýetmegine eritýär, ýylylyk suwun ergin bilen sowadylandaka garanyň haýal metallyň içine ornaýar we iýilmeklik hadysasy çalt bolup geçýär. Şol bir wagtyň özünde howa bilen sowadylanda ýylylygyň köp bölegi dag jynsynyň içine gidýär we goşmaça termiki dartgynlylygy döredýär we dag jynsynyň çalt owranmagyna ýardam edýär. Şonuň üçin howa bilen sowadyлма usuly burawlamakda suwuk ergin bilen sowadylandakydan netijeli bolýar.

Gurşap alýan töweregiň ýaglamak we sowatmak ukyby iýilme hadysasynda bir wagtda bolup geçýär. Geliň poladyň iýilmeginiň tizligini dolomite owratmakda  $N_{ud}$  ( $P_s=1960\text{MPa}$ ) her tüýsli gurşawda (sreda töweregi gurşap alýan) ýokary aýlawly düzgünde seredip geçeliň (surat 57b).

Suratda 57 görnüşi ýaly nebit esasly erginiň (PHO) ýaglamak ukyby suw bilen ýuwulandaka garanyňda ýokary bolany üçin iýilmek tizliginiň pes bolmagyna getirýär. Ýöne  $N_{ud}$  ösmegi bilen bu tapawut azalýar, hatda  $N_{ud}>3,3 \text{ Wt/mm}^2$  iýilmeginiň tizligi nebit esasly ergin bilen ýuwylanda suw bilen ýuwylandakydan uly bolýar. Ýagny iýilme tizligi erginleriň sowatmak ukybyna bagly bolup galýar. Howanyň pes sowadyjylyk ukyby poladyň iýilme tizligini ikinji iýilme meýdannyň hemme ýerinde uly bolmagyna getirýär. Diýmek gurşawyň sowadyjylyk ukyby näçe pes bolsa, şonçada  $N_{ud}$  ähmiýeti peselýär we poladyň üstüniň berkligi – peselip başlaýar.

Barlaglaryň görkezişi ýaly (23, 36) suw erginleri PAW pes sowadyjy ukyby bolup ýokary udel kuwwatlykda metallyň durnuklylygynyň – berkliginiň peselmegi ýüze çykýar. Ýaglaýjy plýonka – gatlak bir wagtyň özünde hemä metallyň iýilme tizligini hemem jynsyň sürtülmesiniň tizligini peseltýär. Jynsyň port owranma ýagdaýynda täsir etýän töweregiň ýaglama häsiýetiniň ýokarlanmagy jynsyň owranmasyny



çaltlakdyrmagy mümkin. Şonuň üçin täsir edýän töweregiň diňe iýilmä täsiri bar diýip hasap edip bolmaz. Bu ýagdaýda (V.13) deňleme boýunça dag jynsynyň we metalyň iýilmesiniň görkezijisini kesgitlemek hökmanydyr. Ýöne näçe metallyň iýilmesi az bolsa, şonçada enjam öndürüjilikli we uzak wagtlap işlär. Şeýlelikde dag jynsyna metallyň sürtülmede pes we agramlyk kuwwatlykda poladyň iýilmegine täsir edýän zatlaryň ýaglamak ukyby, ýokary kuwwatlykda bolsa şol zatlaryň sowadyjylyk ukyby täsir edýär.

### **§7. Gaty splawyň abraziw iýilmesiniň aýratynlyklary (gaty splaw – iki ýa-da bir näçe metalyň garylyp ýasalany)**

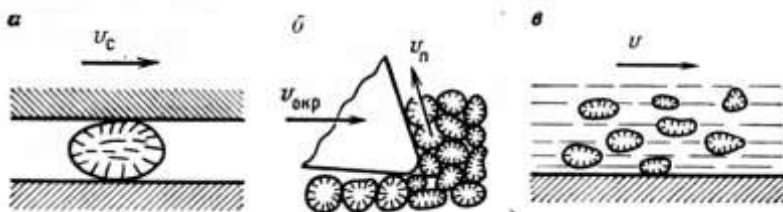
Gaty splawyň karbidiniň gatylygy jyns emele getiriji çökündi dag jynsynyň gatylygyndan ep-esli gatydyr. Şonuň üçin pes udel kuwwatlykda okislenme iýilmesi (ýagny gaty splawyň ýüzünden okislenme plýonkalarynyň gatlagy emele gelyär) bolýar.  $N_{ud}$  ýokarlanmagy bilen gaty splawyň ýüzüniň temperaturasy ýokarlanýar. Üstüniň gyzmagy wolframýň karbidiniň däneleriniň we tutuş bölekleriniň gatylygynyň we berkliginiň peselmegine getirýär. Kobalt düwüniniň gatylygy karbidiň dänesiniň gatylygyndan pes bolansoň karbidiň däneleriniň reňkiniň üýtgemegi bolýar we maýyşgak deformirlenip gaty splawyň üstüni sypjyrýar. Iýilýän üst – meýdan zolaklaýyn häsiýete eýe bolýar. Pes iýijilikli dag jynsy owradylanda gaty splawyň üsti jaýryklardan doly bolýar. Bu diňe yzygiderli özara birek-birege täsir edende däl. Yzygiderli galtaşmada hem bolýar.

Gaty splawyň iýilmesiniň tizligi dag jynsyny owradanda dolotyň poladynyň iýilme tizliginden 60-100 esse pes bolýar we udel kuwwatlyga garşy proporsionaldyr. Ýöne  $N_{ud} > 4 \text{ Wt/mm}^2$  bolanda gaty splawyň reňklemesi bilen bir hatarda onuň iýilmesi birden çaltlanýar soňra onuň port owranmasy bolup geçýär. Diýmek gaty splaw hem dolotyň polady ýaly uly udel kuwwatlykda netijeli işläp bilmeýär.

Dolotyň enjamlary gaty splawdan bolanda ony suw ýa-da suwly ergin bilen ýuwmaklyk maslahat berilýär. Nebit esasly ergin ýa-da ergin nebit goşmak gaty splawdan edilen dolotyň işine ýaramaz täsir edýär.

## §8. Metallaryň böleklenen dag jynslary bilen iýilmegi

Owradylan – böleklenen dag jynslary maşynyň detallary bilen özara galtaşanda olaryň iýjilik iýilmesini emele getirýär. Özara galtaşmaň birnäçe şekili bolmagy mümkin (surat 58).



### Surat 58. Könelen metalyň sürtülüp kesilen jynsyň şekili

$V_s$ -hereket eden detalyň otnositel tizligi;  $V_{окр}$ -dolotanyň ýaragynyň elementiniň towerek tizligi;  $V_p$ -döwülen jynsyň hereketiniň otnositel tizligi;  $V$ -akýan suwuklygyň tizligi

1. Dag jynsynyň bölejiginiň iki sany sürtülýän üstün arasyna düşmegi mümkin (surat 58a) we onda uly udel basyş dörän metallyň ýüzüni zygiderli sypjymagy mümkin. bölejik ýumşak üste gabat gelip oňa ýelmeşmegi mümkin, şeýdip erkin ýagdaýdan, berklenen ýagdaýa geçýär.

2. Bölejikleriň köp massasy metallyň üstüne otnositel hereket edip bu üstün iýilmegine getirýär (surat 58b). Mysal üçin çägede dolotynyň işi.

3. Iýji (abraziw) bölejikler (surat 58w) ergin ýa-da gaz bilen hereket edip, metallyň üstüne urulyp olaryň iýilmegine getirýär. Bu şekil iýjilik bölejikleri getirýän ergin çüwdürimi bilen iýilýän enjamlar we detallar üçin häsiýetlidir. Barlagyň

görkezişine görä iýilmekde iýji bölejikleriň gatylygy, ölçegi we görnüşi uly rol oýnaýar. Bölejigiň mikrogatylygy näçe ýokary bolsa, görnüşi näçe ýiti burçly bolsa iýilmeklik şonçada tiz bolýar.

### **§ 9. Dag jynslarynyň iýjiliginiň görkezijileri. Çökündi dag jynslarynyň iýjilik boýunça toparlary**

Dag jynslarynyň iýjiligi buraw we jyns owradýjy enjamlaryň uzak möhletli işlemegine uly täsir edýär. Şonuň üçin barlagçylar dag jynslarynyň iýjiligini barlamagyň ýönekeý usullaryny we metodlaryny tapmak üçin uly güýç sarp edýärler. Iýjiligi kesgitleýän esasy iki usula seredip geçeliň.

Etalon (barlag) sterženiniň iýilme usuly A.A. Skoçinskiý adyndaky dag işleri institutynda işlenip düzülen we giňişleýin düşündirililen.

Etalon hökmünde diametri 8mm we iki tarapy ýasy steržen “serebrýanka” diýilýän polat bölegi alynan. Bir uýynda 10-12mm çuňluga çenli we diametri 4mm bolan deşik deşýärler. Sterženi tokar stanogyna salyp 147H güýç bilen 400 ob/min aýlawda her tarapyny 10min barlanýan dag jynsyny burawlamak synagyna geçirýärler. Iýjiligi  $a_E$  deňleme boýunça kesgitleýärler.

$$a_E = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n W_i \quad (V. 18)$$

$W_i$  – sterženiň iki tarapynyň massasy boýunça iýilmegi;  $n$  – synagyň sany.

Deňleme (V. 18) görnüşi ýaly iýjiligiň görkezijisi hökmünde iýilmegiň tizligi kabul edilen we 10mg/min ölçelýär. Iýjiligiň ululygy boýunça hemme dag jynslary 8 topara bölünen (tablisa № 21).

**Tablisa 21**

**Dag jynslaryň abraziwlik topary**

<b>Topar</b>	<b>Toparlaryň atlary</b>	<b>a<sub>E</sub>, mg/10 min</b>
I	Iň az abraziwli	< 5
II	Az abraziwli	5-10
III	Aşaky orta abraziwli	10-18
IV	Orta abraziwli	18-30
V	Ýokary orta abraziwli	30-45
VI	Ýokary orta abraziwli	45-65
VII	Ýokarlandyrlan abraziwli	65-90
VIII	Ýokary derejeli abraziwli	> 90

Bu usul dag magdan senagatynda giňden ulanylýar we jyns owradyjy enjamlaryň iýilmesini modelirlemeyär. Şonuň iýjilik boýunça ol enjamlaryň uzak möhletli işlemesiniň hasabatyny geçirip bolmaz.

Aýlanýan diýeniň iýilme usuly poladyň iýiji iýilme usulyna esaslanýar. Metallyň synag ediljek bölegi doloto poladyndan ýa-da gaty splawdan taýýar edýärler. Iýjiligi kesgitlenenda synagy suw bilen ýuwmagy geçirýär. Bu işler §3 ýazylyň beýan edilen “a”-yň  $N_{ud}$  baglylyklaryň dürli görnüşliligi we iýilmegiň sürtülmede udel kuwwatynyň ösmegi abraziwlik barada bir görkezijini ulanmaga mümkinçilik bermeýär. ( $N_{ud} < 0,4 \text{ Wt/mm}^2$ ) iýilmegiň birinji meýdanynda iýjiligiň görkezijiisi hökmünde  $A_0$  bur koeffisiýentini ulanmak (deň – V.15) maslahat berilýär. Synagy  $N_{ud} \approx 0,25 \text{ Wt/mm}^2$  geçirmek maslahat berilýär. Synagyň netijesi boýunça iýjilik “ $A_0$ ” ( $\text{mm}^3/\text{Wt}$  sag) deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$A_0 = a / N_{ud} \quad (V.19)$$

**a** – iýilmegiň ölçelenen tizligi mm/ç; **N<sub>ud</sub>** – sürtülmegiň ölçenen udel kuwwatlygy  $\text{Wt/mm}^2$ . Birnäçe çökündi dag

jynslarynyň abraziwliginiň kesgitlenen netijesi tablisada № 22 getirilen.

**Tablisa 22**

**Käbir jynslaryň gatnaşygy boýunça 20XH3A poladyň  
birinji meýdannyň konelen abraziwliginiň  $A_0$  görkezjisi**

<b>Dag jisim</b>	<b>Struktura</b>	<b>MPa</b>	<b><math>A_0 \cdot 10^3</math>, mm<sup>3</sup>/Wt.sagat</b>
Mramor	Ortakristalli	880	12
Hekdaş	Yapykkristally	1470	13
Hekdaş	Yapykkristally	2350	22
Angidrit	Ortakristalli	1470	13
Dolomit	Ortakristalli	1570	14
Dolomit	Yapykkristally	2450	13
Çägedaş	Ownukdäneli	1370	38
Çägedaş	Iridäneli	2260	560
Çägedaş	Ownukdäneli	4410	32

Tablisa 22 görnüşi kristalliki dag jynslarynyň iýjiligine olaryň düzüminde bar bolan minerallar (kremen, kwars we başgalar) täsir edýär. Döwülýän jynslaryň iýjiligine olaryň düzümindäki kwars çägesi we olaryň ölçegi we görnüşi täsir edýär çägesewlikde şamp boýunça gatylyň ulalmagy olaryň iýjiliginiň peselmegine getirýär.

Hatda regenerasiýaly çägesewligiň iýjiligi kwarsyň iýjiligi bilen deň diýen ýaly. Synagyň görkezşi ýaly çägesewligiň şamp boýunça gatylygynyň täsiri onuň diskaň aşagynda jynsyň owranmagy, ýagny iýjilik üstün täzelenmegi bilen häsiýetlendirilýär. Şamp boýunça gatylygy 2260MPa bolan çägesewlikde port owranma emma şamp boýunça gatylygy 4410MPa bolan kwars we çägesewlikde diňe üstüniň sürtelmesi bolup geçýär. Birinji bölekde taplanan instrumental we sementli polatlaryň (U8, P-18, 20xH3A, 17HMA) iýjiligi gabat gelýär. Jemlenip aýdylsa kristalliki jynslaryň iýjiligi birinji iýilme meýdanda onçakly uly däl. Ikinji iýilme iblasti

üçin iýjiligiň görkezijisi hökmünde iýilmegiň iki tizliginiň ululygy (bahasy) hödürlenýär:

1)  $a_1$ ;  $N_{ud}=1,0 \text{ Wt/mm}^2$

2)  $a_5$ ;  $N_{ud}=5,0 \text{ Wt/mm}^2$

Bu ýagdaýda (V. 16) we (V. 17) deňlemeleri gerekli dag jynsy üçin kabul edip taplanan poladyň iýilme tizligini udel kuwwatyň  $N_{ud}=0,5 < N_y \leq 8,0 \text{ Wt/mm}^2$  aralygyndaky ýagdaýda topmak mümkin. dag jynslarynyň iýjiligine olaryň mineral düzümi we gurluşy esasy täsir edýän zat bolýar. Barlagyň görkezmesine görä jynsyň mineralogiki düzüminiň iýjiligiň häsiýetlendirýän zat, jynsy emele getiriji minerallaryň mikrogatylygy bolýar. Diýmek: dag jynslary ikinji iýilme meýdanda iýjiligi boýunça olaryň jyns emele getiriji minerallarynyň gatylygy boýunça hatar emele getirýär. Şaroşkaly dolotyň enjamlarynyň iýilme şertini göz önünde tutýan dag jynslarynyň iýjilik hatary tablisada 23 görkezilen.

**Tablisa 23**

**Nebitgazly ojaklaryň ýatýan jynslaryň abraziwligi boýunça toparlara bölünişi**

Toparlaryň №	Dag jynsy	Görnüşi a $N_{ud}$	Görkeziji abraziwligiň bahasy	
			$a_1$ , mm/sag	$a_5$ , mm/sag
I	Hekdaşlar	$a=AN_{ud}^k$	< 0,2	< 0,1
	Angidritler			
	Dolomitler			
II	Argillitler	$a=AN_{ud}+B$	0,2-0,4	1-10
	Alewrolitli hekdaşlar			
	Alewrolitler			
III	Hekdaşly cäge	$a=AN_{ud}+B$	> 4	> 10
	Çageli polimikti			
	Hekdaşly kwars			

I topar gaty minerallary kän bolmadyk kristalliki dag jynslary. II – toýunsow we ownuk toprakly jynslar hem-de

alewrit garyndyly kristalliki dag jynslary. III topar – çägeli jynslar girýär.

Tablisada görnüş i ýaly sulfat we karbonat jynslaryň iýjiligi sähelçe üýtgap durýar we olaryň iýjiligi gaty ýokary däl, şonuň üýin olaryň dolotonyň hatardan çykmagyna sebäp bolup bilmeýär. Emma örän gaty karbonat jynsy owradylanda (dolomit üçin  $>2000\text{MPa}$ ) poladyň ýüzüniň durnuklylygy ýitýär iýilme tizligi birden ýokarlanýar. Bu ýagdaý sürtülme ýylygynyň täsiri astynda poladyň typmaga garşyşygynyň peselmegi bilen düşündirilýär. Şaroşkaly dolotanyň ýylylyga durumly polatdan ýa-da gaty splawdan ýasalmagy bu kemçiligi aradan aýyrýar.

II we III toparlaryň iýjiligi I topara garanynda ep-esli ýokary, özem jynsyň bölegi näçe uly bolsa düzüminde kwars näçe köp bolsa şonçada iýjiligi ýokary bolýar. Iýjiligi kesgitlenen çylşyrymly hem-de ýörite enjamlarda kesgitlemeli bolansoň dag jynslarynyň düzümini, gurluşyny we häsiýetini görkezýän görkezijiler arkaly iýjilige baha bermek usuly uly gyzyklanma döredýär.

Synaglardan gelip çykyşyna poladyň iýilmeginiň tizligine esasy täsir edýän zatlar:

- 1) jynsy düzüji bölekleriň ortaça ölçegi,  $d$  mm;
- 2) bölekleriň düzümindäki gaty minerallaryň dänejikleri (kwars, kremniý we başg.),  $c$  %;
- 3) dag jynsynyň absolýut boşlugy,  $m$  %;
- 4) L.A. Şreýner boýunça dag jynsynyň akyjylyk çägi,  $P_0$  MPa.

Köp netijeli materiallary statistiki taýdan işlemek arkaly  $a_1$  we  $a_5$  iýjiligi görkeziji empiriki deňlemelr alynan:

II topar dag jynsy üçin  $d < 0,1\text{mm}$  (mm/ç)

$$a_1 = 27,8d - 0,0008P_0 + 0,0002c - 0,106m + 1,89 \quad (\text{V. } 20)$$

$$a_5 = 62,6d - 0,0003P_0 + 0,0263c - 0,068m + 0,85$$

III topar dag jynslary üçin  $d > 0,1 \text{ mm}$  (mm/ç)

$$a_1 = 51,0d + 0,00076P_0 + 0,030c - 0,086m - 3,40 \quad (\text{V. 21})$$

$$a_5 = 178,9d + 0,0030P_0 + 0,165c + 0,353m - 18,4$$

(V. 20) we (V. 21) deňlemä görä ikinji iýilme meýdanda döwüliji jynslaryň iýji bölekleriň ölçegleri we olardaky gaty minerallaryň möçberi täsir edýär. Olaryň boşlugy birmeňzeş däl “**a<sub>1</sub>**” görkeziji üçin boşlugyň täsiri – otrisatelnyý, “**a<sub>5</sub>**” – položitelnyý. Ýokarky deňlemeleriň kömegi bilen jynsyň iýjiliginiň sementli polada görä ýagdaýyny takmynan hasaplamak bolýar. Iýjiligiň görkezijisini başga materiallar üçin ýa-da başga iş şertleri üçin hasaplamak diňe goşmaça synaglar geçirip degişli görkezijileri alanyňdan soň hasaplamak mümkin. Guýynyň bölegi üçin jynsynyň iýjiligini bilmek, aşakdaky jynsyň ýagdaýyny doly bilinmänsoň iýjiligi doly anyklamak örän kyn bolýar. Jemlenip aýdylsa ýokarda görkezilenler dag jynsynyň iýjiliginiň ýagdaýyny doly açyp görkezmeýär. Şonuň üçin alymlaryň we barlagçylaryň önünde ylmyň we tehnikanyň gazananlaryny täze barlaglar we täze açyşlar etmek garaşýar.



**VI-njy BAP.**  
**JYNS OWRADYJY ENJAMLAR BILEN DAG**  
**JYNSYNYŇ OWRADYLYŞY BARADA UMUMY**  
**MAGLUMATLAR**

**§1. Guýy burawlananda dag jynsyny mehaniki**  
**owratmagyň esasy düşüňjeleri**

Guýy burawlananda dag jynslary ýörite jyns owradyjy enjamlar arkaly owradylýar. Owradylan dag jynsynyň wagt birliginde owradylan mukdary guýynyň düýbine berilýän kuwwatlyga  $N$  baglydyr.

$$V=N/A_v \quad (VI. 1)$$

$V$  – wagt birliginde owradylan jynsyň göwrümi (mukdar);  $A_v$  – dag jynsynyň owranmak üçin sarp eden energiýasy.

Guýa degişlilikde şeýle ýazmak bolar

$$V=\vartheta F \quad (VI. 2)$$

$\vartheta$  - guýynyň geçmek (prohodka) tizligi;  $F$  – guýynyň düýbiniň meýdany.

Deňlemeleriň sag taraplaryny deňläp, üýtgedip aşakdaky ýaly alýarys

$$\vartheta = \frac{1}{A_v} \frac{N}{N_F} \quad (VI. 3)$$

$N/F=N_0$  belläp we udel düýp kuwwaty diýip at berýäris, şonda gutarnykly aşakdakyny alýarys

$$\vartheta= N_0/ A_v \quad (VI. 4)$$

ýagny geçmekligiň (gazmaklygyň) tizligi düýbiň udel kuwwatyna göni proporsional dag jynsyny owratmagyň energiýa sarp edişine ters proporsional.

**N<sub>0</sub>** ululyk ýokarda jyns owradyjy hem-de buraw enjamlary bilen çäklenendir. Jyns keser ýa-da indektor görnüşinde ýasalan jyns owradyjy enjamlar arkaly owradylýar. Dag jynsyna şamp dinamiki basylanda görünýär, ýagny owranan jynsyň görnüşiniň nomeri näçe uly bolsa şonçada **Av** az bolýar. Bu düşünje beýleki görnüşli owradylmalar üçin hem ýaramlydyr. Biziň almak isleýän nomeri uly görnüşli owranan dag jynsy bolsa şonçada owradyjy enjamlara udel agram (güýç) köp bolýar, ýagny alynýan görnüşler jyns owradyjy enjamlaryň berkligine we iýilmä garşylygyna baglydyr. Şeýlelikde udel kuwwatlyk **N<sub>B</sub>** gurallar arkaly harç edilýär, şonda **N<sub>B</sub>/N<sub>0</sub>=ξ** şu wagtda guýynyň düýbine berilen kuwwatlygyň berilen (täsir etýän) meýdanyna düşýär. “ξ” ululygy birlikden kän kiçidir. Ýokarkylardan görnüşi ýaly dag jynsyny mehaniki owratmagyň birinji düşünjesi (guýynyň düýbünde): hadysanyň energiýa harçlaýşyny azaldyp owratmatdyr. Burawlamak döwründe “ξ” birden üýtgetmek bolmaýar, sebäbi udel kuwwaty peseltsoň dag jynsynyň owranmak tizligi peselýär, birden ýokarlansa detallaryň döwürmegi mümkin, ýagny burawlamak döwründe iň gowysy **N<sub>B</sub>=const**. Bu şerti mehaniki usulda dag jynsy owradylanda guýynyň çuňluga gazylyşyny birsydyrgyn alyp gidmek bilen ýetilýär. Bu ýerden ikinji pikir gelip çykýar – jyns owradyjy enjamlary netijeli ulanyp, düýpdäki jynsy zygyderli owradyp guýyny birsydyrgyn çuňaltmak.

## §2. Jyns owradyjy enjamlaryň toparlary (klassifikasiýasy)

Jyns owradyjy enjamlary edýän işlerine görä üç uly topara bölýärler.

- 1) Guýynyň düýbini tutuş burawlaýan – doloto;
- 2) Guýynyň düýbini kern almak üçin halkalaýyn burawlamak – buraw kelleleri (golowki) we koronka;
- 3) Ýörite niýetlenen – naýza görnüşli doloto, frezeri, kalibratory, giňeldijiler we başgalar.

Birinji we ikinji toparlary enjamlaryň dag jynsyna edýän täsiri boýunça dört synpa bölýärler.

- 1) Kesiji-goparyjy synp (PC)
- 2) Sürtüji-kesiji synp (UP)
- 3) owradyjy-goparyjy
- 4) owradyjy synp.

PC we UP synply jyns owradyjy enjamlar kese we sektor görnüşinde ýasalyp, iýilmä garşy material bilen üpjün edilýär.

Owradyjy-goparyjy jyns owradyjy enjamlary şaroşka – görnüşinde ýasalýar. Birinji, ikinji we üçünji synpyň enjamlary nebit we gazy aýlanýan usulda burawlananda giňden ulanylýar. Dördünji synpyň enjamy urgy usulynda burawlananda ulanmak üçin niýetlenen we onuň üçin ulanylmaýar diýen ýaly. Dag jynsyna täsir etmek şekili boýunça haýsy şekili ulanmaklyk esasan jynsyň mehaniki häsiýetine we gatylygyna görä saýlanyp alynýar. Mundan başgada her synpyňenjamy öz çäginde her jyns üçin nähili gatylykda ulanylýanlyk aýratynlygy bilen tapawutlanýar (tablisa № 24).

**Tablisa 24****Jynsy owradyjy enjamlar görnüşü boýunça toparlary**

Ştamp boýunça gatylygy	1,2,3	4,5	6,7	8,9	10,11,12
Enjamlaryň topary	1,2,3	2,3	2,3	3	3
Enjamlaryň görnüşü	Ý	O	G	HG	OG

Enjamlaryň tipleri boýunça klassifikasiýa berilýär. Tablisa 24 berilişine görä enjamlaryň “M” onky (ýumşak) üç synp üçin hem ýasalýar, tip “C” (aralyk jyns xcín) we tip “T” (gaty jyns) ikinji we üçünji synplara, tip “K” (berk jyns üçin) we tip “OK” (örän berk jyns üçin) diňe üçünji synpa degişli bolýar. Burawlanýan nebit we gaz guýylarynyň 90% üçünji synpyň dolotosy bilen burawlanýanlygyny belläp geçmelidir. Aşakda jyns owradyjy gurallary toparlary boýunça serederis. Umumy toparda iň köp ýaýrandygy üçin dolotolara esasy üns berilýär. Beýleki toparlardaky enjamlaryň diňe tapawudy we gurluşy hakynda ýüzleý durulyp geçilýär.

**§ 3. Dolotanyň işiniň görkezijisi we düzgüniniň görkezjileri**

Aýlanýan usulda burawlanýan guýyda işleýän dolotonyň iş düzgünleri aşakdaky görnüşler (parametrlr) bilen häsiýetlendirilýär:

1) guýynyň düýbine dolotany basmak güýji (doloto berilýän güýç) (kH);

2) dolotonyň aýlaw sany aýl/min;

3) owranan jyns guýydan çykarmak üçin ýuwujy erginiň mukdary ýa-da howanyň mukdary l/s.

Dolota üstünden basylyp güýç berilende **G** dag jynsyny owratmaga gerek bolan dartgynly ýagdaý döredilýär we aýlanýan enjamlardan güýç bütin guýynyň düýbine ýaýraýar.

Aýlaw ýygylgy boýunça esasy iki iş düzgüni bar:

1) pes aýlawly (rotorly burawlamak)

$$n_g=40\div 100 \text{ ob/min}$$

2) ýokary aýlawly (düýp dwig. burawlamak)

$$n_g=600\div 1200 \text{ ob/min.}$$

Häzirki wagtda aýlaw ýygylgy 200-400 aýl/min bolan düýp hereketlendirijini döretmegiň üstünde işlenilýär. Ýuwujy ergin iň ýa-da howanyň mukdary guýynyň düýbünü doly arassalamaga ýeterlikli bolmalydyr. Dolotanyň öndürilijligi diýip dolotanyň doly iýilýänçä burawlanan guýysynyň sütüniň uzynlygy bilen häsiýetlendirilýär. Bu görkeziji dolotanyň geçeni diýlip atlandyrylýar “**H**” bilen bellenýär we metr bilen ölçelýär.

Dolotanyň iş möhletiniň uzaklygy doly iýilýän burawlamakda işlän döwrine diýilýär “**T**” bilen bellenýär we sagatda ölçelýär. Görkezijiler **H** we **T** başlangyçdyr. Şu görkezijiler arkaly beýleki çylşyrymly görkezijileri kesgitleýärler.

$$\mathfrak{G}_m=\mathbf{H}/\mathbf{T} \quad (\text{VI. 5})$$

Şu deňleme geçişniň mehaniki tizligi diýilýär. Geçişniň mehaniki tizligi dag jynsynyň ortaça owranmak tizligini aňladýar. Mehaniki tizligiň birden üýtgemegi ýa-ha dolotanyň iýilmegini (kutelmegini) ýa-da jynsyn mehaniki häsiýetiniň üýtgänligini aňladýar. W.S. Fýodorow burawlama döwründe bir düzümlü jynsda mehaniki tizlik “**g**” eksponensial kanuna görä üýtgeýär diýip görkezýär.

$$\mathfrak{G}=\mathfrak{G}_0\exp(-\beta t) \quad (\text{VI. 6})$$

$\mathfrak{G}_0$  - başlangyç mehaniki tizlik;  $\beta$  - dolotonyň iýilmegine bagly koeffisiýent;  $t$  – geçen wagt.

Geçmegiň birden tizligi aşakdaky ýaly bolar:

$$\vartheta = \delta_0 \alpha g \quad (\text{VI. 7})$$

$\delta_0$  - dolotonyň bir aýlawynda geçilen çuňluk (ýa-da dag jynslarynyň owranma ýygylgy).

Dolotonyň geçişi bilen onuň uzak işlemeginiň arasyndaky baglanyşygy (VI.6) bilse bolýar.

$$H = \int_0^T u dt = \frac{\vartheta_0}{\beta} [1 - \exp(-\beta T)] \quad (\text{VI.8})$$

Guýynyň çuňňalmak tempini anyklamak üçin reýs görkezijisini -  $\vartheta_P$  ulanýarlar.

$$\vartheta_P = \frac{H}{T + T_{sp} + T_w} \quad (\text{VI. 9})$$

$T_{sp}$  – dolotony çalyşmak üçin tutuş enjamy (instrument) aşak goýberip we galdyrmaga sarp edilen wagt;  $T_w$  – reýse degişli goşmaça işler üçin giden wagt.

Guýynyň düýbine berilen energiýany netijeli ulanmaklygy häsiýetlendirýän görkeziji, bu dag jynsynyň owranmak üçin harç eden energiýasydyr

$$A_V = \frac{A_0}{\pi R_g^2 \delta_0} \quad (\text{VI. 10})$$

$A_0$  – dolotonyň bir aýlawda eden işi;  $R_g$  – dolotonyň radiusy.

Dolotonyň işiniň netijeliligini görkezýän esasy görkeziji 1m çuňluk geçilende özüne düşýän gymmatydyr. Ýöne kesgitlemesi kyn bolansoň bu usul giňden ulanylmaýar. Oňa derek 1m geçilen çuňluk üçin wagta baglylykda sarp edilen harajatlaryň bahasyny kesgitlemek giňden ulanylýar.

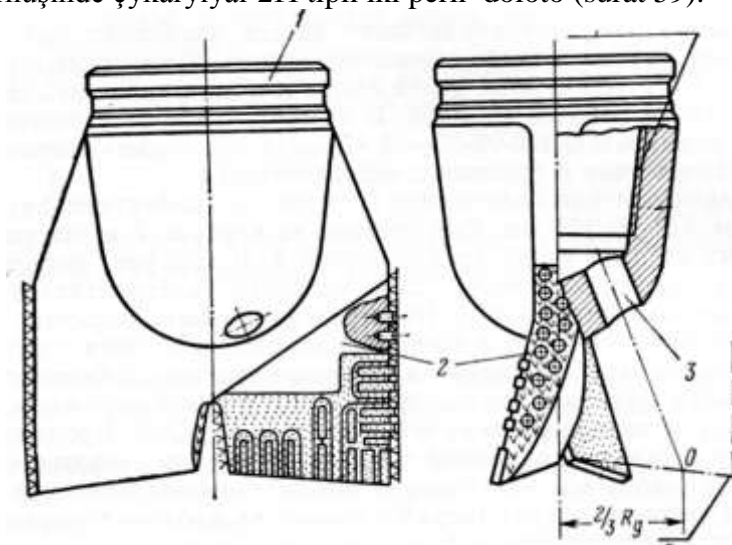
$$C = \frac{(T + T_{sp} + T_b) C_y + C_g}{H} \quad (\text{VI. 11})$$

$C_y$  – buraw enjamyny 1 sagat işletmegiň bahasy;  $C_g$  – dolotonyň bahasy.  $C_y$ ;  $C_g$  we  $T_{sp}$ ,  $T_b$  bahalaryny işden almak bolar.

**VII-nji BAP.**  
**KESIJI-GOPARYJY WE SÜRTÜJI-KESIJI SYNPA**  
**DEGIŞLI DOLOTOLAR**

**§. Kesiji-goparyjy synpa degişli dolotolaryň gurluş**  
**aýratynlyklary we ulanylýan ýerleri**

Kesiji-goparyjy synpa degişli dolotolar ýumşak we gowşak sementlenen çökündi dag jynslaryny owratmak üçin ulanylýar. Bu dolotolaryň iş organlary uýy ýiteldilen lopast görnüşinde taýýarlanýar. Häzirki wagtda (lopastly) “Perli dolotolar” OH26-02-88-68 görä iki perli we üç perli görnüşinde çykarylýar 2П tipli iki perli doloto (surat 59).



**Surat 59. Iki perdeli dolota 2L OH26-02-88-68**

112-den 161mm çenli diametrde goýberilýär. Ol korpusdan 1 we ştamplanyp ýasalan iki sany perliden 2 durýar. Korpusda buraw enjamyna berkitmek üçin hyr birleşmesi bar hem-de iki sany ýuwmak üçin deşik edilen. Perleriň oň gyrasynda çukurjyk bolup oňa gaty splaw berkidilen. Perleriň

guýynyň diwarlary bilen galtaşýan gapdallary BK8-B splawdan (garyndy metal) silindr şekilli dişjagazlar goýulan. Perlere gaty splawdan plastinka we dişjagazlar Perleriň iýilmä garşy durnuklylygyny artdyrýar we muňa dolotony armirmek diýilýär. 3L üç Perli doloto 118mm-den 445mm çenli diametrde goýberilýär. Ol iki Perliden üç 1 perlerinden barlygy bilen tapawutlanýar. Perleriň arasyndaky burç  $120^\circ$  deň.

Suratda 23 Perleriň kesiji uçlarynyň kesimi we onuň dag jynsy bilen özara hereketi görkezilen. Kese kesimiň häsiýetnamasy tablisada № 25 berilen.

**Tablisa 25**

**Kesýän burç  $\alpha$  we dürli profillerde ýitiligi  $\beta$**

1-nji profili		2-nji profili		3-nji profili	
$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
70	20	75	22	85	25

Perleriň ön gyrasy bilen düýbiň üstüniň arasynda  $\alpha$  burça kesmeklik burçy diýilýär. Perleriň ön we yz gýralarynyň arasyndaky  $\beta$  burça ýitmek burçy diýilýär. Birinji profildäki doloto toýun we ýumşak çägäni burawlamak üçin niýetlenen. Üçünji profil Perli doloto gowşak sementlenen jynsy burawlamaga niýetlenen. Perli doloto ikinji profile degişli dolotolar gatlak tutan ýumşak we gowşak sementlenen jynslary burawlamaga niýetlenen.

**§2. Dolotanyň perleri bilen dag jynsynyň özara energetikasy we kinematikasy**

Oklaýyn güýjiň  $P_r$  (surat 23a) täsiri astynda dolotonyň persi dag jynsyna girýär, soňra aýlanyp jynsy  $\delta$  galyňlykda kesýär we goparýar. Şeýlelikde persiniň her nokady spiral boýunça hereket edýär ( $\delta$  ädimi boýunça). Nokadyň wertikal koordinaty wagtyň  $t$  her pursaty üçin



$$z = \delta n_g t \quad (\text{VII. 1})$$

$n_g$  – dolotonyň aýlaw ýygylgy.

Eger doloto “ $m$ ” perli bolsa

$$z = m \delta n_g t \quad (\text{VII. 2})$$

Jemi  $m\delta = \delta_0$  dolotonyň bir aýlawynda geçilen çuňluk “ $z$ ” koordinaty  $t$  wagtda guýyda geçilen çuňluga deňdir.

Şonda guýynyň çuňalmak tizligi

$$\mathfrak{Z} = \frac{dz}{dt} = \delta_0 n_g \quad (\text{VII. 3})$$

Seredilýän nokadyň aýlaw tizligi

$$\mathfrak{Z}_\theta = 2\pi n_g R \quad (\text{VII. 4})$$

Seredilýän nokadyň absolýut tizligi

$$\mathfrak{Z}_a = \sqrt{\mathfrak{Z}^2 + \mathfrak{Z}_\theta^2} \quad (\text{VII. 5})$$

Deň-a (VII. 5)  $\mathfrak{Z}$  we  $\mathfrak{Z}_\theta$  bahalaryny goýup alarys:

$$\mathfrak{Z}_a = n_g \sqrt{(2\pi R)^2 + \delta_0^2} \quad (\text{VII. 6})$$

(VII. 6) deňlemeden gelip cykyşyna görä dolotonyň okunda ( $R=0$ ) tizlik  $\mathfrak{Z}_a = \mathfrak{Z} = \delta n_g$ . “ $R$ ” ulalmagy bilen “ $\mathfrak{Z}$ ” tizligiň  $\mathfrak{Z}_a$  täsiri peselýär.

Dolotonyň bir aýlawynda edilýän iş dik  $A_z$  we tangensial  $A_\theta$  jemlerine deňdir: ýagny

$$A_\theta = A_z + A_\theta \quad (\text{VII. 7})$$

$$A_z = G \delta_0 \quad (\text{VII. 8})$$

$$A_\theta = 2\pi M \quad (\text{VII. 9})$$

**G** – doloto berilýän oklaýyn güýç; **M** – dolotoda aýlaw momenti.

Takmynan hasaplarda kabul edýäris

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_{ud} \mathbf{G} \quad (\text{VII. 10})$$

**M<sub>ud</sub>** – dolotoda udel momenti. Şonda

$$\mathbf{A}_0 = \mathbf{G}(\delta_0 + 2\pi \mathbf{M}_{ud}) \quad (\text{VII. 11})$$

Soňra deňleme (VII. 10) boýunça jynsy owratmaga gerek energiýany hasaplaýarys. Dolotoda moment dag jynsynyň gopmaga garşylygy, perleriniň guýynyň düýbine we diwarlaryna sürtülmeginiň garşylyklarynda durýar. Praktikada bu moment ýaha göni ölçemek arkaly ýa-da burawlamaga harç edilen kuwwatlygyň ululygyny (möçberini) hasaplamak arkaly kesgitlenýär.

### § 3. Perli (Lopastly) dolotonyň dinamikasy

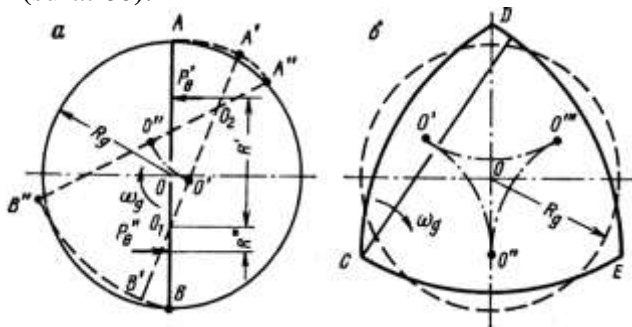
Burawlanýan döwründe perli dolotolarda iki tarapa yrgyldamak we towlanmak ýaly hereketler bolýar. Bu bolsa öz gezeginde perlere we buraw enjamlara dinamiki güýjiň artmagyna getirýär. Bu ýagdaýyň esasy sebäbi dolotony bir sydyrgyn itilmän we dag jynslarynyň perleň önünde bir meňzeş gopmaýanlygy üçin bolýar. Yrgyldynyň bolmagy buraw sütüniniň aýlaw momenti **M** we towlanma burçy **φ** bilen baglanyşykly çäýe deformasiýasy esasynda döreýän goşmaça energiýa **U** ösmegi zerarly bolýar.

Towlanma yrgyldysynyň ösmeginiň mehanizmi. Doloto aşak yzygiderli birmeňzeş basylmasa ýuwulýan gatlagyň galyňlygy **δ** we oklaýyn güýjiň **P<sub>z</sub>** ululygynyň üýtgäp durmagyna getirýär. Eger-de dolotony bermek güýçlense (çaltlandyrylsa) onda **δ** we **P<sub>z</sub>** ösýär, diýmek dolotodaky moment hem ösýär. Bu bolsa sütüniň goşmaça **Δφ** burça towlanmagyna we potensial energiýanyň **U<sub>1</sub>** ululyga ulalmagyna getirýär. Soňraky dolotony bermeklik peseldilse **δ**

we  $\mathbf{P}_z$  azalmagyna, dolotodaky momentniň kiçelmegine we potensial energiýanyň  $U_2$  ululyga çenli kiçelmegine getirýär. Buraw sütüniň bolsa towlanmasy aşakdaky burça çenli towlanýar.

$$\Delta\varphi_2 = 2 \left( \frac{U_1}{M_1} - \frac{U_2}{M_2} \right)$$

Maýyşgak – port jynslar burawlananda perniň jynsnyň owranmasy birmeňzeş bolmaýar. Dag jynsynda aýlanma güýjiň täsiri astynda perniň önünde artyçak ýagdaý döreýär we jyns gopýar. Şonda  $\delta$  ululyk nola ýakyn baha çenli peselýär hem-de dolotonyň aýlanmasy garşylyk peselýär. Buraw enjamynyň boşan potensial energiýasy dolotonyň aýlawynyň çaltlanmagyna ýardam edýär. Emma dolotonyň aýlanmagy bilen  $\delta$  ululyk ýene-de artýar, dolotonyň aýlanmagyna garşylyk köpeliýär, ýagny doloto periniň önünde ýene-de jyns gopýan momentine çenli aýlawy peselýär. Şeýlelikde aýlanmak tizligi dagjynsynyň häsiýetine we buraw enjamynyň berkligine baglylykda üýtgäp durýar. Aýlawyň şeýdip üýtgäp durmagyny massa ep-esli agyr bolan buraw enjamynda hem-de dolotoda aýlawyň ýuwaşan fazasynda towlanma urgy wagtynda uly dinaamiki güýjiň döremegine getirýär. Gapdallaýyn yrgyldylaryň döremeginiň mehanizmini iki perli dolotoda seredeliň (surat 60).



**Surat 60. Iki perli dolotanyň perleriniň şekili (a) we guýynyň kesiminde hereketi (b) hem-de kesimi  $O'-O''-O'''$**

Doloto 0 okuň daşynda  $\omega_g$  tizlik bilen aýlanýar. Haýsydyr bir momentde **A** perniň önünde jynsyň gopmagy bolup geçýär. **B** perniň önünde bolsa jynsyň gopmagy bolup geçmeýär. Şonda perleriň aýlanma garşylygy üýtgeýär we aýlanma oky 0 nokatdan 0<sub>1</sub> nokada ýerini üýtgeýär (surat 60a) sebäbi aşakdaky şert saklanmaly.

$$\mathbf{P}'_0 \mathbf{R}' = \mathbf{P}_0 \mathbf{R}''$$

Şekilden görnüşi ýaly peri täze okuň daşyndan aýlananda **AA'** duga boýunça hereket edip diwara urulmaly, peri B bolsa diwardan yza çekilýar. Şonda dolotonyň oky 00' dugada hereket eder, ýagny dolotonyň gapdallaýyn süýşmesi bolar. Peri **A** diwara degmesi onuň herekete garşylygyny köpelder. Degişlilikde **B** perde hem güýç ulalar, sebäbi onuň hem önünde jyns gopýar we aýlanma ony 0<sub>2</sub> nokada tarap süýşer. Soňra **B** perler **B'B''** duga boýunça hereket edip diwara urular. Peri A bolsa diwardan yza çekiler. Dolotoň oky 0'0'' duga boýunça hereket eder ýagny doloto gapdala öňki süýşmäh tersine hereket eder.

Netijede depesi perleriň sanyndan bir san artyk köpburçlyk görnüşinde guýy bolýar (surat 60b) we **CDE** köpburçlygynyň depesinde ýatýan oklaryň daşynda dolotonyň gezekleýin aýlanmasy bolup geçer. Dolotonyň oky 0'0''0''' traýektoriya boýunça hereket eder. **CDE** figura (görnüş) perleriň galyňlygy we dolotonyň korpusynyň guýynyň diwaryna özara hereketi hasaba alyşmadyk doloto üçin gurulan. **CDE** figuraň meýdany **R<sub>q</sub>** radiusli tegelegiň meýdanyndan kiçidir. Diýmek jynsy owratmak üçin birsydyrgyn energiýa sarp edilende tegelek däl guýy gazmak üçin az energiýa sarp edilýär. Tegelek görnüşli guýy üçin köp energiýa sarp edilýär. Tegelek däl görnüşli guýylar burawlanmaýar, sebäbi soňraky geçirilmeli işler kyn bolýar. Dolotoň perleri näçe kän bolsa şonçada guýy tegelek bolýar. Üç lopastly dolotolaryň iki lopastla garanyň köp ulanylyşlygynyň bir sebäbi şudur. Gapdallaýyn yrgyldylary azaltmak hem-de mümkin boldugyça

tegelek guýy burawlamak üçin perleriň gyrasyny şeýle taýýarlaýarlar ýagny onuň gazan düýbi güberçek bolar ýaly (surat 59), dolotyň üstünde bolsa kalibratýar oturdylýar.

#### § 4. Perli dolotolary ýuwmagyň ulgamy

Perli dolotolary ýönekeý ýuwmaklygyň korpusyň içini we ýuwulýan deşikleri ýuwmakdan ybaratdyr (surat 59). Deşikleri periň öň gyrasyndan guýynyň düýbine berilýär.

Çüwdürimiň ony guýyň düýbi bilen kesişýän ýeri radiusy  $\frac{2}{3}R_g$

bolan tegelek emele getirýär. Düýbi owardylan dag jynslaryndan, arassalamak ýuwujy erginiň mukdaryna hem-de çüwdürimiň jynsa edýän täsirine bagly bolýar. Çüwdürimiň jynsa edýän täsiri gidrodinamiki basyş “ $P_g$ ” bilen häsiýetlendirilýär.

$$P_g = R_g \vartheta_U^2$$

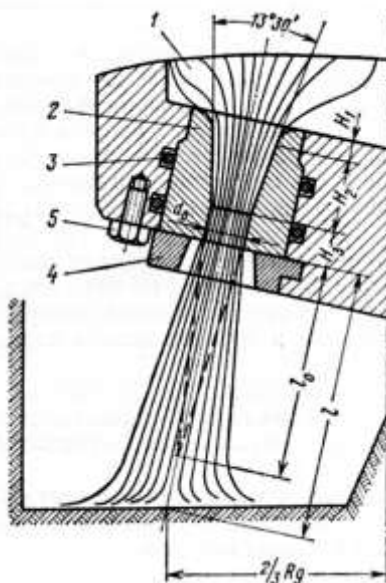
$R_g$  – proporsionallyk koeffisiýenti;  $\vartheta_U$  – dolotonyň deşiginden erginiň akyp çykmagynyň tizligi. Barlaglar  $\vartheta_U > 60\text{m/s}$  bolanda “ $\vartheta_U$ ” gowy ýagdaýyny görkezýär. Ýöne deşikleriň diwarlarynyň poslap iýilmesi akyp geçmegiň tizligini 30m/sec ýokary galdyrmaga mümkinçilik bermeýär. Çüwdürimiň güýjiniň dolotoda ýitirilmegini deşikden erginiň akym çykmagynyň deňlemesi bilen hasaplaýarlar.

$$P_g = \gamma_1 \frac{\vartheta_U^2}{2g\mu^2} \quad (\text{VII. 12})$$

$P_g$  – dolotoda erginiň badynyň peselmegi;  $\gamma_1$  – ýuwujy erginiň udel agramy;  $g$  – jisimiň erkin gazmagynyň batlanmasy tizlenmesi;  $\mu$  - harçlanyş koeffisiýenti.

Harçlanyş koeffisiýenti ýuwujy ulgamda erginiň badynyň peselendigini aňladýar. Diýmek  $\mu$  näçe ýokary bolsa

onda ulgamyň gidrodinamikasy şonçada gowy, kämil. Koeffisiýent  $\mu$  elmyda birden (1) pes bolýar. Ýuwujy deşikler, gyralary ýiti görnüşde burawlanyp pes harçlanýş koeffisiýentli bolýar ( $\mu=0,64\div0,66$ ). Bu görkezijini ýokarlandyrmak üçin deşiklere erginiň girýän ýerini konus şekilli etmek arkaly ýetip bolýar ( $0,80\div0,90$ ). Ýuwmagyň gidromonitor ulgamy (surat 61).



**Surat 61. Dolotanyň periniň ýuwyýan gidromonitor ulgamynyň şekili. GMU AzINMAŞ gurluşy**

Ýönekeý ýuwmakdan diňe deşiklerden ýuwujy ergin batly akyp geçeninde korpusyň iýilmezligi üçin gidromonitorlar goýulýar (GMU). Şeýle dolotolar gidromonitor dolotolar diýilýär we ZPG bilen bellenýär. Surat 61 şeýle doloto görkezilen, korpus 1 GMU berkidilen. GMU-da mineralo-keramiki naýça 2, iki sany rezin halka 3, figurny şaýba 4 we bolt 5 bar. Naýça girýän ýerinde galam görnüşli gyralary bolup, onda çüwdürimi gysýan meýdan we silindriki

meýdançadan ybarat. Ergin çüwdürimi naýçadan çykansoň öz hereketine gurşap alýan ergin tarapyndan garşylyga düşüp ýaýraýar we tizligini ýitirýär. Çüwdürimiň giňelmegi iň pes derejede bolmak üçin naýçanyň silindriki böleginiň uzynlygy 0,5%-den uly bolmalydyr. Tizligiň iň köp ýityň ýeri perimetrde, iň az ýityň ýeri okda. Çüwdürimiň tizliginiň üýtgemeyän ýerine çüwdürimiň ýadrosy diýilýär (surat 61 punktir bilen bellenen). Çüwdürimiň ýadrosynyň uzynlygy takmynan 5%. Iň gowy gidromonitor netijäni almak üçin naýçanyň aşakgy ujy bilen guýyň düýbüniň arasyny kiçeltmäge çalyşmaly.

Doloto ZP doloto ZPG-dan diňe ýuwuýjy kanallarynyň diametri bilen tapawutlanýar (hem-de bahasy bilen: birinde GMU oturdylansoň gymmat bolýar) (tablisa № 26).

**Tablisa 26**

**Dolotanyň ZL we ZLG maglumatlary boýunça esasy sanawlar**

Diametr dolota mm	Oklaýyn agram kN	Ýuwyýan kanalyň diametri mm		Bahasy/manatda	
		ZL	ZLG	ZL	ZLG
190	130	24	10-14	37,00	41,50
214	150	24	12-15	40,00	44,00
243	180	24	12-15	43,00	47,00
269	200	27	14-16	45,00	49,00
295	240	27	14-16	52,00	56,00

Müşdük saýlananda buraw nasoslarynyň kuwwatyny netijeli ulanyp boljak naýça saýlanýar.

## §5. Perli dolotanyň iýilmegi

Burawlama döwründe perleriň gyalary mydama guýyň düýbi we diwarlary bilen galtaşansoň kütelme bilen bolýarlar, netijede burawlamagyň tizligi haýallaýar. Perleriň gyragary iýildigiçe onuň diametri kiçelýär, diýmek guýynyň diametri hem kiçelýär. Şonuň üçin dolotonyň perleriniň gyalary iýilýär (surat 59). Dolotonyň enjamlarynyň iýilmegine sürtülmän kuwwaty esasy täsir edýär. Eger-de adaty güýjiň yzygiderliligi  $P_i$  periň bütün uzynlygyna hemişelik (üýtgemeýän) bolsa, onda sürtülmän kuwwatynyň  $N_i$  yzygiderliligi deňdir:

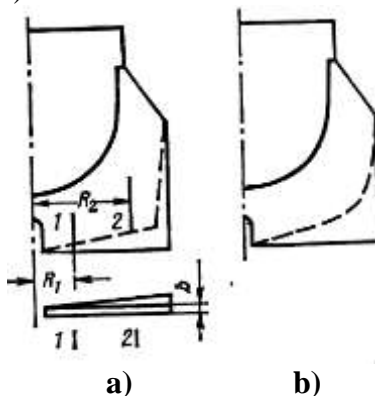
$$N_i = f P_i \omega_g R \quad (\text{VII. 13})$$

$R$  – periň seredilýän böleginiň aýlanma radiusy;  $\omega_g$  – dolotoň aýlanmasynyň burç tizligi. Gatnaşyk

$$N_i / b = N_{ud} \quad (\text{VII. 14})$$

$N_{ud}$  - sürtülmän udel kuwwaty;  $b$  – periň kütelmegi.

Periň iýilme tizligi udel kuwwata baglylygy periň hemme ýeriniň iýilmegine getirýär. Şeýle bolansoň  $R$  näçe uly bolsa kütelme “ $b$ ” hem ulalýar. Iki kesili 1-1 we 2-2 – seredip geçeliň (surat 62a).



**Surat 62.**

a - Periň kesimi boýunça iýilýän böleginiň grafigi; b - udel sürtülyän kuwwatyndan könelmäň tizligi



Egerde gatnaşyk:

$$\frac{P'_i}{P''_i} = \frac{b_1}{b_2}$$

Egerde udel kuwwatlyklaryň gatnaşygy

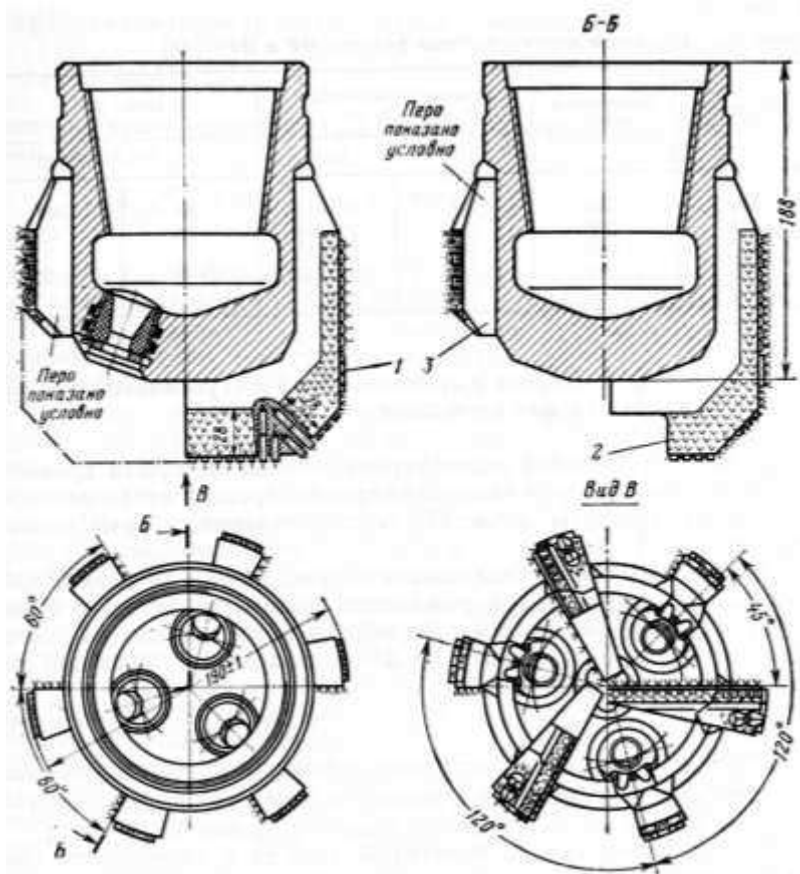
$$\frac{N'_{ud}}{N''_{ud}} = \frac{P'_i R_1 b_2}{P''_i R_2 b_1} \text{ onda bahalaryny goýup alarys:}$$

$$N'_{ud}/N''_{ud} = R_1/R_2 \quad (\text{VII. 15})$$

ýagny kesimlerde udel kuwwatlyklaryň gatnaşygy iýilme hadysasynda üýtgemeyär. Periň gapdallary kesýän tarapyndan çalt iýilýär. Periň kesýän gyrasy bilen gapdalynyň arasynda emele gelýän burç iş döwründe iň amatsyz ýagdaýda bolýar (surtulmäh iň uly kuwwaty täsir edýär hem-de ýuwujy ergin bilen ýaramaz sowadylýar). Şol zerarly iýilme hadysasynyň dowamynda ol burç tegelek görnüşe gelýär. Netijede periň iýilmä garşy durnuklylygy, onuň iýilmä durnukly gaty splawlar bilen armirlenişine bagly bolýar.

## §6. Sürtüji-kesiji synpa degişli dolotolar (UP)

Iyjiligi pes bolan iýiji gatlakly dag jynslaryny owratmak üçin üç peril ÝU tipli we alty perli O tipli sürtüji-kesiji dolotolar ulanylýar (surat 63).



**Surat 63. Alty perli dolota 2-IRG-190S (60)**

Bu dolotolaryň kesiji-goparyjy synply dolotolarda tapawudy guýyň düýbine udel basyşy köpeltmek üçin hem-de ýuwujy ergin tarapyndan gowy sowatmak üçin olaryň kesýän ýeri diş-diş edilmelidir. Diş-dişi periniň gyrasyna BK8-B markaly gaty splawdan dişleriň oturdylmagy bilen edilýär. Üç perli doloto UP synply doloto ZP bilen gurluşy – ýasalyşy meňzeşdir. Alty perli doloto UP synply üç perliden, bir doly periniň 1(surat 63), iki gysgaldylan periniň 2 (düýbi halka boýunça gazmak üçin) we üç sany gysgajyk periniň 3 barlagy

bilen tapawutlanýar. Dolotonyň şeýle görnüşde ýasalmagy düýbe ýokary udel basyşy bermäge, iýilmäni radius boýunça deň paýlamaga we guýynyň tegelek bolmagyny hem-de diametriň üýtgemek ýygylgyny azaltmaga mümkinçilik berýär. UP synply dolotolar adaty, we gidromonitor ýuwujy ulgamlar bilen goýerilýär. Üç perli dolotoda perileriniň arasynda üç sany ýuwujy deşik, alty perlida hem üç sany gysga perleriniň arasynda ýuwujy deşikler bar.

Dolotlaryň bellenişi:

2-UP-190MC – ikinji usul sürtüji-kesiji, diametri 190mm, tip MC – adaty ýuwmak.

2-UPG-190C - ikinji usul sürtüji-kesiji diametri 190mm tipa C.

Birnäçe dolotolar barada maglumat (tablisa № 27).

**Tablisa 27**

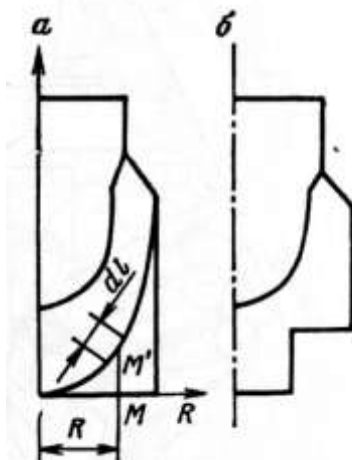
**Alty perli dolotolar barada umumy maglumatlar IR we IRG (60)**

<b>Diametr dolota mm</b>	<b>Oklaýyn agram kN</b>	<b>Yuwýan kanalynyň diametri mm</b>		<b>Bahasy/manatda</b>	
		<b>IR</b>	<b>IRG</b>	<b>IR</b>	<b>IRG</b>
190	180	30	10-14	84	90
214	220	30	12-15	86	92
243	280	30	12-15		
269	350	30	14-16	132	138

Tablisalar 26 we 27 deňeşdirseň UP dolotolar oklaýyn güýji köp alýarlar ZP dolota garanynda. Özem UP dolotaň bahasy ZP garanynda 2 esse gymmat.

## §7. Egriçyzykly we basgançak görnüşli kesiji gýralary bolan dolotolar

Kesýän gyrasy egri we göni görnüşli perlere seredeliň (surat 64a).



**Surat 64.**

a - egri çyzykly dolotanyň şekili; b - kesijiligi

Bezik we kýuna  $P_0 = \text{const}$  kesýän gyrasy bütün boýuna işleýän işiň yzygiderli (hemişelik) şertden amatly deňlemäni saýlap almagy teklip etdiler.

$$P_0 R = P'_0 L \quad (\text{VII. 16})$$

$P_0$  we  $P'_0$  -  $M$  we  $M'$  nokatda göni we egriçyzykly perleriň hereketine garşylygyň ýygylgy;  $L$  – kesiji gyraň aýlanma okundan  $M'$  nokada çenli uzynlyk.  $M'$  nokadyň töwereginde perleriň edýän işi:

$$dA = 2\pi R P_0 dL$$

(VII. 16) hasaba almak bilen

$$dA = 2\pi \frac{R^2}{L} P_{\theta} dL$$

bu ýerden işiň ýygylgy

$$\frac{dA}{dL} = 2\pi \frac{R^2}{L} P_{\theta} \quad (\text{VII. 17})$$

(VII. 17) görnüşli ýaly  $\frac{dA}{dL} = \text{const}$  şerti aşakdaka gabat gelýär:

$$L = R R^2$$

$R$  – hemişelik koeffisiýent.

Kesiji gyranyň differensial deňlemesi

$$dz = \sqrt{(dL)^2 - (dR)^2}$$

Bu deňlemäniň  $R=1$  we çäkleşýän şertde  $R=0$ ,  $z=0$  bolanda görnüşli:

$$z = \frac{R}{4} \sqrt{Q^2 + 4} + \ln \left( \frac{R + \sqrt{R^2 + 4}}{2} \right) \quad (\text{VII. 18})$$

Şeýle örnüşli dolotolar önümçilige ýaýramady. Azneftbarlagda we Azinmaş trestinde elliptiki doloto işlenilip çykaryldy we synaldy (şeýle dolota örän meňzeş). Guýynyň düýbýniň merkezi den daşlaşdygyça dag jynsynyň owranma garşylygy peseltmek üçin birnäçe görnüşli basgançak şekilli dolotolar saýlanylyp tapyldy. Iki basgançakly dolotonyň şekili (surat 64b).

Bu dolotolar guýylar giňeldilende önünden giden basgançagyň dag jynsynyň owranmaga garşylygynyň peselmegi netijesini ulanmak pikirinde işleýär – häzirki wagtda Bakuwyň “Bolşewik” zawody iki we üç basgançakly dolotalary goýberýär. Olar üç perli bolýarlar. UP synpa degişli bolan üç perli dolotalary iki, üç we dört basgançakly görnüşlerde goýberilýär. Şeýlelikde hemme basgançaklaryň

kesiji gyralarynyň uzynlygy deňdir. Basgançagyň beýikligi basgançagyň kesiji gyrasynyň uzynlygyna deň. Basgançaklaryň gyralary perleriň gyralary ýaly ýasalýar. Bu dolotolar hakynda (60) doly seredelip geçilýär. Basgançakly dolotolaryň kemçiligi: düýbi owradylan dag jynslaryny gowy arassalap bolmaýanlygy we kesiji gyralary gowy sowadyp bolmaýanlygydyr.

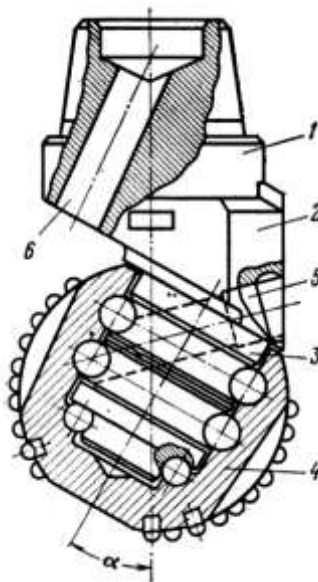
## **§ 8. Birşaroşly dolota**

Dag jynsynyň gatylygynyň ýokarlanmagy we iýjiliginin artmagy bilen ýokary öndürijilikli sürtüji-kesiji synpa degişli dolotolary döretmek barha kynlaşýar. Düýbe berilýän udel basyşy ýokarlandyrmagyň hasabyna owranmagyň netijeliligini artdyrmak üçin, dolotonyň daýanç meýdanyny kiçeltmeli, ol bolsa dolotonyň iş möhletiniň azalmagyna getirýär, sebäbi dolotonyň atiýaç şaýlary azalýar.

Ätiýaç şaýlary diýip burawlamak döwründe doloto iýilip doly hatardan çykynça iýilen metalyň göwrümüne düşünilýär.

Barlagçylar bu ýagdaýdan çykalgany şeýle tapdylar ýagny dolotonyň bir bölegi işläp durka, beýleki bölegi işleýän bölek jynsy owradyan bölek galtaşmadan çykan soň işe başlaýar (bir dişe jynsa çümüp goparýar ol jynsdan aýrylan soň ikinji diş jyns bilen çaknyşma girýär).

Şu nukdaý nazardan bir näçe diskaly we bir şaroşkaly dolotolar ýasalýar. Esasan hem bir şaroşkaly doloto goýberilip başlaýar. Bu dolotonyň gurluşy surtda 65 berilen. Dolotony berkitmek üçin hyrly korpusdan, sapfadan durýar. Sapfada dişi egri şaroşka 4. Korpusda dolotony ýuwmak ulgamyny amala aşyrmak üçin boşluk we ýuwujy deşikler bar.



**Surat 65. Bir şaroşkaly dolota 30K-190S (60)**

Şaroşkada gaty splawdan edilen G23 görnüşi dişjagazlar bar (60). Mundan başgada şaroşkaň korpussynda şaroşkaň enjamlaryny sowatmak üçin joýlar edilen. Bu joýalar guýynyň düýbünde çykarmak – düşürmek işerinde şaroşkanyň sütüniň içinde geçijiligini ýeňilleşdirýär. Jynsy owratmak hadysasynda şaroşka çylşyrymly hereketi başdan geçirýär, ýagny hemä öz okunyň daşynda aýlanýar hem-de dolotanyň korpusy bilen bile aýlanýar. Geliň onuň aýlanyşygynyň esasy kinematikasyna seredeliň. Dolotyň korpusy  $\omega_g$  burç tizlenmesi bilen aýlanýar. Şonda şaroşkanyň burç aýlanma tizlenmesi  $\omega$  deň bolar:

$$\omega = \frac{\omega_g}{\cos\alpha + \sin\alpha \operatorname{tg}\alpha_0} \quad (\text{VII. 19})$$

$\alpha$  - sapfanyň dolotonyň okuna ýaplanma burçy;  $\alpha_0$  – şaroşkanyň kese tekizlikde birden aýlanma okuna ýapgytlyk burçy.

Burç  $\alpha_0$  ululygyny şaroşka täsir edýän hemme güýçleriň mometiniň jeminiň minimum şertinden kesgitleýärler. tejribede hasaplamak üçin  $\alpha_0=45\div45^\circ$  ulanmak maslahat berilýär. Şonda geçirijilik gatnaşygy:

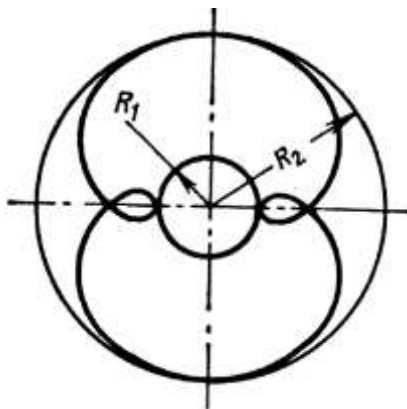
$$i=\omega/\omega_g=0,62\div0,71$$

ýagny şaroşka sapfa garanyňda dolotonyň öz okunyň daşyndan aýlanyşyndan haýal aýlanýar.

Şaroşkanyň enjamlarynyň guýynyň düýbine garanyňda hereket ediş traýektoriyasy (onuň aýlanyşyna traýektoriya diýilýär) – giňişlik epitrohonda. Traýektoriyaň çyzgysy kese tekizlikde suratda 66 görkezilen suratdan görnüşi ýaly enjamlar wagt-wagt dolotanyň okuna  $R_1=R_2$  aralykda daşlaşýar, käte ýakynlaşýar we öz yzyny iki nokatda kesip geçýär. Köp şaýly dişleriň täsir etmesi zerarly guýyň düýbinde owradylan jynslar emele gelýär. Şol bir wagtyň özünde dişleriň täsir etmedik ýerinde bütin jynslar owranman galýar. Bu jynslar şaroşka öz agramy bilen basyp sürtülmesi netijesinde owradylýar. Dişleriň täsir etmedik ýerinde bütewi jynslaryň galmagy, olary sürtün owratmak üçin energiýanyň harçlanmagyna we guýynyň gazylyş tizligiň peselmegine sebäp bolýar. Şol bütewiligi azaltmak üçin maslahat berilýän çäreler:

- 1) dişleriň sanyny köpeltmek
- 2) dişleriň şaroşkaň meýdanynda ýerleşişine bagly
- 3) dişleriň beýikligini galdyrmak





**Surat 66. Birşaroşkaly dolotanyň dişiniň traýektli gorizontl taslamasy**

Häzirki wagtda “SewkawNIPneft” we “Kuýbyşewburmaş” önümçilik birleşiginde ikinji we üçünji çäreleri önümçilige ornaşdyrmak üçin işler alynyp barylýar. Diametrleri 190 we 214mm bolan dolotlaryň häsiýetnamalary tablisa №. 28 berlen.

**Tablisa 28**  
**Birşaroşkaly dolota barada maglumat (53)**

Dolotanyň şifri	Oklaýn agram, kN	Ýuwujy kanalynyň diametri, mm	Bahasy manatda
10K-190S	140	-	103
75K-214S	180	40	100

Bir şaroşkaly dolotolar guýynyň düýbini tegelek edýär, buraw enjamlarynyň keselegine we towlanma ygryldylaryny peseldýär. Ýöne onuň sowadylyşy we köp gezek ulanyp bolmaýanlygy onuň kemçiligidir.

## **§9. Almazly dolotolary we ISM dolotolary (ISM – institut swerhtwýordyh materialow, ýagny ýokarygatylykly materiallar instituty)**

Almaz – mineral, uglerodyň polimorf modifikasiýasy. Almazyň kristallary – oktaedr, rombodekaedr we başgalar bolup durýar. Kristallaryň ölçegi örän kiçi ýagny mikroskopiki we örän uly hem bolup bilýär, mysal üçin massasy 3000 karat (1 karat – 0,2gr). Kristallaryň gurluşy atomnyý bolup, dykzysyk we giňişlikde onuň baglanyşygy deň paylanan bolýar. Bu almazyň örän dykzlygy ( $3,5\text{g/sm}^3$ ) gatylygyny we berkligini emele getirýär. Almazyň mikrogatylygy kwarsa garanynda 10 esse ýokary, gaty splawdan bolsa 6 esse ýokary. Almazyň modul Ýungasy  $88 \cdot 10^4 \text{MPa}$  ýagny gaty splawyňkydan 2 esse, poladyňkydan bolsa 4 esse uly. Şol zerarly ol örän uly iýilmä garşy häsiýeti bilen tapawutlanýar.

Şonuň bilen birlikde almazyň ýetmezçilikleri hem bar. Ol örän port.  $1850^\circ\text{C}$  boşlukda almaz grafite öwrülýär.  $600^\circ\text{C}$  howada almaz derrew okislenýär, eger temperatura has ýokary bolsa ol öz-özünden ýanýar. Dýnýä bazarynda almazlar ikä bölünýärler: ýuwelir we tehniki hajatlar üçin. Tehniki almazlar öz gezeginde üç topara bölünýär: bort, ballas we karbonada. Almazlaryň bahasy 2,5-dan 12 dollara çenli bir karaty.

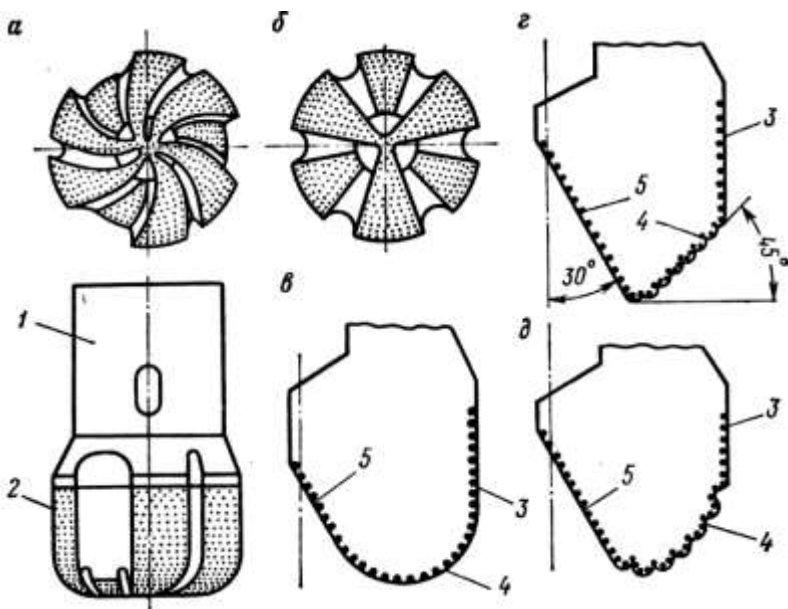
Bort – pes hilli almaz, nädogry kristallar görnüşinde, reňki sary, goňur, çal. Ballas – ownuk kristallyk gabyn bilen örtülen şar görnüşli iri kristally ýadro. Reňki bulaşyk – akdan çal reňke çenli.

Karbonada – dykz ownukdäneli agregatlar. Reňki çaldan gara çenli.

Buraw dolotolary ýasamak üçin material bolup iň arzany bort ulanylýar. Buraw dolotolarynyň kesýän (işleýän) gýralaryna almazy berkitmek üçin dürli usullar ulanylýar. Häzirki wagtda poroşok metallurgiýasy ulanylýar.

Almazlar presgörnüşde berilen şekil boýunça goýulýar we soňra kleýlenýär. Görnüş poroşok görnüşli šihta (mysal

üçin, karbid wolfram 90-95% we kobalt 5-10%) guýylýar we presslenýär, özem puanson ýerine dolotaň korpussy ulanylýar. Soňra (wodorod netijende)  $1300^{\circ}$  çenli bişirilýär. Almazlaryň arassalamak üçin dolotaň iş organlary çäge çüwdürimi bilen işlenýär. Almazynyň dänejikleri iş organynyň üstünden  $1/5-1/4$  olaryň diametrini görä çykyp durmaly (beýik bolmaly) (39). Seredilen mysalda almazlar iş organlarynyň üstki gatlagynda ýerleşýär. Şeýle dolotolara birgatlakly diýilýär. Munda ulanylýan almazlaryň ölçegleri 2-3mm (3-den 12 däne bir karatda). Haçanda ownuk däneler ulanylanda (1000 däne 1 karata) onda olary iş organlarynyň üstünde 5-6mm galyňlykda ýerleşdirýärler (ýagny olar şu gatlagy emele getirýän şihmanyň düzümine girýär). Bu dolotolara imiregnirowannyý diýilýär. almazly doloto (surat 67a) polat korpusdan 1, gaty splawdan edilen matrisa 2 (iş organy) durýar. Korpus bilen matrisa şihma bişirilende birleşýär. Almazsaplaýan elementler ýuwujy ergin geçer ýaly kanaljyklar arkaly bölünen sektorlardan durýar. Almazlar goýulanda düýbiň radiusy doly ýanar ýaly hasap bilen goýulýar. Ýuwujy kanaljyklar göni we egri görnüşde edilýär (suratlar 67a we 67b).



### Surat 67. Almaz dolota

a - spiral görnüşi DS b - radiýal görnüşi DR; ç – dolotanyň ýylmanak sektorynyň profile; d - setkasynyň sektorynyň profili

Almazly dolotolaryň şifrleri (belgileri) we ulanylýan ýerleri. Sektoryň daşy ýylmanak bolan doloto ortaça iýjili gaty we ortaça gaty gatlakly jynslary owratmak üçin ulanylýar. Şifr esasy alamaty bolup ýuwujy kanaljygyň görnüşi oýnaýar. Mysal üçin, DP212T1 – göni doloto diametr 212mm gaty jynslar üçin birinji usul.

Durky (daşky şekili) ýylmanak bolmadyk dolotolar az iýjili ýumşak we ortaça gaty jynslary owratmak üçin ulanylýar. Şifr üçin esasy alamat – durkynyň gornüşi. DK188C-2 – basgançakly doloto DT-188C-6 – dolotoň sektorynyň daşy daşa çykyp dur (doloto s wystupami). Imiregnirowannýy dolotolar aşakdaky ýaly şifrlenýär DI212M-2 imiregnirlenen doloto. Almazly dolotolary bahasy bir dolota harç edilen almaza görä bolýar. almazly dolotolar bilen burawlamagyň

áýratynlygy olaryň iş organlarynyň gurluşy we almazyň häsiýetleri bilen tapawutlanýar (tablisa № 29).

**Tablisa 29**

**Almaz dolotolar barada maglumatlar**

<b>Diametr dolota mm</b>	<b>Almayň umumy massasy, karat</b>	<b>Oklaýn agram kN</b>	<b>Ýuwujy suwuklygyň hödürlenýän akymy l/s</b>	<b>gönükdirilýän bahasy/manatda</b>
188	350-450	90	20-30	4000
212	410-590	100	26-40	5000
267	650	120	30-50	6500

Almaz dänejikleri iş organyndand (matrisadan) sähelçe çykyp durýarlar we dag jynsyny sürtülme we mikrokesme arkaly owradýar. Şonuň üçin dolota berilýän oklaýn güýjiň artmagy bilen almazyň jynsa girmek aňryçäk ýagdaýyna derrewegin bolýar. Emma mundan berilýär güýç artdyrylsa onuň eýýäm peýdasy bolmaz, gaýtam sürtülme güýjiniň ösmegi matrisanyň iýilmegine we almazlaryň gaçmagyna getirmegi mümkin. ondan başgada almazlaryň temperaturasynyň galmagy we almazyň grafiti öwrülme howpy bolmagy mümkin. Şu ýagdaýda dolotany sowatmagyň ähmiýeti örän uludyr. Ýöne ýuwmagy hem çakdan aş çaltlandyrsaň matrisanyň poslap (erozion) iýilmegi mümkin. Şonuň üçin almazly dolotolar ulanylanda instruksiýalaryň görkezmesini hökman berjaý etmeli.

Tablisada 29 iş düzgüni barada birnäçe maglumatlar berilýär. Aşa agram düşmezligi üçin almazly dolotolary gaýtadan işlemekde (guýyny talap edilen diametre çenli giňeltmekde) ulanmak bolmaýar. Şol bir wagtda guýynyň tegelek dældigi (öňki almazsyz dolotonyň gazany) sütün boýunça almazly dolotonyň geçmekligini kynlaşdyrýar. Şonuň üçin almazly dolotonyň diametri almazsyz dolotonyň diametrinden kiçi bolýar. Mysal üçin, 190mm diametrli almazsyz dolotonyň ýerine işletmek üçin 188mm almazly

doloto ulanylýar. Almazlaryň örän portlygy sebäpli guýyň düýbinde gaty materiallar bolmaly däldir (mysal üçin, dişiň döwürleri we ş.m.). Şonuň almazly doloto gpýberilmezden öň guýyň düýbi gaty splawly doloto bilen geçilmeli (şablonlanmaly) özem şlamtutujyly bolmaly. Şlamtutujynyň diametri gelýän ergin akymynyň tizligini 5m/s üpjün edýän bolmaly. Şeýle tizlikde guýyň düýbindäki gaty splawy hem çykarmak bolýar. Şonda iri owradylan dag jynslary (şlam) we metal bölekleri şlamtutujyda galýar.

Almazly dolotolaryň iýilmegi matrisanyň iýjilik we poslama iýilmesi netijesinde almazlaryň gaçmagy; jaýrylma we almazlaryň dinamiki güýjiň täsiri astynda gaçmagy, almazlaryň ýapmagy ýa-da sürtülip gutarmaga netijesinde bolýar. Dolotonyň hatardan çykmagynyň alamaty: geçmegiň tizligiň peselmegi we nasoslara düşýän basyşyň köpelmegi. Almazly dolotolaryň işiniň görkezijisiniň aýratynlygy geçmegiň mehaniki tizliginiň pesligi 0,5-1,5m/sag ýöne iş dogry gurnalanda umumy guýyny gazmaklyk (geçmeklik) 10-100 gezek ýönekeý dolotyň işinden (geçenden) köp bolýar. Şonuň üçin almazly dolotolary çuň burawlarda ýagny 2500m-den pes bolmadyk guýularda ulanmaly. Şonda çykarmak – goýbermek (gul) operasiýalarda köp wagty tygşytlamak bolýar.

ISM dolotolary: örän gaty materiallar institutynda (ISM ) UkrSSR AN emeli almazlaryň esasynda ýokary berk we iýilmä durnukly “slawutiç” diýen material ýasalýar. Şu materialdan işleýän gyrasy egri görnüşli, silindr şekilli dişler poroşok metallurgiýasy metody usulynda ýasalýar. Dişler dolotonyň deşiklerine preslenýär. ISM dolotosynyň dişjagazlary ujundaky almazlary bilen dag jynsyny mikrokemek we sürtülmek arkaly owradyar. Ýumşak jynslarda “slawutiçden” ýasalan dişjagazlar jynsy kesmek-goparmak usulynda gaty splawdan ýasalan dolotolaň işleýşi ýaly bolmagy mümkin (tablisa № 30).

**Tablisa 30**

**Dolotalar barada maglumat ISM**

<b>Dolotalaryň şifri, mm</b>	<b>Mazmuny “Slawutiç”,sm<sup>3</sup></b>	<b>Oklaýyn agram kN</b>	<b>gönükdirilýän bahasy/manatda</b>
ISM-188MS-2	58	80	1100
ISM-188S-5	74	80	1240
ISM-212M-2	69	100	1310
ISM-212S-3	77	100	1250
ISM-241MS	108	-	1800
ISM-267S	133	-	2000

ISM dolotalaryň görnüşleri barada esasy maglumatlar berilen. Tablisada görnüşi ýaly ISM dolotalarynada edil almazly dolotalaryňky ýaly pes oklaýyn güýç düşýär. ISM dolotonyň bahasy almazlyňkydan pes, ýöne beýleki dolotolardan bir näçe esse gymmat (tablisa 27). ISM dolotalary almazly dolota görä dinamiki güýçleri pes derejede duýýar. Olar guýa goýberilmezden öň düýbiň ýörite taýýarlygyny talap etmeýär. Bu dolotolar hem çuň guýylarda işletmek netijeli bolýar.

## **VIII-nji BAP.** **OWRATÝAN-GOPARÝAN SYNPA DEGIŞLI** **DOLOTOLAR**

### **§1. Owratýan-goparýan synpa degişli dolotolar barada** **umumy maglumatlar**

XX asyryň başynda nebit üçin guýy burawlananda iki usul alanylypdyr: urgy we aýlanma usullary. Urgy usulynda burawlananda, doloto gaty port jynslary gowy owradyp netije örän pes bolýar. Aýlanma usulynda perli dolotolar ulanylyp, olar diňe ýumşak maýyşgak jynslary owradanda oňat netije berýär. Tehnikanyň ösmegi, barha kuwwatly hereketlendirijileriň döredilmegi guýynyň düýbünde uly kuwwatlyklary ulanyp burawlamagyň tizligini ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär. Bu ugurda urgy görnüşinde burawlamak urgyny çaltlandyrylanda buraw enjamlarynda döreýän inersiýa güýç zerarly ulanyşdan galdy. Guýynyň düýbinde uly kuwwatlyklary ulanmakda aýlanma usulynyň mümkinçilikleri köpdi, ýöne onuň hem goýup ýýji dag jynslaryny owratmaga enjamlar ýokdy. Şeýle doloto 1909 ýylda ÝuZ (SŞA) tarapyndan döredildi.

Ýuzyň dolotosy häzirki zaman owradyjy goparyjy synpa degişli şaroşkaly dolotynyň asyl nusgasydyr. Ol bir konusly iki şaroşkadan ybaratdyr. Konusy emele getirijiniň bütin boýunça dişler ýasalan (bir şaroşkada 30 golaý diş). Doloto aýlananda şaroşkalar guýynyň düýbinde bir ýa-da iki dişine daýanyp aýlanýar. Diýmek bir wagtda düýp bilen dört diş galtaşmada bolýar.

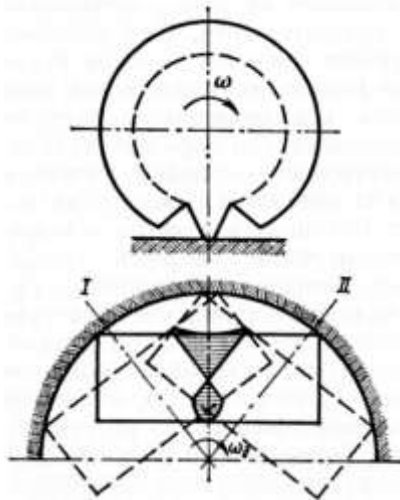
Galan 56 diş ätiýaç diýen ýaly bolýar. Dişden diş daýanyp düýpde aýlananda doloto düýbe urup owradyjy täsir döredýär. Ýagny bu doloto aýlanyp urgy usulynyň täsirini berýär. Şaroşkaň dişleri dag jynsy bilen az wagtlyk galtaşmada bolýar, soňra galtaşmadan çykyp derrew ýuwujy ergin bilen sowadylýar. Bu bolsa perli dolota garanynda dişler tarapyndan



ulanylýan udel kuwwaty birden köpeltmäge mümkinçilik berýär.

Ilkinji şaroşkaly dolotlaryň bir konusly şaroşkasy bolup onuň depesi dolotonyň okunda ýatýar. Bu ýagdaýda onuň goparyjylyk ýagdaýy pes bolup, ol diňe pot jynslarda gowy netije berýär. Emma maýyşgak – port we aýratynam ýokary maýyşgakly dag jynslary burawlananda görkezijiler örän pes bolýar. Şeýle dag jynslaryny owratmak üçin dolotonyň goparyjylyk ukybyny galdyrmalydyr. Bu meseläň çözgüdi iki ugur boýunça alnyp barylýardy.

Birinji ugur – silindr şekilli we pes konusly şaroşkany döretmek. Şeýle şaroşkalar dişiň daşyndan aýlamakda bir wagtyň özünde düýbe perpendikulýar bolup öz okunyň daşyndan aýlanýar (dolotonyň öz okunyň daşyndan aýlanýanlygy üçin). Şaroşka I ýagdaýdan II ýagdaýa aýlanan wagty dolotanyň dişi düýbe degişli iki hereket edýär – dik onuň daşyndan aýlanýar we gitmek-gelmek hereketi ilki merkeze tarap, soňra guýynyň merkezinden daşlaşýar. Şonda diş surat 68 ştrih bilen görkezilen düýbiň meýdanynda düýbe goparyjylyk täsirini edýär. Bu şaroşkalaryň esasy etmezçiligi dişleriň örän çalt iýilmesi. Şu etmezçiligi aýyrmak üçin şaroşkaň diametrini kiçeldip, olaryň uzynlygyny gysgaldyp, täze köp şaroşkaly dolotolar ýasaldy. Guýynyň bir ölçegde ölçege laýyk gazylyp gitmegini üpjün etmek üçin şaroşkaň okuny düýbiň tekizligine ýapgyt ýagdaýda goýmak we şaroşkalary pes konusly etmeli bolýar.

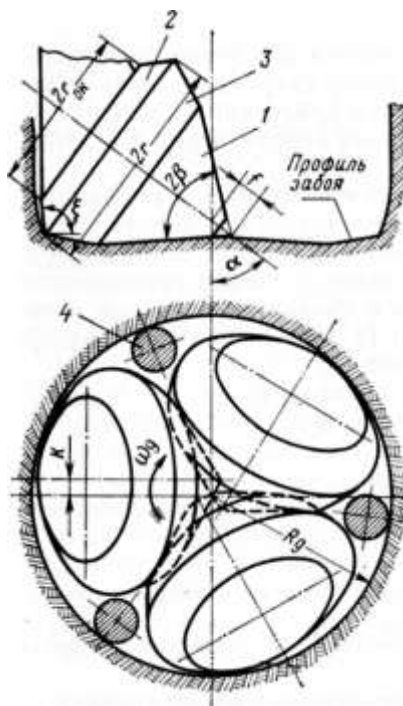


**Surat 68. Guýynyň düýbi bilen silindriki şaroşkanyň özara täsiriniň şekili**

$\omega$ - şaroşkanyň aýlanma tizliginiň burçy

$\omega_d$ - dolotanyň aýlanma tizliginiň burçy

Häzirki wagtda şeýle şaroşkaly dolotolar bilen halka görnüşli burawlananda ulanylýar. Ikinji usul – çeye port we ýokary maýyşgak dag jynslaryny netijeli owratmak üçin enjamly dolotolary oýlap tapmak. Bu usul (surat 69) köp konusly şaroşkalar, olaryň depesinden dolotanyň okunyň ýokarsynda  $f$  ululyga çenli we şaroşkanyň okuny gapdala  $R$  ululyga çenli süýşirip dolotaň aýlanýan ugruna tarap ýerleşdirmek arkaly gazanylýar. Bu çareler gerek bolan goparyjyk netijäni almaga mümkinçilik berýär.



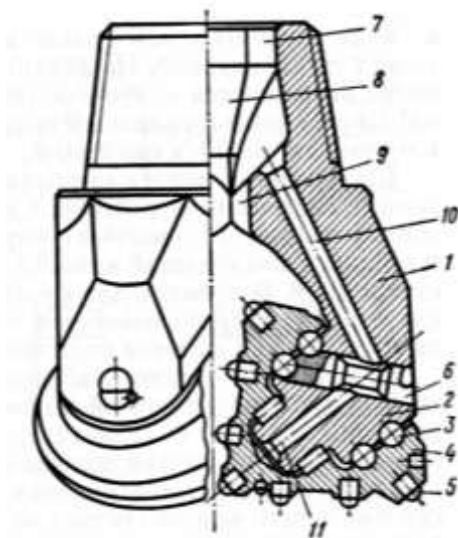
**Surat 69. Guýynyň düýbünde ikikonusly ýerleşen  
şaroşkanyň dolota bilen özaratäsiriniň şekili**

1,2,3-esasy, tersine we goşmaça konusly şaroşka laýyklykda;  
4-düýpki zolakda gidromonitordaky akymyň suwuklygy

Şaroşka iki hökmany konusly bolýar: 1 – guýyň düýbi bilen galtaşýan (kontaktlaşýan) esasy konus we guýyň diwary bilen galtaşýan yzky konus 2. Galan gyýýň düýbi bilen galtaşýan konuslara goşmaça diýip at berilýär. Olaryň tertip belgileri esasy konusdan başlanýar” birinji goşmaça konus 3; ikinji goşmaça konus we ş.m.

Häzirki zaman şaroşkaly dolotaň esasy elementlerini B-190KP (surat 70) dolotaň mysalynda seredeliň. Şaroşkaly dolotolar esasan seksiya görnüşinde çykarylýar. Her seksiya sapfada 2 oturýan lapadan 1 podşipnikler 3 arkaly oňa şaroşka

4 oturdylyan. Şaroşkada diş görnüşinde ýa-da tutuş halka görnüşinde daşy bolýar. 5 seksiyalar özara kebşirlenip birleşdirilýär. Kebşirlenip ýokary başynda (doloto) konus ýasalýar birleşdirmek üçin hyr peselýär. Şaroşkaly dolotolar adaty we gidromonitor ýuwmak sistemaly goýberilýär.



**Surat 70. Üç şaroşkaly dolotanyň gurnalşy B-190KP**

Surat 70 görkezilýän dolotonyň ýuwmaklyk ulgamy dolotyň içiniň boşlugy 7, uýy daralýan ertiji kanal 8, we silindr görnüşli ýuwujy deşikleri 9 özünde birleşdirýär. Howa bilen üflenip sowadylýan dolotolarda lapada we sapfada sowatmak we podşipnikleriň şlam bilen hapalanmazlygy üçin deşikler 10 we 11 bolýar. Surat 70 görkezilen dolotoň daýanç podşipnikleri ýuwujy ergin bilen ýaglanýlar. Häzirki wagtda jebis ýapylan daýançly we aýratyn ýaglaýjy ulgamly dolotolar goýberilýär. Şeýlelikde häzirki zaman owradyjy-goparyjy synpa degişli dolotolar, lapadan, şaroşkalardan (özüne owradyjy elementleri birleşdirýän) we şaroşkalaryň daýanjyndan ybaratdyr. Ondan başgada dolotoda iki ulgam bar: ýuwmak ulgamy we

daýançlary ýaglamak ulgamy. Dolotany ýasamakda ulanylýan poladyň esasy markalary tablisa № 31 berilýär.

**Tablisa 31**

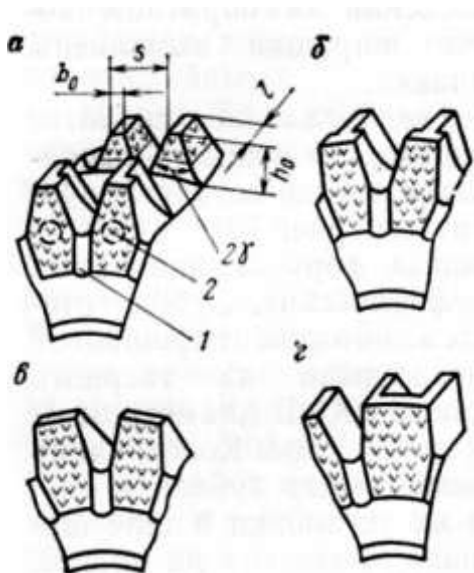
**Dolotany taýýarlamak üçin polat markalar**

<b>Diametr dolota, mm</b>	<b>Polat marka</b>		
	<b>Şaroşka üçin</b>	<b>Lap üçin</b>	<b>Itmek üçin</b>
190	17N3MA	14H2N3MA	55SM5FA
214	18HN3MA		
	20HN3A		

Tablisadan görnüşi ýaly doloto legirlenen nikel-molibdenli we hromnikelmolibdenli polatdan ýasalýar. Iýilmä garşy durnuklylyk üçin lapa we şaroşka 0,6-2,4mm çuňluga çenli sementlenýär, soňundan iki gezek taplanýar we goýberilýär. Soňky döwürlerde elektroşlak we wakuum-dugaly erginli polat giňden ulanylýar.

**§2. Owradýjy-goparyjy synpa degişli dolotonyň enjamlary we olary degişli ýerinde ulanmagyň hödürlemesi**

Şaroşkaly dolotolarda diş görnüşinde ýa-da diska görnüşinde halkalar bolan şaroşkalar bolýar. Ol elementler polatdanam şaroşka bilen gaty ýasalan gaty erginden: halkalara presslenen bolup bilýär. Diş görnüşli halkanyň enjamy frezerlemek arkaly kütäk dişler görnüşinde ýasalýar (surat 71a).



**Surat 71. Tutyjy görnüşde şaroşkalaryň ýaraglary we periferiý dişleriň görnüşi. Konusyň ters tarapyňyň sudury**  
a – kanawka; b – gaty splaw goýulma

Elementleriň esasy ölçegleri

- 1) başky küteldilme  $b_0$ ;
- 2) dişin uzynly (halkanyň içine gabat gelýär)  $L$ ;
- 3) diýleriň başky beýikligi  $h_0$ ;
- 4) çişin depesindeki burç  $2\gamma$ ;
- 5) halka dişleriň arasy  $S$ .

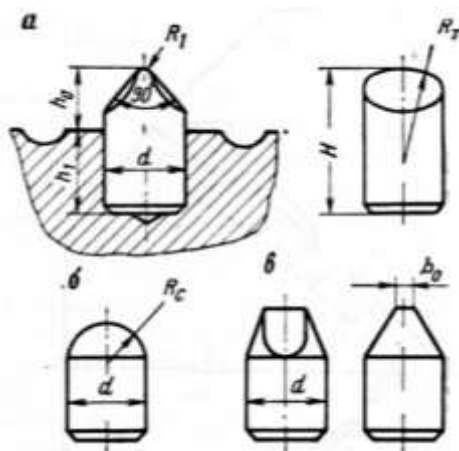
$b_0L$  meýdany küteldilen çişin iş üsti bolup durýar. Dişleriň ölçegi dolotanyň tipini we ölçegine bagly bolýar. Diametri 93-de 490mm çenli bolan dolotolar üçin  $b_0$  1-den 2,8mm;  $L$ -5-den 19mm çenli;  $h_0$ -5-den 25mm;  $2\gamma$  - 36-dan  $56^\circ$  çenli, dişleriň arasy 10-den 80mm çenli bolýar.

Iýilmä durnuklylyk üçin dişleriň daşyna gaty splaw çäýýlýär. Splawyň çäýýlyşy surat 71a görkezilýär. Splaw granlaryň birine we dişin daş tarapky ujuna çäýylýp ( $0,7h_0$ , ikinji gran  $0,3h_0$  – çäýylmaň çuňlugy) az bolmaly däl.

Barlaglaryň görkezmesine görä **M** we **C** tipli dolotlaryň dişiniň iki tarapyna we bir gapdal granyna çäýmak iň peýdalysy diýilip hasap edilýär.

Çetki dişleriň iş organlary bolup diňe kütelme meýdany däl, etsem dişleriň yzky konus tarapdaky uçlary hem hyzmat edýär. Olar guýynyň diwaryny ýylmap gidýär. Şonuň üçin bu dişler çiş görnüşinde ýa-da **G** – görnüşinde. **T** – görnüşinde we **P** – görnüşine we ýörite görnüşde hem goýberilýär (surat 71b, w, g).

Sowatmagy gowulandyrmak üçin yzky konusda joýajyklar bolýar. Halkalaryň gaty splawdan edilen oturtma dişleri (surat 70) iki görnüşde bolýar: çiş görnüşli we egri görnüşli. Dişler gaty splawdan BK8-B, poroşok metallurgiýasy usulynda diametri 3,2 den 14,3 mm çenli taýýarlanýar. Ulanylýan dişler barada maglumat we olaryň oturdylyň şekili surat 72 berilen.



**Surat 72.** Gatysplawly dişler

a - tutyjy görnüşi G-25; b - ýarymsferaly görnüşi G-26;  
ç-ýasy ýokary işjeňligi

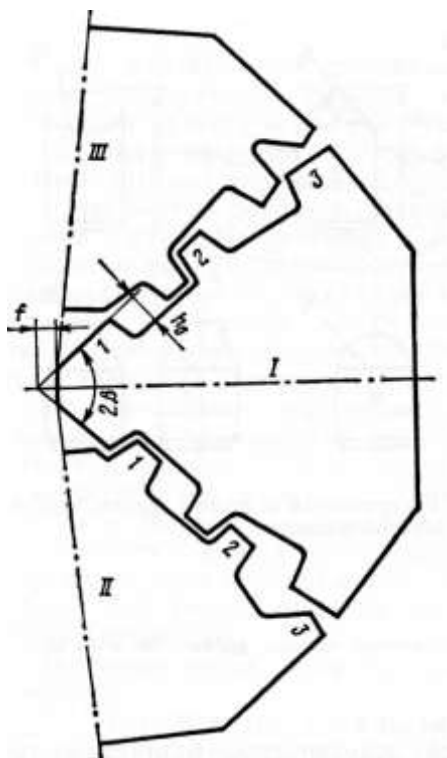
Ýasy giň organly gaty splawdaý edilen dişjagaz (surat 72b) M tipli dolotoda oturtmak üçin niýetlenen. Dişiň häsiýetnamasy berilen-gaty splawdan ýasalan enjamlaryň esasy häsiýetnamasy – dişiň diametri  $d$ , iş üstüniň egriliginiň radiusy (ýasy iş organly dişiň kütelmesi  $b_0$ ), dişiň şaroşkada ýokary çykmany  $h_0$  we dişiň edilen  $S$  (iki dişiň arasy).

Dişiň berkligi we onuň şaroşkada oturyşynyň bekligi nukdaý nazardan seredeniňde esasy zat diametr we presslemegiň çuňlугy bolýar. Çetki halkalaryň dişleri düýbiň tekizligine ýapgyt oturdylan, yzky konus tarapdan bolsa silindr görnüşli dişler presslenen (surat 70).

Şeýle gurluş iýji jynslary burawlananda dolotyň diametrini saklamagy üpjün edýär. Şaroşkanyň enjamy (kesiji organlary) bütewi halkalar görnüşinde hem bolup bilýär. Şeýle dolotolar barada berilýär.

Dolotyň çäginde şaroşkada halkalaryň ýerleşişini suratda 73 seredip geçeliň. Şaroşkany we halkalary bellemegiň kabul edilen tertibi: iň uzyn (doly) şaroşka – birinji, uzynlygy boýunça aralyk – ikinji, iň gysga bolsa – üçünji dilýilýär. Halkalary nomerlemek deneden başlaýar. Iň soňky halka çetki dilýilýär.





**Surat 73. I.II.III-şaroşkanyň nomeri**

Surat 73 görnüşine görä bir şaroşkaň halkasy beýleki şaroşkaň halkalarynyň arasyna girýär. Şaroşkany halkaly görnüşde ýasamak bir tarapdan doloto berilýän güýji ulaltmazdan halka berilýän güýji birnäçe esse ulaltmaga mümkinçilik berýär. Her halka düýpde az tegelek meýdany ovradyr. Diňe şaroşkalaryň çetin halkalary guýynyň düýbiniň diwara degýän ýerlerini işläp geçýär. Düýbiň garyşyk halkalaryň arasyndaky meýdany degilmän geçýär. Ol meýdana “worotnik” diýilýär. Ol meýdan dolotanyň urgysynda jynsyň gapdaldan gopmagy sebäpli ovradylyr. Worotnigiň ini 1,5-2,5mm bolýar (60). Düýbiň guýynyň radiusy boýunça doly ovradylmagy düýbi akyjy koeffisiýent bilen häsiýetlendirilýär.

$$\eta = \frac{1}{R_g} \sum_{i=1}^n L_i \quad (\text{VIII. 1})$$

$L_i$  – i-halkanyň ini  $R_g$  – dolotonyň radiusy.

Üç şaroşkaly dolotoň 0,7 den 1,3 çenli ýapmak koeffisiýenti bar, ýagny bire golaý. Eger-de dolotoň bütewi dişleri bolsa, onda  $\eta \approx 3$ . 1975ý. çenli şaroşkaly dolotolar OH26-02-128-69 norma boýunça, 1975-den 1978ý. çenli bolsa. GOST20692-75 “Şaroşkaly dolotolar” boýunça goýerildi. GOST20692-75 göz önünde tutulan üýtgetmeler esasan dolotoň ýasamakda tanyklyk, olaryň diametrlerini we birikdiriji hyrlaryny halkara ülüşlerine getirmek üçin edildi. Dürli tipli dag jynslaryny burawlamak üçin on üç tipli dolotolar goýberilýär. Aşakda dolotolaryň klassifikasiýasy berilýär.

Dolotoň tipy	M	MS	S	ST	T	TK
Jynsyň gatylygyny kategoriýasy	1-3	3,4	4,5	5,6	6,7	7,8

Dolotoň tipy	MZ	MSZ	SZ	TZ	TKZ	K	OK
Jynsyň gatylygyny kategoriýasy	1-3	3-5	4-6	6-8	7-6	8-10	10-12

M-den T-çenli tipli dolotolar polatdan frezerlenen dişli goýerilýär we olar pes we aralyk iýji jynslary owratmaga niýetlenen: ýokary iýjili jynslary burawlamak üçin gaty splawdan degişli tipleri goýerilýär (MZ, SZ, TZ). Z harpy dolotonyň dişi G-25 gaty splawdan çiş görnüşlidigini aňladýar. Has gaty jynslary owratmak üçin ýarym egri işlen uçly dişler G-26 goýberilýär. Bu dolotolar bellende nomerinde “K” harpy bolýar. Bulara K we OK tipleri degişmedir. Gatylygy boýunça gatlak tutan jynslar üçin aşakdaky dolotolar ulanylýar:

MSZ-frezerlenen dişli we dişi G-25 görnüş

TK-frezerlenen dişli we dişi G-26 görnüş

TKZ-oturtma dişler görünüş G-25 we G-26

OH-26-128-69 – norma boýunça doloto şifrlenýär: mysal üçin 5K-214SG; 5-model nomeri; K-ondürüji zawodyň indeksi; 214-dolotoň diametri; Ç-dolotoň tipy; G-gidromonitor ýuwulmak ulgamly. Eger-de ýuwulmak usuly adaty bolsa onda şifrde “G” bolmaýar. Kuýbyşewburmaş önümçilik birleşiginiň çykarýan dolotosynda “K”-indeksi; Werhne-Sergiý zawodynyň dolotolarynda “B” – indeks’ Drogobyç zawodynyň indeksi “Y” harpy bolýar .

**Tablisa 32**

**Adat boýunça  $G_{max}$  dolota berilýän maksimal oklaýyn agram OH26-02-128-69 we durian dolota**

<b>D,mm</b>	161	190	214	243	269	295
<b><math>G_{max},kN</math></b>	150	220	260	300	320	400
<b>cd,rub.</b>	34-69	46-106	63-121	78-163	92-187	106-208

Dolotolara berip boljyk maksimal güýçler barada maglumat berilýär. Owradýjy-goparyjy synpa degişli dolotolary pes aýlawly hem ýokary aýlawly düzgünlerde burawlananda hem ulanyp bolýar. dolota düşýän maksimal oklaýyn güýç dolotonyň diametri we onuň berkligi bilen kesgitlenýär. Dolotonyň bahasy esasanam onuň enjamlaryna görä kesgitlenýär. Kesiji enjamlary gaty splawdan bolan dolotolar 1,5-2 esse adaty dolotolardan gymmat bolýar.

### **§3. Dolota zerur bolan minimal güýjiň we onuň ulanylýan**

## meýdanynyň hasaby. Meñzeşlik deňlemesi

Dolotlaryň dürli görnüşiniň ulanylmaly meýdany dag jynsynda emele gelýän galtaşma dartgynlygynyň maksimal ýygylgy nukdaý nazardan seredeliň. Oklaýyn güýjiň dolotonyň enjamlaryna düşýän ýygylgy

$$P_i = \frac{G}{\eta R_g} \quad (\text{VIII. 2})$$

$G$  – doloto düşýän oklaýyn güýç;  $\eta$  - ýapmak koeffisiýenti;  $R_g$  – dolotanyň radiusy.  $G_{\max}$  we  $R_g$  tablisa 32 alyp deňlemä (VIII.2) goýup alarys, ýagny oklaýyn güýjiň iň uly ýygylgy  $P_{i\max}=1,9\div2,7\text{ kH/mm}$ . Ýasy iş organly dolotonyň enjamlarynyň galtaşma dartgynlygynyň ýygylgyny deňleme (IV.31)-den taparys niredede:

$$P = P_i / b_0 \text{ şonda} \\ \sigma_{i\max} = \chi_n \frac{P_i}{b_0} \quad (\text{VIII.3})$$

$b_0$  – dişiň kütelyň ýeriniň ini.

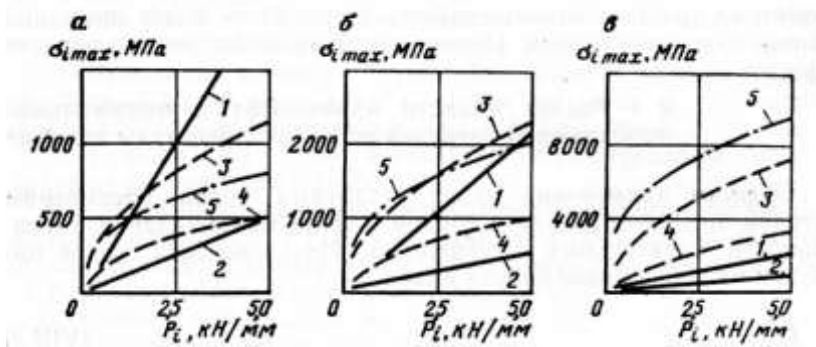
Iş organy silindr şekilli enjam üçin (IV.28) bahany  $P_{\max}$ -y alyp (IV. 49) we (IV.32) deň-i hasaba almak bilen taparys:

$$\sigma_{i\max} = \chi_s \sqrt{\frac{P_i C}{\pi R}} \quad (\text{VIII.4})$$

$C$  – dag jynsy basylanda deformasiýa moduly;  $R$  – silindr görnüşli iş organynyň depesiniň aýlawynyň radiusy. Iş organy egri bolan dolotolar üçin  $\alpha$ -ny (IV.16) dan (IV.17) goýup we soňra  $P_{\max}$  (IV. 49) hasaba almak bilen we (IV. 32) goýup aşakdakyny alarys

$$\sigma_{i\max} = \frac{\chi_s}{\pi} \sqrt{6 P_i d \left( \frac{C}{R_c} \right)^2} \quad (\text{VIII.5})$$

$d$  – diametr dişiňki;  $R_c$  – dişiň egri üstüniň radiusy suratda 74 aşakdaky şertler üçin (VIII. 3) (VIII. 4) we (VIII. 5) deňlemeleriň hasaplamalarynyň netijesi berilen.



**Surat 74. Maýýşgak jynslar moduly bilen dolotanyň şaroşkanyň ýaragynyň elementine  $\sigma_{\max}$  we  $P_i$  bagly grafigi**

a -  $S=2500\text{MPa}$ ; b -  $S=10000\text{MPa}$ ; ç -  $S=100000\text{MPa}$

ýokary işjeňlik: 1,2-ýasy, 3,4-silindrik, 5-sfera

- 1) koeffisiýent  $\chi$  tablisa 12-den  $\omega=0$  diýip alynýan;
- 2)  $b_0=1,5\text{mm}$  (1) we  $b=4\text{mm}$  (2) ýagny dişiň başlangyç kütelmesi we dişiň uzynlygynyň ýarsyna çenli iýilen ýagdaýynda kütelmesi;
- 3)  $R=1\text{mm}$  (3) dişiň (G-25) ujynyň togalak ýagdaýa gelmegi we  $R=5\text{mm}$  (4) – kütelen çişň iýilme döwründe ujynyň togalak ýagdaýa gelmegi;
- 4)  $R_c=4,5\text{mm}$  (5) – diametri  $d=8,2\text{mm}$  bolan G-26 dişiň gurşawynyň radiusy.

Surat 74 görnüşine görä pes çeyelik modully dag jynslary üçin dartgynly ýagdaýyň iň ýokary derejesi ýasy iş organly enjamda bolýar (göni çyzyk 1). Ýöne iş organynyň iýilmegi bilen (egri 2 we 4)  $\sigma_{\max}$  derejesi peselýär. Çiş görnüşli dişli dolotolar aralyk ýagdaýy eýeleýärler (egri 3) we iň pes derejeli dartgynly ýagdaý egri iş organlar dolotoda bolýar (egri 5).

Ortaça çeyelik moduly bolan dag jynslary üçin egri iş organy bolan enjamlar artykmaçlykdan peýdalanýarlar (egri 5) we çiş görnüşli dişler gaty splawdan edilen (egri 3). Emma iş organlary ýasylygyna iýilse dartgynly ýagdaý dag jynsda çalt

peselýär (göni 2). Dişin depesiniň iýilip togalak bolmagy jynsda  $\sigma_{i \max}$  peselmegini getirýär (egri 4).

Ýokary çeyelik modully dag jynslary üçin artykmaçlyk egri iş organly dolotlara berilýär (egri 5). Ýasy iş organly dolotlar iň pes dartgynlygy üpjün edýär (egri 1 we 2). Deňleme (VIII. 3) (VIII. 4) we (VIII. 5) görnüşi ýaly  $\sigma_{i \max}$  esasy dag jynsynyň basylanda deformasiýa modulyna we iş organlarynyň geometriki görnüşini bagly bolýar. (VIII. 3) (VIII. 4) we (VIII. 5) sag böleklerini jübüt-jubitden deşläp we “C” görä alynan deňlemäni çözüp “C”-iň täsir edýän çäklerini we ýokarda seredilen iş organlarynyň galtasma dartgynlygynyň iň ýokary ýygylgyny döredtýän meýdanyny taparys.

$$C_1 = \left( \frac{\chi_n}{\chi_s} \right)^2 P_i \frac{\pi R}{b_0^2} \quad (\text{VIII. 6})$$

Egerde  $C < C_1$  onda ýasy iş organly elementler iň ýokary dartgynlygy üpjün edtýär.

Silindr we egri iş organly elementler üçin:

$$C_2 = \left( \frac{\chi_n}{\chi_s} \right)^6 \frac{\pi^3}{36} R_i \frac{R_c^4}{d^2 R^3} \quad (\text{VIII. 7})$$

Eger-de  $C_1 < C < C_2$  – onda silindr görnüşli iş organly elementler iň ýokary dartgynlygy üpjün edýär. Egri iş organly bilen ýasy iş organly deňşdirip alarys:

$$C_3 = P_i R_c \sqrt{\left( \frac{\chi_n}{\chi_s} \right)^3 \frac{\pi^3}{6} \frac{1}{b_0^3 d}} \quad (\text{VIII. 8})$$

Şonda  $C < C_3$  – ýasy iş organlyny ulanmaly meýdan  $C < C_3$  – ägri iş organlyny ulanmaly meýdan. Doloto

düşyänoklaýyn agramy (2,48) şampyň  $P_s$  gatylygy boýunça hasaplamaly.

$$G = d P_s S_k \quad (\text{VIII. 9})$$

$d$  – guýyda dag jynsynyň owranmagynyň. Şertini hasaba alýan koeffisiýent (0,33-1,59 çenli üýtgeýär, önümçiligiň hasabatyndan alynýar)  $S_k$  – dag jynsy bilen dolotynyň galtaşýan meýdany

$$S_k = \eta b_0 R_g$$

(VIII. 9) deň-e býunça ikinji jynsy ikinji görnüşli owratýan, frezerlenen dişli dolota düşyän agramy hasaplaýarlar. Şol bir wagtda güýç köp berilse onda jynsy üçünji we ondan ýokary deňlemeli owratmagyň bolmagy mümkin. Iň minimal güýji  $G_{\min}$  kesgitlemek üçin şampyň akyjylyk çagini ulanmak maslahat berilýär. Bu ýagdaýda

$$G_{\min} = d_n P_0 S_k \quad (\text{VIII. 10})$$

$G_{\min}$  – dag jynsynda akmaklyk çagini döretmek üçin dolota berilýän güýç. Indi doloto düşyän güýjiň ýygylgyna geçeliň, onuň üçin (VIII. 10) deňlemäniň iki tarapyny hem  $\eta R_g$  bölmeli. Şonda (VIII. 2) hasaba almak bilen aşakdakyny alarys:

$$P_{i \min} = d_n P_0 b_0 \quad (\text{VIII. 11})$$

Indi (VIII. 11) deňlemäni dag jynsynda akmaklyk çäge etdi diýen nukdaý nazardan seredeliň

$$\sigma_{is} = \chi_m P_{op} \quad (\text{VIII. 12})$$

Kütelen çiş üçin edil şunuň ýaly

$$\sigma_{is} = \chi_n P_{op} \quad (\text{VIII. 13})$$

Ýa-da (VIII. 13) hasaba almak bilen

$$\sigma_{is} = \chi_n \frac{P_{i \min}}{b_0} \quad (\text{VIII. 14})$$

(VIII. 12) we (VIII. 14) sag böleklerini deňläp we ornuny çalşyrmany amala aşyryp alarys:

$$P_{i \min} = \frac{\chi_s}{\chi_n} P_0 b_0 \quad (\text{VIII. 15})$$

Bu ýerde ýagny (VIII. 11) deňlemä gelýäris.  $\alpha_n$  – koeffisiýentiň fiziki manysyna düşünmek üçin (VIII. 12) we (VIII. 13) sag böleklerini deňleýäris.

$$\chi_m P_0 = \chi_n P_{op}$$

bu ýerden

$$\alpha_n = \frac{\chi_s}{\chi_n} = \frac{P_{op}}{P_0} \quad (\text{VIII. 16})$$

(VIII. 16) görünyär, ýagny  $\alpha_n$  – koeffisiýentiň fiziki manysy kütelen çişň guýynyň şertinde dag jynsyna basyşyna ýüze çykan akmaklygyň çägiň, jynsyň şamp boýunça akmaklyk çäğine gatnaşygydyr. Şunuň ýaly edip silindr şekilli iş organly element üçin hem gerek bolan minimal güýjiň ýyglygyny alýarys.

$$P_{i \min} = \left( \frac{\chi_m}{\chi_s} \right)^2 \pi P_0^2 \frac{R}{C}$$

$\left( \frac{\chi_m}{\chi_s} \right)^2$  - koeffisiýent  $\alpha_s$  diýip atlandyralyň

$$\alpha_s = \left( \frac{\chi_m}{\chi_s} \right)^2 = \left( \frac{P_{\max}}{P_0} \right)^2 \quad (\text{VIII. 17})$$

Jemläp alarys:

$$P_{i \min} = \alpha_s \pi P_0^2 \frac{R}{C} \quad (\text{VIII. 18})$$



Egri iş organly elementler üçin formula:

$$P_{i \min} = \left( \frac{\chi_m}{\chi_c} \right)^3 \frac{\pi^3}{6d} P_0^3 \left( \frac{R_c}{C} \right)^2$$

Belgide:

$$\alpha_c = \left( \frac{\chi_m}{\chi_c} \right)^3 = \left( \frac{P_{\max}}{P_0} \right)^3 \quad (\text{VIII. 19})$$

Iň soňunda jemläp ýazarys

$$P_{i \min} = \alpha_c \frac{\pi^3}{6d} P_0^3 \left( \frac{R_c}{C} \right)^2 \quad (\text{VIII. 20})$$

Takmynan hasaplamalar üçin  $\chi$  koeffisiýenti tab. 12 almak mümkin. Mundan başgada  $\alpha$  koeffisiýenti deňişli indektorlary basmak arkaly kesgitleýip bolýar. Hasaplanan ululyk boýunça  $P_{i \min}$  doloto zerur bolan minimal güýji hasaplaýarys:

$$G_{\min} = P_{i \min} R_g \eta \quad (\text{VIII. 21})$$

Dolota gerek amatly güýji  $G_0$ -ny  $G_{\min}$  bilen  $G_{\max}$  arasyndaky aralykdan tapýarys we burawlamagyň netijesi boýunça dolotyň işiniň statistiki hasaplaryň usulyny boýunça kesgitleýäris.

Meňzeşlik deňlemesi. Guýy burawlananda  $\alpha$  koeffisiýenti diňe indektoryň görnüşine däl-de,  $\sigma_{is}$ -iň  $\sigma_0$  baglylygyna we guýyda dag jynsynyň owranyşyna hem bagly bolýar. bu bolsa deňlemä (VIII. 11), (VIII. 18) we (VIII. 20) ulanmagy kynlaşdyrýar. Ýöne bulardan burawlamagyň teoretiki we tejribede möhüm gatnaşyk gelip çykýar. Iki sany ýagdaýa seredeliň. Güýjüň ýyglylygynyň ululygyny, elementleriň geometriki parametrlerini we jynsyň häsiýetini görkezijileri 1 we 2 indeks bilen belgiläliň. Şonda kütelen çiş üçin meňzeşlik deňlemesi şeýle bolar.

$$\frac{P_{i\min 2}}{P_{i\min 1}} = \frac{P_{02}b_{02}}{P_{02}b_{01}} \quad (\text{VIII. 22})$$

Silindr şekilli diş üçin

$$\frac{P_{i\min 2}}{P_{i\min 1}} = \left(\frac{P_{02}}{P_{01}}\right)^2 \frac{C_1 R_2}{C_2 R_1} \quad (\text{VIII. 23})$$

Iş organy egri diş üçin

$$\frac{P_{i\min 2}}{P_{i\min 1}} = \left(\frac{P_{02}}{P_{01}}\right)^2 \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^2 \left(\frac{R_{C2}}{R_{C1}}\right)^2 \frac{d_1}{d_2} \quad (\text{VIII. 24})$$

(VIII. 22), (VIII. 23) we (VIII. 24) gatnaşyklary jynsnyň bir synpyň çäginde mümkindir (dogrydyr). Olary elementleriň geometriki görnüşleri we dag jynsynyň mehaniki häsiýetleri baglanyşdyrýar hem-de eksperimental we önümçilik netijeler boýunça hasaplama çykarmaga dolotanyň görnüşini saýlap almaga, oňa düşýän güýji kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

#### **§4. Owradyjy-goparyjy synpa degişli dolotlaryň dag jynsy bilen özara täsiriniň kinematikasy**

Şaroşkaly doloto kinematiki nukdaý nazardan hereket edýän onda seplem-şaroşkaly dişli ýa-da fiksion mehanizmdir. Mehanizm özüne-eýgerdiji seplem-özara garynda baglanyşdyrylan lapkalar, eýeriji seplem-şaroşka we aýlanmaýan seplem-guýyň düýbi bolýar. eger-de dolotaň korpusyndan her bir şaroşka berilýän hereket gatnaşygy belli bolan bolsa, onda şeýle mehanizmi barlamak kyn bolmazdy

$$i_j = \omega_j / \omega_g \quad (\text{VIII. 25})$$

$i_j$  – dolotyň korpusynda;  $j$  – şaroşka berilýän hereket gatnaşygy;  $\omega_j$  –  $j$ -şaroşkaň burç tizligi;  $\omega_g$  – dolotanyň aýlanmak burç tizligi.  $I_j$  analitiki kesgitlemek örän kyn. Şonuň üçin ony eksperimental ýol bilen stentde şaroşkanyň aýlanyş ýygylgyny ölçemek arkaly kesgitleýärler. WNIIBT

tarapyndan birnäçe dolotalaryň şaroşkalarynyň hereket gatnaşygy tablisada 33 getirilen.

**Tablisa 33**

**Käbir dolotalaryň kinematiki we geometriki häsiýeti**

Dolotanyň şifri	$r_0=r/R_D$	$\alpha$ , gradus- min	Ýerleşen oky		$R_w$ , mm
			k, mm	$k_0=k/R_D$	
W-190MG	0,642	55-00	8	0,084	-
W-190SG	0,645	55-00	4	0,042	-
W-190SZG	0,633	55-00	4	0,042	-
W-190T	0,653	51-00	0	0	95,00
7K-214MSG	0,653	57-30	5	0,047	103,06
5K-214SG	0,653	57-30	5	0,047	103,06
1AN-215, 9SG	0,646	54-00	4	0,037	105,98
2K-214T	0,636	52-00	0	0	107,00
1AN-215, 9TK	-	52-00	-	-	-

Dolotanyň şifri	iň şaroşka boýunça			Otnositel süýkelmegi	
	ii	iii	iiii	$v_{R0}$	$v_{00}$
W-190MG	1,220	1,210	1,310	-	-
W-190SG	1,330	1,170	1,240	-	-
W-190SZG	1,270	1,420	1,400	-	-
W-190T	1,450	1,520	1,380	0	0,01-0,10
7K-214MSG	1,317	1,394	1,241	0,049	0,05-0,16
5K-214SG	1,208	1,244	1,353	0,049	0,08-0,18
1AN-215, 9SG	1,350	1,332	1,313	0,038	0,11-0,14

2K-214T	1,503	1,464	1,501	0	0,05- 0,07
1AN-215, 9TK	1,381	1,450	1,526	-	-

Tablisadan görnüşi ýaly dolotanyň şaroşkalary bir meňzeş aýlanmaýar. Gaty dag jynslary owradylanda şaroşkanyň aýlawynyň ýygylgy gyraky halkalaryň diş sanyna ters proporsional. Bu ýagdaý gyraky halkalaryň dişi düýbi owradyp onda diş-dişli zolagy galdyranlygydyr. Zolagyň ädimi (arasy) gyraky halkanyň ädiminiň in uly ýagdaýyna golaýdyr. Bu bolsa zolagyň  $z_p$  takmynan dişlerin bilmäge mümkinçilik berýär.

$$z_p = \frac{2\pi R_g}{S_{\max}}$$

Alnan netije köp tarapyna tegeleklenýär ýagny bütün san alynýar. Şonda şaroşkalaryň hereket gatnaşygy deňdir (takmynan)

$$i_I = z_p/z_I; i_{II} = z_p/z_{II}; i_{III} = z_p/z_{III} \quad (\text{VIII. 26})$$

I; II; III – şaroşkalaryň nomerine gabat gelýän indeksler.

Aramlyk we has hem ýumşak jynslar owradylanda, zolagyň berkligi pes bolup onuň şaroşkanyň aýlawyna täsiri örän pes bolýar. Dolotonyň enjamlarynyň dag jynsy bilen özara täsirine täsir edýän möhüm faktorlar bolup şaroşkanyň geometriki ölçegleri, şaroşkanyň okunyň dolotonyň okuna görä ýapgytlygy “ $\alpha$ ” we şaroşkanyň okunyň gapdalda (merkezden) R görä ýerleşdirilmegi bolup durýar.

Dolotonyň enjamlarynyň dag jynsy bilen özara täsiriniň esasy kinematikasynyň deňlemesini aşakdaky ýagdaýda serederis. Şaroşkanyň aýlanmagy zerarly süýşmegi (ýerini ütgetmegini) otnositel hereket hökmünde kabul ederis, dolotonyň aýlanmagy zerarly süýşmegini geçiji hereket

hökmünde kabul ederis. Yrgyldama zerarly birden aýlanýan ok bir elementden indiki elemente (dişe) birden geçýär. Şonda birden aýlanýan okuň (mgnowennaýa os wraseniýa) ýatan tekizligi ululygy halkanyň burç ädiminiň ýarnysyna golaýrak ululyga çenli diklikden (wertikaldan) gapdalalyşarýar: ýagny

$$\varphi_z = \pi / r$$

$r$  – halkadaky dişleriň sany.

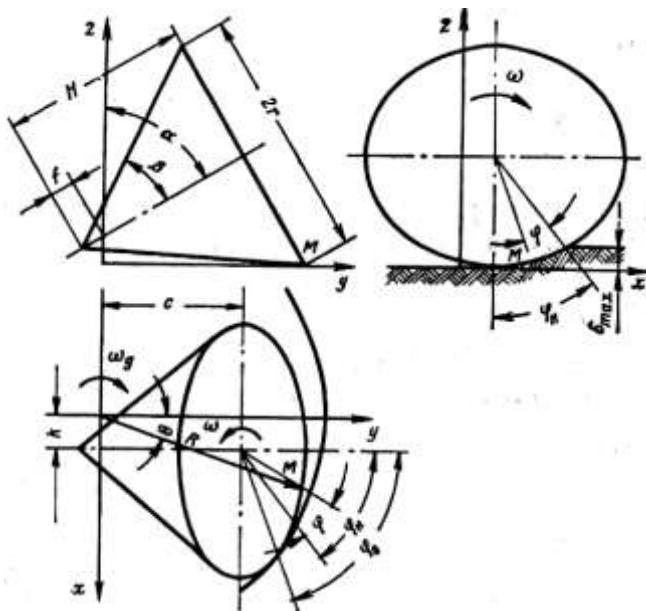
Ýöne bütin doloto üçin dişleri jynsa dürli ýagdaýda täsir edýänligi üçin birden aýlanýan ok halkanyň bir dişinden beýleki dişine dälde bütin doloto boýunça dişden-dişe geçýär, bu bolsa  $\varphi_z$  ululygyny gaty peseldýär

$$\varphi_z = \pi / z_c$$

$z_c$  – görünyän ýerdäki dişleriň sany.

$z_c$  – ululygy tötänleýin bolansoň.  $\varphi_z$  – ululygy hem tötänleýnidir. Haçan  $z_c \rightarrow \infty$   $\varphi_z = 0$  bolýar. umumy ýagdaýda  $\varphi_z$  ululygy bize belii däl.  $\varphi_z = 0$  ýagdaýy kabul edeliň.

By ýagdaý üçin hasaplama şekili surat 75 berilen.



**Surat 75. Guýynyň düýbünde şaroşkanyň ýaragynyň  
özaratäsiriniň kinematiki hasabynyň şekili**

Elemente degişli  $M$  nokadyň koordinatlary aşakdaky ýasy

$$x = R + r \sin(\varphi_H - \varphi) \quad (\text{VIII. 27})$$

$$y = C + r \cos \alpha \cos(\varphi_H - \varphi) \quad (\text{VIII.28})$$

$$z = r \sin \alpha [1 - \cos(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 29})$$

$\varphi_H$  – halkanyň aýlanýan tekizliginde ölçelýän elementiň özara täsir etmek burçy.  $\varphi$  - şaroşkany özara täsir etmegi başlanda aýlanma burçy. Indiki derňewi sadalaşdyrmak üçin  $M$  nokadyň hereketini  $R\theta z$  koordinatynda silindr görnüşli ulgamda göreris. Dolotonyň aýlanýan tarapy položitel bolar.

Şaroşkada  $M$  nokadyň ýagdaýyna diňe radius-wektoryň  $R$  uzynlygy baglydyr

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{VIII. 30})$$

Surat 75 görä M nokadyň otnositel hereketi  $\theta$  burçuň kiçelmegini, göçli hereketi – bolsa ulanmagyna getirýär. Bu ýerden

$$d\theta = d\theta_g - d\theta_s \quad (\text{VIII. 31})$$

“t” wagtda şaroşka  $\varphi$  burça aýlanar, doloto bolsa aşakdaky burça:

$$\varphi_g = \omega_g t \quad (\text{VIII. 32})$$

şonda

$$\theta \Big|_0^t = \varphi_g - \theta_s \Big|_0^t \quad (\text{VIII. 33})$$

$\theta_s$  – seredilýän wagtda otnositel hereketde radius-wektoryň ýagdaýy

$$\theta_s = \arctg \frac{x}{y} \quad (\text{VIII. 34})$$

Radius-wektoryň aýlanmasy zerarly M nokadyň üýtgemegini tangensial süýşme diýip atlandyralyň we  $L_\theta$  bilen belläliň

$$dL_\theta = R d\theta \quad (\text{VIII. 35})$$

Radius-wektoryň uzynlygynyň şaroşkanyň aýlanma burçunyň funksiýasy bolanlygy zerarly (VIII. 35) deňlemäniň dogry çözüdi elliptiki integralyň ikinji jynsyna (rýad) getirýär. Şonuň üçin tangensial süýşmäniň ululygyny san integrally usuly bilen çözmek amatly

$$L_\theta = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (R_{i+1} + R_i) (\theta_{i+1} - \theta_i) \quad (\text{VIII. 36})$$

$i=1, 2, 3, \dots, n$

radius-wektoryň uzynlygynyň üýtgemegi M nokadyň radial süýşmesini aşladýar we  $L_R$  bellenýär

$$dL_R = dR \quad (\text{VIII. 37})$$

şaroşkanyň  $\varphi=0$ -dan  $\varphi=\varphi_H$  aýlawy deňdir

$$L_R = R_H - R_b \quad (\text{VIII. 38})$$

$R_H$  -  $\varphi=0$ -da radius-wektoryň uzynlygy;  $R_b$  -  $\varphi=\varphi_H$  bolanda radius-wektoryň uzynlygy “M” nokadyň jyns bilen özara täsir etmede dik ýagdaýa gelmegi dişiň jynsa girek (çümen) ýagdaýyna gabat gelýär (surat 75).

$$L_z = z_H - z = r \sin \alpha [\cos(\varphi_H - \varphi) - \cos \varphi_H] \quad (\text{VIII. 39})$$

Haçanda guýyň diwary frezerlenende, ýa-da gyralary bilen worotniklenende:  $L_z$  ululyga çenli, bu ýagdaýy dik süýşme hökmünde seretmeli. Özem frezerlemek  $\varphi_H = \varphi_0$  momentinden başlanýar. Umuman alanynda jynsyň deformirlenmek ululygy  $\delta - \varphi$  görä (VIII. 39) deňlemä gabat gelmezligi mümkin. Bu gabat gelmezlik ýokary galyş hökmünde ýüze çykar, şonda  $\delta(\varphi) < L_z(\varphi)$  ýa-da aşak düşmek ýagdaýynda.

Şonda  $\delta(\varphi) < L_z(\varphi)$  ýagny dolotonyň dik ýagdaýda yrgyldylary görnüşinde  
Elementiň süýşmek tizligini  $\omega = \text{const}$  göreliň “M” nokadyň tangensial süýşmeginiň burç tizligi guýyň düýbine görä deňdir:

$$\omega_\theta = \frac{d\theta}{dt} = \omega_g - \frac{d\theta_z}{dt} \quad (\text{VIII. 40})$$

Göni tizlik bolsa

$$\theta_\theta = R\omega_0 = R \left( \omega_g - \frac{d\theta_z}{dt} \right) \quad (\text{VIII. 41})$$

$\vartheta_g = R\omega_g$  belläliň (dolotonyň aýlanmagy zerarly emele gelen M nokadyň aýlaw tizligi).



$\frac{d\omega}{dt} = \omega$  hasap edip  $\theta_s$  ähmiýetini özüne goýun birnäçe öwrülüşikden soň alarys

$$\theta_{\theta} = \theta_g - \frac{r\omega}{R} [x \cos\alpha \sin(\varphi_H - \varphi) + y \cos(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 42})$$

Indi ölçegsiz ululyga geçeliň, onuň üçin deňlemäniň iki tarapyny hem  $\theta_g$  bölegiň. Şonda

$$\theta_{\theta 0} = \frac{\theta_{\theta}}{\theta_g} = 1 - \frac{ri}{R^2} [x \cos\alpha \sin(\varphi_H - \varphi) + y \cos(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 43})$$

Aýratyn ýagdaýda haçanda  $\varphi = \varphi_H$ , onda  $R = R_b$ ,  $y = c + r \cos\alpha$ . Şonda

$$\theta_{\theta 0} = 1 - \frac{ri}{R_b^2} (c + r \cos\alpha) \quad (\text{VIII. 44})$$

Eger  $R = 0$ , onda deň-ä (VIII. 44)  $c + r \cos\alpha = R_b$ . onda

$$\theta_{\theta 0} = 1 - \frac{ri}{R_b} \quad (\text{VIII. 45})$$

Tangensial süýşmäň ölçegsiz tizligini şaroşkanyň aýlaw tizliginiň böleklerinde hem hasaplamak mümkin (şaroşkaň aýlawy  $\theta = i\omega_g r$  deň bolanda)

$$\theta'_{\theta 0} = \frac{\theta_{\theta}}{\theta} = \frac{R}{ir} - \frac{1}{R} [x \cos\alpha \sin(\varphi_H - \varphi) + y \cos(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 46})$$

Haçanda  $\varphi = \varphi_H$  bolanda aýratyn ýagdaý üçin

$$\theta'_{\theta 0} = \frac{R_b}{ir} - \frac{c + r \cos\alpha}{R_b} \quad (\text{VIII. 47})$$

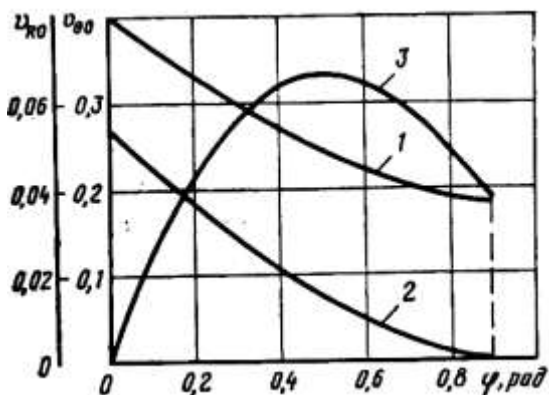
haçanda  $\varphi = \omega_H$ ,  $R = 0$

$$\theta'_{\theta 0} = \frac{R_b}{ir} - 1 \quad (\text{VIII. 48})$$

Deňleme (VIII. 45) we (VIII. 48) udel süýşmek diýip at berilen görkezijileri hasaplamaga (60)-yň berýän maslahatyna gabat gelýär.

Suratda 76 5K-214SG dolotyň şaroşkasynyň kalibrlenýän töwereginde ýatan nokatda  $\vartheta_0$  0-yň  $\varphi$  baglylygynyň grafigi görkezilen. Burç  $\varphi=0$ -dan  $\varphi_H=\varphi_0$  çenli üýtgeýär, ýagny özara täsiriň başlangyjy diýip ellipsiň galtaşma momenti we töweregi aýlanyp geçmek alynýar. Moment  $\varphi=\varphi_H=0,892$  rad dişiň dik ýagdaýyna gabat gelýär. Surat 76 – berlişi ýaly  $\varphi$  ulaldygyna  $\varphi_0$  0 kiçelýär we dik ýagdaýda minimal ýagdaýa eýe bolýar. birinji şaroşkaň şlçegsiz tizligi başlangyç moment 0,4 töweregi, özara täsiriň ahyrynda bolsa 0,2 töweregi (dolotonyň aýlaw tizligine garanyňda) bolýar. Hatda dik ýagdaýda  $\vartheta_0=0$ , bolanda süýşmegiň otnositel tizligi özara täsiriň başynda 0,27 (ser. surat. 76 egri çyzyk 2) bolýar. Guýyň düýbine görä “M” nokadyň radial hereketiniň tizligi

$$\vartheta_R = \frac{dR}{dt} \quad (\text{VIII. 49})$$



**Surat 76.  $V_{00}$  we  $V_{R0}$ ,  $\vartheta$ -nyň bagly grafigi**

1- $V_{00}$ -dan  $\vartheta$  i=1.208; 2-  $V_{00}$  i=1.478; 3- $V_{R0}$ -dan  $\vartheta$  i=1.208

Koordinatyň bahalaryny goýup we gerekli ýerini çalyşmalary geçirip, alarys

$$\vartheta_R = \frac{r\omega}{R} [x \cos(\varphi_H - \varphi) - y \cos \alpha \sin(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 50})$$

Deňleme (VIII. 50) belli bolşy ýaly süýşmegiň radial tizligi şaroşkanyň aýlaw tizligine we özara täsiriň burçuna bagly. Süýşmegiň radial ölçegsiz tizligi dolotonyň aýlaw tizliginiň böleginde deňdir:

$$\vartheta_{R0} = \frac{\vartheta_R}{\vartheta_g} = \frac{ir}{R^2} [x \cos(\varphi_H - \varphi) - y \cos \alpha \sin(\varphi_H - \varphi)] \quad (\text{VIII. 51})$$

Eger  $\varphi = \varphi_H$ , onda  $x=R$ ,  $R=R_b$  onda

$$\vartheta_{R0} = \frac{irR}{R_b^2} \quad (\text{VIII. 52})$$

$R_{b/r}=i$  bolan ýagdaýynda deň-ä (VIII. 52)b şu görnüşde bolar:

$$\vartheta_{R0}=R/R_b \quad (\text{VIII. 53})$$

5K-214SG dolotanyň birinji şaroşkasynyň kalibrlen tegeleginde ýatan nokat üçin  $\vartheta_{R0}$ -yň  $\varphi$  baglylygynyň grafigi surat 76 görkezilen. Suratdan görnüşi ýaly  $\varphi$  ulaldygyça  $\vartheta_{R0}$  ilki başda maksimal derejä çenli ýokarlanýar soňra bolsa formula (VIII. 52) kesgitleýän ululyga çenli peselýär. gyraky şaroşkalaryň ölçegsiz süýşmek tizliginiň ululyklary (VIII. 44) we (VIII. 52) deňlemeler boýunça hasaplanan tablisa № 33 getirilen.

Şol tablisadan görnüşi ýaly süýşmek tizligi iň ýokarys ýumşak jynslara niýetlenen dolotolarda, iň pesi bolsa gaty jynslara niýetlenen dolotolarda özara täsiriň möhüm kinematiki görnüşi bolup  $\varphi_H$  başlangyç burç we ellipsa galtaşma nokadyna gabat gelýän  $\varphi_0$  burçy (otnositel hereketde M nokadyň traýektorýasy) bolýar.

Egerde dişiň çişýän üýüňlугy  $\delta_{\max}$  belli bolsa, onda  $\varphi_H$ -i (VIII. 39) deňlemeden tapmak mümkin; haçanda  $\varphi = \varphi_H$ ;  $L_z = \delta_{\max}$ . Şonda

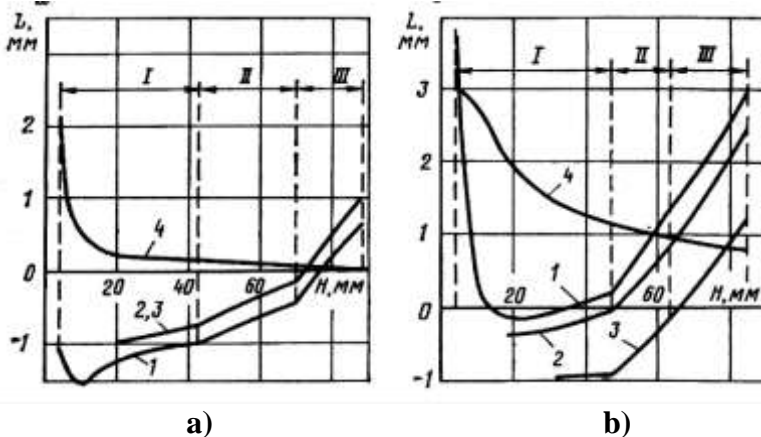
$$\varphi_H = \arccos \left( 1 - \frac{\delta_{\max}}{r \sin \alpha} \right) \quad (\text{VIII. 54})$$

Ýagdaýda düýp aňrybaş ýylmanan, şonuň üçin  $\delta_{\max}$  tötänleýin häsiýete eýedir. Eger düýp aňrybaş tekiz bolanda

$$\delta_{\max} = \delta_0 / m \quad (\text{VIII. 55})$$

$\delta_0$  – dolotanyň bir aýlawynda geçilen çuňluk;  $m$ - seredilýän tegelekleyin düýbe täsir edýän halkalaryň sany.

Süýşmegi şaroşkanyň beýikligine  $H$  paýlamanmagyny 2K-214T we 5K-214SG dolotolaryň mysalynda seredeliň. Bu dolotolar kinematiki we geometriki häsiýetleri boýunça biri-birinden düýpli tapawutlanýarlar (suratlar 75 we 77) tablisa 33.



**Surat 77. Dolotanyň şaroşkasynyň ululygy boýunça tangensiýal 1.2.3 we radiýal 4 bölünişiniň grafigi 2K-214T (a) we 5K-214SG (b)  $\delta_{\max} = 1\text{mm}$**

Surat 77 görnüşine görä süýşmegiň beýiklik boýunça paýlanyşy şaroşkalarda birmeňzeş däl. Iň köpi modulyň tangensial süýşmäň ähmiýetini birinji şaroşkaň depesi we ikinji

goşmaça şaroşkaň esasy alýar. 2K-214T doloto üçin şaroşkaň gyraky halkalaryndan başga ýerine otrisatel süýşme häsiýetlidir. 5K-214SG dolotosy üçin položitel süýşme häsiýetlidir.

Surat 77 görnüşi ýaly paýlanmagyň egri çyzygy (şaroşkaň beýikligine) meňzeşdirler. Ýöne olar biri-birine garanynda gapdala süýşen ýagdaýda bolýarlar. Bu gapdala süýşme hereket gatnaşygynyň dürlüligi bilen düşündirilýär. Radial süýşme iň ýokary ähmiýete şaroşkaň depesinde eýe bolýar, soňra “H” ulalmagy bilen ilki örän çalt, soňra haýalrak peselme bilen bolýar. 2K-214T doloto üçin birinji şaroşkaň birinji halkasynda ululygy boýunça tangensial süýşmä gabat gelýär, galan halkalar üçin tangensial süýşmeden ep-esli pes bolýar. 5K-214SG (surat 77b) doloto üçin radial süýşme esasy we birinji goşmaça konusyň çäginde tangensial süýşmeden uludyr. Ikinji goşmaça konusyň çäginde tangensial süýşmeden pes hem bolsa, ol örän ähmiýetli bolup dolotanyň işiniň barlagynda hökmany nazarda tutulmalydyr.

Surat 77 görä abraziw iýilme nukdaý nazaryndan birinji we gyraky halkalar (şaroşkaň) amatsyz şertlerde işleýär. Enjamlaryň uçlary düýpde worotnigi owratmagy amala aşyrýarlar, ters konusyň üsti bolsa (çetki dişleriň daşky uçlary) guýynyň diwaryny frezerleýärler (gyrýarlar). Doloto öz geometrik okunyň daşyndan aýlananda frezerlemek  $\varphi_H = \varphi_0$  momentde başlaýar,  $\varphi = \varphi_0$  momente baranda bolsa gutarýar. Şonda ikinji goşmaça we ters konusyň kesişme nokady iň agyr şertde bolýar, ýagny şaroşkaň çetki nokatlary. Bu nokatlaryň süýşmeginiň ululyklary tablisa № 34 berilen.

**Tablisa 34**

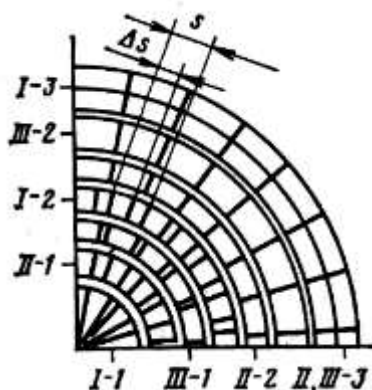
**T we S görnüşli dolotanyň süýkelme nokadynyň ululygy**

Dolotanyň görnüşü	$\varphi_0$ , rad	$L_z$ , mm	$L_R$ , mm	L <sub>0</sub> , mm şaroşka boýunça		
				I	II	III
2K-214T	0,320	2,64	0,032	1,24	1,86	1,27
5K-214SG	0,892	21,98	3,94	21,04	18,78	13,17

Görnüşü ýaly elementleriň dik süýşmeginiň ululygy (diwara görä), tangensial süýşmäň ululygyndan ep-esli ulydyr. “T” tipli dolotaň radial süýşmesi onçakly uly bolmany üçin barlaglarda hasaba alynmaýar. Şeýlelikde tangensial we radial süýşmeleriniň beýiklik boýunça paýlanyşy şaroşkalarda birmeňzeş däl, ýagny iň uly süýşme şaroşkaň çetki kesimlerinde, ýagny birinji we çetki halkalarda bolýar, özem çetki halkalar üçin položitel, birinji halkalarda bolsa otrisatel tangensial süýşme bolýar, şaroşkalaryň oklarynyň süýşmegi (gabatgelmezligi) položitel we otrisatel tangensial süýşmäň gatnaşygyny üýtgeýär we ony položitel süýşmek tarapyna köpeldýär radial süýşme hem köpeliýär. (şaroşkaň bütin beýikligine) we ters konusyň guýyň diwaryna garanyňda dik süýşmesi hem ulalýar.

### **§5. Owradyjy-goparyjy synpa degişli dolotolar bilen dag jynsy owradylanda onuň dinamikasy**

Şaroşkaň elementleri dag jynsyna aram-aram şaroşkaň aýlaw ýygylgyna deň bolan ýygylkda täsir edýärler. Guýynyň düýbine täsir etmek (düýpdäki jynslary owratmak) şekili şaroşka hereketiň geçiş gatnaşygyna baglydyr. 1B-190T dolotonyň iki aýlawda düýbi goparmagynyň şekili surat 78 görkezilen.



**Surat 78. Dolotanyň dişleriniň guýynye yzygiderli degmeginiň şekili 1B-190T birinji geçişde-ýasy çyzyk, ikinji geçişde-galyň çyzyk**

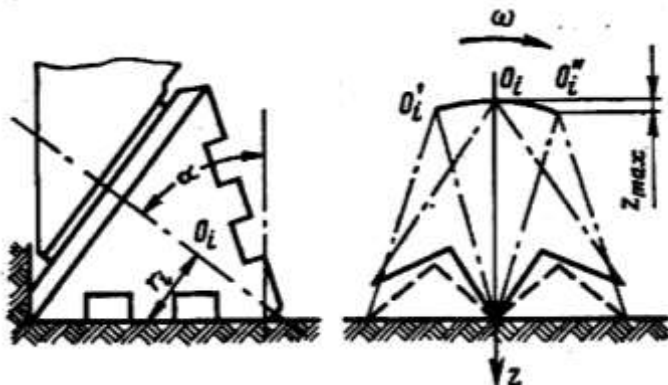
Surat 78 görnüşi ýaly halkalar (dişler) birinji gezek aýlananda (geçende) düýbi “S” ädim aralygynda, ýagny dişleriň özleriniň halkada oturyş aradaşlygyna golaýrak ädimde goparýarlar. Ikinji gezek geçeninde halkalaryň birnäçesi çetki halkalaryň düýpde goýan zolagy bilen özara täsir edýän nokatlaryny goparýar, Halkalaryň ýene birnäçesi bolsa düýbi  $\Delta S$  ädime gapdala süýşip düýbi goparýar. Ädim boýunça gapdala süýşmäni dolotanyň aýlaw ugry boýunça ölçäris.  $S_0 = \Delta S / S$  diýip belläris we ony ädim boýunça otnositel gapdala süýşme diýip atlandyrarys.  $S_0$  ululygy 0 dan 1 çenli üýtgeýär.  $S_0$ -da 0 we 1 deň bolanda düýp yzyň üstünden yz bolup (sled w sled) düýbi goparýar, ýagny enjamlar zolaklar boýunça işleýärler.

Dişiň yzlary dolotoň bir radiusynda ýatmaýar. Bu diýmek her wagtda düýp bilen dişler dürli özara täsir ýagdaýynda bolýarlar, ýagny bir diş düýbe çümek ýagdaýynda, bir diş jynsdan çykan ýagdaýynda bolýar diýmek. 1B-190T dolotaň korpusynyň düýpden aýlanýan wagty dikligine süýşmegine üç ýagdaýda seredeliň.

1) dolotoň birgezek aýlanany 0 deň (nola deň)

2) doloto gymyldaman durýar, onuň aýlanma oky guýýň düýbine perpendikulýar

3) doloto we şaroşkalar deň birsydyrgyn aýlanýar, şaroşkalaryň aýlaw ýygylgy olaryň düýpdäki halkalara özara täsiri bilen kesgitlenýär. Hasap şekili surat 79 berilen.



**Surat 79. Dolotanyň dik ýerleşmesiniň kesgitlenmesiniň şekiliniň hasaby**

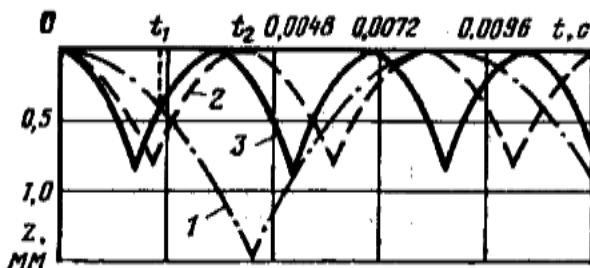
Sanfas okunda ýatan  $O_i$  nokadyň hereketiniň traýektoríasyny guralýň. Hasaplam başy edip dişiň dik ýagdaýyny alalyň, şonda

$$z_i = r_i(1 - \cos \omega_j t) \sin \alpha \quad (\text{VIII. 56})$$

$z_i$  – i-halkanyň aýlanma onunyň dik süýşmesi;  $r_i$  – i-halkanyň radiusy;  $\omega_j$  – i-şaroşkaň burç aýlanma tizligi t-wagt.

Indi birinji şaroşkaň hemme halkalary üçin “ $O_i$ ” nokadyň traýektoríasyny hasaplalyň hemme halkalaryň dişleri bir emele getirijide ýatan momentini hasaplamaň başy diýip kabul edip olary ýerleşdireliň süýşmegiň we hasaplamagyň netijesi surat 80. “ $O_i$ ” nokatlar dolotaň korpusyna degişli bolansoňlar, dolotaň korpusy hem nokatlaryň etýän hereketini gaýtalaýar.





**Surat 80. 1B-190T dolotanyň birinji şaroşkasy üçin  $z$  okdan  $t$  oka baglylygy  $n=10$  aýl/sek**

Surat 80 görnüşine görä şaroşka aýlanyp başlanda halkaň dişine 1 daýanýar. “ $t$ ” wagtyň momentinde düýp bilen çetki halkaň dişi köptakta 3 girýär we  $t_2$  wagta çenli şaroşka şol dişe daýanýar.  $t_1$  wagtyň momentinde halkaň dişi 2 kontakta girýär we ş.m. Şu ýerden gelip çykyşyna görä dolotoň korpusynyň dikligine süýşmesi şaroşkaň hemme halka garynyň traýektoríasyny aýlanyp geçmek kanunyna esaslanýar. Şeýle hasap etmek arkaly üç şaroşkada işläp wagty dolotyň korpusynyň dikligine hereket etmek (süýşmek) kanunyna alýarys. Dişiň dürli görnüşü boýunça wagtyň başlanýan momentinde daşyndan aýlanyp geçýän egri çyzyklaryň birnäçesi gurulan. Şu egrileriň analizi olaryň statiki taýdan durnuklylygyny görkezýär.

Korpusyň süýşmeginiň ýygylgy 1 aýlawda 75 yrgylda gabat gelýär we dolotonyň ortaça aýlaw burçy  $\varphi_g=0,084$  rada gabat gelýär.

Dik yrgyldynyň maksimal amplitudasy 0,12mm (amplituda -  $A$  we  $B$  aralygyň; yrgyldynyň uzynlygy). Eger-de şaroşkalarda hemme dişler bir emele getiriji çyzykda ýerleşdirilen bolsady, onda her bir halkaň traýektoríasy (geçýän ýoly) çetki dişleriň traýektoríasyna gabat gelderdi. Şonda yrgyldynyň ýygylgy bir aýlawda 30, amplitudasy bolsa – 0,92mm bolardy. Şunlukda dişleriň dürli ýagdaýda

ýerleşdirilmegi dolotanyň dikligine yrçyldamagyny ep-esli peseltýär.

Alynan bahalary ulanyp 1B-190T dolotonyň dişine düşýän güýjiň ýygylgynyň üýtgemek häsiýetine seredeliň.

$P_i$  – birligine deň diýip

$$P_i = \frac{G}{\sum L_i} \text{ kabul edeliň} \quad (\text{VIII. 57})$$

$G$  – dolota düşýän agram (statiki);  $\sum L_i$  – her şaroşkaň her halkasyndan bir dişiň uzynlygynyň jemi.

Soňra käbir dişleriň düýbe amatly duran wagtynda dag jynsy bilen galtaşan dişleriň umumy uzynlygynyň  $\sum L_i$  yzygiderlilikde hasaplaýarys. Şonda – seretýän dişil.. dik (ýokaryk) ýagdaýynda dolotynyň  $\pm 0,042$  radiýus aýlanan çäginde hemme dişler amatly ýagdaýy eýeläp guýynyň düýbi bilen kontaktlaşan diýip hasap edýäris. Şonda hasaplanýan güýjiň ýygylgy bolar:

$$P'_i = \frac{G}{\sum L'_i} \quad (\text{VIII. 58})$$

Gatnaşyklary belläliň:

$$\frac{P'_i}{P_i} = \frac{G \sum L_i}{\sum L'_i G} = \frac{\sum L_i}{\sum L'_i} = P_{i0} \quad (\text{VIII. 59})$$

we bulary güýjiň otnositel ýygylgy diýip atlandyralyň. (VIII. 59) gelip çykyşyna görä şaroşkalarda dişleri bir emele getiriji çyzykda ýerleşdirseň onda  $P_{i0}=1$ .

Hakykatda bolsa dolotolarda düýp bilen köp sanly dişleriň galtaşýan bolmagy mümkin. Şonuň üçin bu meseläni mundan beýläk statistiki diýip hasaplaýarys. Tablisa 35-de güýjiň otnositel ýygylgynyň  $\overline{P_{i0}}$ -nyň ortaça bahasynda we ortaça kwadrat goşarmagyň  $S_p$  ýagdaýynda üýtgemeginiň hasaby berilen. (tablisa № 35).

1B-190T dolotanyň şaroşkasynyň agramnyň yzygiderli statistiki häsiýetnamasy

**Tablisa 35**

Şaroşka	Halka	Diapozonyň üýtgemegi $P_{i0}$	$P_{i0}$	$S_p$	$k_s$
I	1	1,27-3,15	3,3	0,87	1,0
	2	1,27-11,80			3,6
	3	1,34-4,67			1,4
II	1	1,27-5,85			1,8
	2,3	1,27-4,72			1,5
III	1	1,27-3,37			1,0
	2,3	1,27-4,72			1,5

Görnüşine görä hemme dişlere güýjiň otnositel ýygylgy giň çäklerde üýtgäp durýar, ýöne elmydama 1(birden) uly bolýar.  $P_{i0 \max} = R$  bolanda dolotaň enjamlaryna düşýän statiki güýjiň bolmaly çäginde ýokarydygyny aňladýar. “ $R_c$ ” hasabatynyň netijesi hem tablisa 35 görkezilen. Dişlere düşýän bolmaly çäginde ýokary güýç (agram) diňe halkalar boýunça däl, hatda bir halkanyň uzynlygynda hem dürli-dürli bolýar, şol artykmaç güýç (agram) hem dişleriň döwürmegini getirýär. Ýerine ýetirilen barlaglar deňleme (VIII. 2) diňe hemme halkalardaky dişleriň sany deň bolanda we olaryň hemmesi bir emele getiriji çyzykda ýerleşdirilendäki ýagdaýyna laýykdyr. Umumy ýagdaýda bu deňleme şu görnüşde bolar:

$$P_i = P_{i0} \frac{G}{\eta R_g}$$

Takmynan hasaplamak üçin kabul edýäris, ýagny

$$P_i = \overline{P_{i0}} \frac{G}{\eta R_g} \quad (\text{VIII. 60})$$

Şaroşkanyň yrgyldaýan hadysasynda wagt boýunça üýtgäp durýan güýçleriň ýygylgy düýp boýunça jynsnyň birmeňzeş owranmazlygyna getirýär. Mysal üçin, 1B-190T doloto üçin bu yrgyldy dolotanyň korpusynyň 1 aýlawda 28 gezek yrgyldamagyna getirmegi mümkin. Mundan başgada şaroşkalaryň sanyna deň yrgyldy ýygylgy döremegi mümkin. Bu yrgyldylar düýp owradylanda beýiklikleriň we çukurlyklaryň döremegine getirip dik yrgyldynyň iň ýokary derejä ýetenligini häsiýetlendirýär. Şonda döreýän dinamiki güýçler buraw enjamynyň ýa-da dolotanyň döwürlemegini sebäp bolmagy mümkin.

Şeýlelikde owradyjy-goparyjy synpa degişli dolotalar guýyň düýbinde işlände bir näçe amatsyz şertleri başyndan geçirýärler

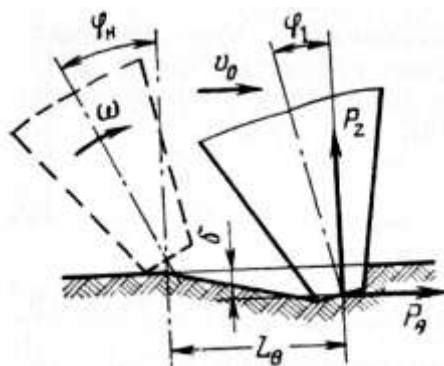
1) şaroşkalaryň dişlidigi zerarly: uly ýygylgy

2) ortaça ýygylgy – düýp bilen galtaşýan wagty dişleriň ýeri üýtgände

3) pes ýygylgy – düýpde bütür-südürlük dörende.

Dolotanyň dag jynsy bilen özara täsiriniň meselelerini analitiki çözmek örän kyn. Çözüdiň birnäçe usullary berilen. Esasy üns eksperimental barlaglara berilýär. Şeýle barlaglaryň esasy görkezijilerini seredip geçeliň.

Dolotonyň aýry-aýry enjamlarynyň dag jynsy bilen özara täsirini awtorlar B.N. Truşkin bilen bile AH-4 enjamynda bir diş bilen burawlamak şekili boýunça ýerine ýetirdiler (surat 81).



**Surat 81. Gurnalan dolotanyň ýargynyň elementleriniň işiniň şekili AI-4**

Barlagyň şekili surat 81 görkezilýär. Synagyň dowamynda: dişe düşýän adaty güýç, dişiň berkidilen halkasynaň aýlaw okuna düşýän otnositel aýlaw momenti, dag jynsynyň üstüne görä halkanyň aýlaw okunyň dikligine yrgyldysy (süýşmesi) we dişiň dik ýagdaýda bolmagynyň momenti ossillografda bellendi. (VIII. 48) deňleme boýunça hasaplanan tangensial süýşme talap edildi. Synag halkanyň  $\omega=89$  rad/s aýlaw tizliginde suw bilen ýuwmak arkaly geçirildi. Önümçilik hem eksperimental netijeler umumylaşdyrylanda we analiz edilende güýçleriň hakyky ululyklaryny dälde ölçegsiz ölçeglerini ulanmak oňaýly bolýar. şeýle parametr bolup (VIII. 11), (VIII. 18) we (VIII. 20) deňlemelere girýän “ $\alpha$ ” koeffisiýenti bolup biler, egerde ony dag jynsynda aňryçäk ýagdaýyň döremegi bilen baglanyşykly kesgitlemesiň. Şeýle bolanda enjamlaryň iş düzgüniniň ölçegsiz görnüşleri bolan “ $\alpha$ ”-ny kesgitlemegiň deňlemeleri:

$$\alpha_k = \frac{P_i}{bP_0};$$

$$\alpha_s = \frac{P_i C}{\pi R P_0^2};$$

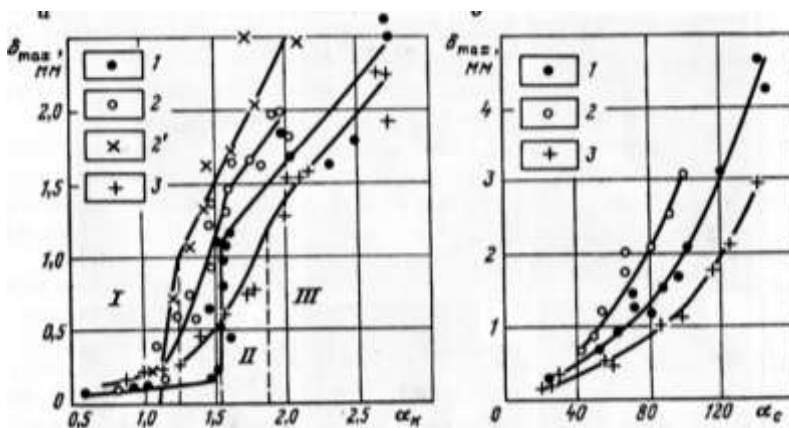
$$\alpha_c = \frac{6P_i d C^2}{\pi^3 R_c^2 P_0^3}$$

Indeks “k” – kütelen çişe aňladýar; “s” – çiş görnüşli dişiň; “c” – egri görnüşli dişiň (dişiň işleýän ujy göz önünde tutulýar). AI-4 enjamda eksperimental barlaglarda

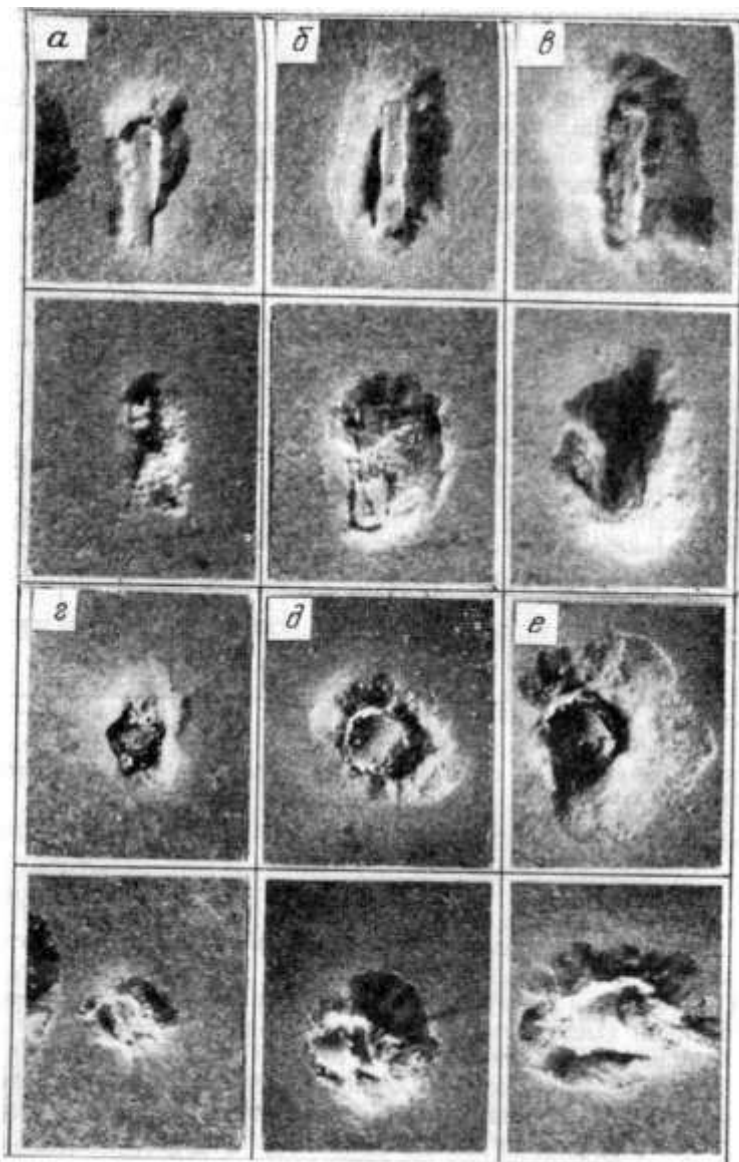
$$P_i = P_{z \max} / L \text{ ýa-da } P_i = P_{z \max} / d$$

nirede L we d – çişniň kütelen meýdanynyň uzynlygy we gaty splawly dişiň diametri.

Surat 82a  $\alpha_k$  görä  $1,5 \times 8 \text{ mm}$  iş meýdanly kütelen çişniň maksimal çümmeginiň  $\delta_{\max}$  baglylygynyň grafigi görkezilýär. Surat 83a, b, w – owranmak zonasynyň görnüşi görünýär. Surat 82a görnüşi ýaly  $\delta_{\max}$ -yň  $\alpha_k$  baglylyk grafiginde iki esasy (I we III) we (II) geçiş owranmak meýdanyny görüp bolýar.



**Surat 82.  $\delta_{\max}$  tutyjy dişleriň G-26 ( $R_s=4.5 \text{ mm}$ ) mramory owradanda baglylygy  $\alpha_k$  we  $\alpha_c$**



Surat 83. Tutyjy dişleriň G-26 (g,d,e) mramory owardanda  
 zolagyň görnüşi ýokarky setirde  $\vartheta_{00}=0$ , aşaky setirde  
 $\vartheta_{00}=0.15$

I meýdanda  $\vartheta_{00}=0$  bolanda owranmaklyk, çeyé özara täsirden jynsyň üstünde yz galmaklykdan jynsyň ýadrosynyň gysylma owranmasy bolmazdan, ýaňky galan yz boýunça gopmagyna çenli ösýär (seret surat 83a) ýagny dinamiki basmaklykda birinji görnüş owranmaklyga meňzeş. I we III oblastlaryň araçäginde  $\alpha_k=\text{const}$  eger  $\vartheta_{00}=0$  bolanda port owranmaklygyň birden geçmesi bolup geçýär. Şunda gysylmaň ýadrosy owranýar, owranma zonasynyň birinjiden ikinji forma geçmesi bolup geçýär.

III oblastda  $\alpha_k$  ulalmagy bilen  $\delta_{\max}$  ösüş tempy I garanynda ýokary. Munda ikinji forma owranmaklyk ösýär. (surat 83w).

Surat 82a görnüşi ýaly typmaklyk (skolženiýe)  $\alpha_k$  ululygyny peseltýär, owranma zonasynyň görnüşi süýşmekligiň yzyny dowam etýär (surat 83 a, b, w). Položitel süýşmeklik  $\delta_{\max}$  ulaltýar, otrisatel süýşmeklik -  $\delta_{\max}$  III oblastda kiçeltýär.

(surat 82b) egri görnüşli dişiň  $\delta_{\max}$   $\alpha_C$  baglylygy, surat 83g, d, e-de mramoryň owranmagynyň zonalarynyň görnüşi berilen.

Surat 82b egri görnüşli dişte  $\delta_{\max}$   $\alpha_C$  köp görnüşli baglylyk bilen häsiýetlenýär. Diňe ossillogrammyň  $P_2$  analiz edilende jynsyň owranmak oblastyny saýlap alyp bolýar. Geliň  $\vartheta'_{0j}=0$  bolanda owranmagyň bolup geçişine seredeliň. Owranmagyň birinji görnüşi ýadra owranmazdan tegelekleyşi gopmak görnüşinde (surat 83g)  $\alpha_C$  sähelçe ululygynda bolup geçýär we  $\alpha_C \approx 50$  çenli dowam edýär. Birinji görnüşden ikinji görnüşe geçmeklik  $50 < \alpha_C < 80$  aralygynda bolýar (surat 83d). Soňra ikinji görnüş dowam edýär we ş.m. Položitel süýşmeklik edil kütelen çiş bilen jyns owradylandaky ýaly  $\delta_{\max}$  ýokarlandyryýar (surat 82b)  $\vartheta''_{00} \neq 0$ -da owranma zonasy süýşmek owranmasynyň alamatlaryna meňzeýär.

Jynsyň gapdallaýyn gopmagy ýaramaz bolýar. Şonuň üçin halkalarda ep-esli derejede süýşmeklik bolsada olar worotnigi (guýyň düýbündäki) ýaramaz owradýar diýip çak etmek bolar. Jynsy çiş görnüşli dişler bilen owratmaklyk



ýokarda ýazylanlardan kän bir tapawutlanmaýar, şonuň üçin olar aýratyn seredilmedi.

**Tablisa 36**

**Mramor üçin  $\alpha$  kritiki baha**

<b>Ýaragynyň elementi</b>	<b><math>\alpha_0</math></b>	<b><math>\alpha_1</math></b>	<b><math>\alpha_2</math></b>
Könelen tutyjy (klin)	1,11	1,5	2,6
Tutyjy dişi	1,37	3,0	10,0
Sfera	1,20	50,0	110,0

(VIII. 16), (VIII. 17) we (VIII. 19) deňlemeler boýunça hasaplanan  $\alpha_0$  bahalary hem-de owranmagyň birinji we ikinji görnüşleriň ýokary çäğine gabat gelýän “ $\alpha$ ”  $\vartheta''_0=0$ -daky parametriniň bahalary berilen. Tablisadan görnüşi ýaly dolotaň tipi hasaplama usuly bilen saýlanyp alynanda diňe aňryçäk ýagdaýa ýetmegiň mümkinçiligi dälde eýsem jynsnyň garaşylýan owranma görnüşini hem kesgitlemek zerurdyr. Şonuň üçin iň netijeli doloto  $G \leq G_{\max}$ -da iň ýokary owranma görnüşi üpjün edýän dolotodyr.

Dolota düşýän dinamiki güýç. Dolota düşýän oklaýyn güýjiň bir bölegi çäýe buraw enjamynyň agramy tarapynda döreýär. Doloto ýokaryk tarap hereket edeninde enjamyň bir bölegi ýokaryk galýar we gysylýar, ýagny potensial energiýanyň toplanmasy bolup geçýär. Doloto aşak tarap hereket edeninde bu energiýanyň düýbi owratmaga ulanylmagy mümkin. Enjamyň dikligine hereketi dolota düşýän oklaýyn agramy dinamiki emele getirijiligi häsiýetlendirýär. Berilen wagtda enjama düşýän güýjiň GM umumy görnüşde aşakdaky ýaly ýazyp bolar:

$$G_M = G \pm G_g \quad (\text{VIII. 61})$$

Dolota düşýän güýjiň üýtgemegi, enjamlaryň dürli iş fazalary, düýbiň birmeňzeş owranmazlygy dolotadaky momentiň üýtgäp durmagyna getirýär ýagny

$$M_M = M \pm M_g \quad (\text{VIII. 62})$$

$M_M$  – dolotodaky birden kä bolýan moment;  $M$  – dolotady ortalyk moment;  $M_g$  – dolotodaky momenti dinamiki emele getiriji.

Dolota düşýän güýjiň otnositel üýtgäp durmagyny dinamiki koeffisiýent  $R_g$  bilen häsiýetlendirmek kabul edilen.

$$R_g = G_{M \max} / G$$

Önümçilik şertlerinde dolota düşýän güýjiň ölçelmegi dinamiki koeffisiýentiň 1,7 edip bilýändigini (9) görkezdi. Dinamiki koeffisiýent dag jynsynyň gatylygy artdygyça we dişleriň ädimine hem-de dolotanyň aýlaw sanynyň artdygyça ýokarlanýar.

## **§6. Owradýjy-goparyjy synpa degişli dolotolar bilen dag jynslaryny owratmagyň energetikasy**

Dolotanyň bir aýlawynda edilýän iş: deňdir

$$A_0 = G\delta_0 + 2\pi M \quad (\text{VIII. 64})$$

$G$  – dolota düşýän oklaýyn güýç;  $\delta$  – dolotaň bir aýlawynda geçilýän çuňluk  $M$  – dolotada aýlaw momenti. Dolotodaky aýlaw momenti oklaýyn güýje, dolotaň tipine we burawlanýan jynsyň häsiýetine bagly bolýar. Momentiň oklaýyn güýje baglylygyna umumy görnüşde şeýle ýazmak bolýar:

$$M = M_0 + M_1 G + M_2 G^2 \quad (\text{VIII. 65})$$

Ýöne bu baglanyşyk aşakdaky deňleme bilen çalşyrylýar:

$$\mathbf{M}=\mathbf{M}_x+\mathbf{M}_{ud}\cdot\mathbf{G} \quad (\text{VIII. 66})$$

$M_x$  – oklaýyn güýje bagly bolmadyk, ýöne dolotaň suwuklyga we guýynyň diwaryna sürtülme zerarly dörän moment  $M_{ud}$  – dolotada udel momenti.

Dolotolary momentleri özüne kabul edijiligiň önümçilik barlaglarynyň netijeleri (68, 100) işlerde ýazylan. Aşakda üç şaroşkaly dolotaň  $n_g=680\text{ob/m}$  aýlawda  $M_x$  bahalary getirilen (toýunsow ergin bilen ýuwylan)

Diametr	190	214	243	269	295	394
dolota, mm						
$M_x$ , kHm	60-120	70-140	100-200	140-280	220-440	350-700

Dolotady udel momenti şaroşkalaryň düýp boýunça yrgyldamasyna garşylyk we dolotaň daýançlaryndaky sürtülme bilen kesgitlenýär. Dolotanyň aýlaw sanynyň ýokarlanmagy bilen  $M_{ud}$  peselmegi ýüze çykýar, has hem beter 400 ob/m çenli. Ondan soň  $M_{ud}$  hemişelik diýen ýaly üýtgemän durýar. Dagjynsynyň gatylygynyň artmagy bilen hem  $M_{ud}$  peselýär, hasam gatylygy şamp boýunça 1000-1500MPa bolanda  $M_{ud}$  peselmegi has hem artýar.  $M_{ud}$  dolotaň tipine baglylygy olaryň dürli ýerlerde ulanylýanlygy hem-de dolotolaryň dürli goparyjylyk häsiýetlerine bagly bolýar. Tipler boýunça momenti kabul edijilik takmynan

$$\mathbf{M:S:T:K=1:0,8:0,6:0,5}$$

(100) görkezmegine görä  $M_{ud}$  dolotaň diametrine göni proporsional. Ýokary aýlawly burawlamakda takmynan hasaplamalar geçirmek üçin  $M_{ud}$  bahalaryny tablisada 37 alyp bolar.

Tablisa 37

Dolotanyň görnüşi	Dolotanyň diametriniň ortaça bahasy Mud (N m/kN), mm				
	190	214	243	269	295
M	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
S	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
ST	5,5	6,3	7,1	7,8	8,7
T	5,0	5,7	6,5	7,2	8,0
K	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4

Dag jynsy owradylanda enjamlaryň energiýany harç edişi awtorlar S.W. Filinowiç bilen öwrendiler. Onuň şekili surat 81 berilen.

$A_1$  dişiň dag jynsy bilen özara täsirini, adaty  $A_z$  we tangensial emele getirijiniň  $A_\theta$  jemi hökmünde kesgitlenilýär

$$A_z = \int P_z(\delta) d\delta \quad (\text{VIII. 67})$$

$$A_\theta = \int P_\theta(L_\theta) dL \quad (\text{VIII. 68})$$

Bu integral trapesiýa kadasy boýunça san usuly arkaly hasaplanýar [74]:

$$A = \sum_{i=1}^{n-1} A_j$$

(j=1, 2, 3..., n-1, n)

$A_j$  elementar işini onuň bolup geçen wagtyna bolup, berilen wagat bölegindäki kuwwatyny taparys:

$$N_j = \frac{A_j}{t_j + 1 - t_j}$$

$N_j$  – kuwwaty şu görnüşde bereris:

$$N_j = N_{jz} + N_{j\theta} \quad (\text{VIII. 69})$$

Şonda hasaplamanyň netijelerini N-iň  $\varphi$ , baglylyk grafigi görnüşinde ýa-da  $\varphi_1$  we  $t$  göni bagly bolansoň N-iň  $t$  wagta baglylyk grafigi görnüşinde bermek amatlydyr. Şol ýagdaýda grafigiň ordinaty – dişiň harçlaýan birdenkä kuwwaty, grafigiň meýdany bolsa dişiň bitirýän işine proporsional bolýar. Energiýanyň harçlanýş hadysasyny ýokary aýlawly burawlamak usulynda küteldilen diş bilen mramory owratmagyň mysalynda seredeliň ( $\omega=89\text{c}^{-1}$ ). Barlag hakynda maglumat tablisa № 38 we N-iň  $\varphi_1$  baglylyk grafigi surat 84 berilen.

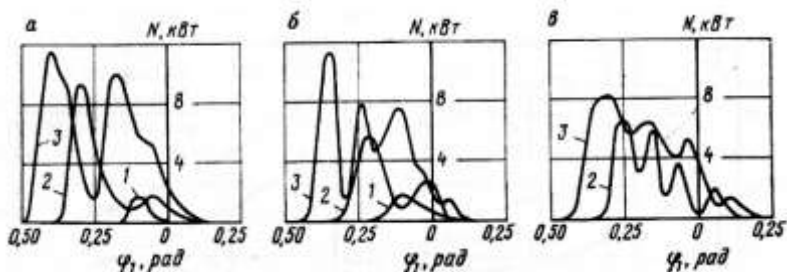
**Tablisa 38**

**Owranan mramoryň esasy häsiýetnamasy**

$v'_{\theta_0}$	<b>-0,15</b>			<b>0</b>			<b>+0,30</b>	
<b>surat 84 boýunça</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$\alpha_k$	1,17	1,97	2,46	1,17	1,73	2,54	1,29	1,72
<b>A<sub>1</sub>, Dž</b>	2,6	11,4	27,4	1,0	10,4	39,5	14,1	29,8

Tablisa 38-i we surat 82a deňeşdirilende dag jynsynyň owranmagynyň üç meýdany öwrenmek üçin (barlag) alynan.

Surat 84 görünyär, ýagny özara täsiriň başynda harçlanýan kuwwatlyk çalt ösýär, maksimuma ýetirýär we soňra peselýär. I meýdan owranmada (surat 84a, w egri çyzyk 1) peselme kuwwaty köp dürli, II meýdanda peselme şahasynda  $\vartheta'_{\theta_0}=0$  bolanda ikinji maksimum ýüze çykýar we birinjä garaňda çalt ulalýar (surat 84a egri 2 we 3).



**Surat 84. Mramory owratmak üçin özratäsirli burçunyň köpdürli baglylygy**

Süýşmekligiň barlygy üçin (surat 84b we w) owranmagyň geçiş we III meýdanda kuwwatlygyň peselmeginiň şahasynda birnäçe peseliş maksimumlary bolup geçýär. Bu maksimumlar jynsyň owranmagynyň ikinji görnüşiniň dowam edýänligini görkezmän eýsem tangensial güýjiň (süýşmek) täsiri astynda jynsyň gopmagyny hem görkezýär.

Dişiň dik ýagdaýa ýetmezinden ön energiýanyň köp bölegini (90%) harç edýänligini ölçegler görkezdi. Soňky ýagdaý dişiň T jyns bilen özara täsiri aktiw wagtyňy kesgitlemek üçin ýokary aýlawly burawlamakda aşakdaky deňlemäni maslahat berýär

$$Ta = \frac{\varphi_H}{\omega} \quad (\text{VIII. 70})$$

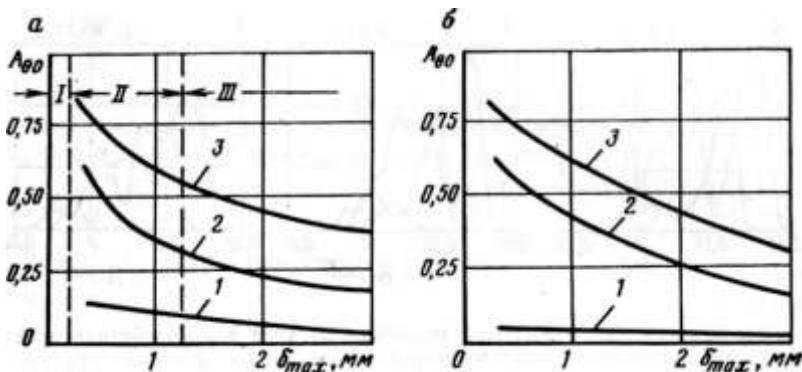
$\varphi_H$  – özara täsiriň başlangyç burçy

Gaty splawly G-25 we G-26 deňlemäni dişleriň energiýa harçy barlananda uly ara tapawut tapylmady.

Tangensial güýjiň işini ölçegsiz görnüşe getireliň:

$$A_{\theta 0} = A_{\theta} / A_1$$

G-26 deňlemeli dişiň ( $R_C=4,5\text{mm}$ ) we küteldilen çişň mramory owradanda  $A_{\theta 0}$ -yň  $\delta_{\max}$  baglylyk grafigi surat 85 berilen.



**Surat 85.** Mramory owratmak üçin  $A_{00}$  dan  $\delta_{\max}$  baglylygy  
a-Könelen tutyjy, b-dişi G-26 ( $R_s=4.5\text{mm}$ )

Görnüş i ýaly tangensial güýçleriň otnositel işi ep-esli bölegi tutýar. Ol süýşmegiň ulalmagy bilen ösýär we owranmagyň çuňalmagy bilen peselýär. Küteldilen çiş üçin peselmegiň iň ýokarysy  $A_{00}$  birden port owranmak bilen aňladylýar.  $\vartheta'_{00}=0$  bolanda dişiň dik ýagdaýa öwrülýän hadysasynda süýşmeklik hem uly  $A_{00}$  bilen baglanyşykly bolýar (küteldilen çişde işlenende 0,15 çenli, G-26 dişde 0,05 çenli).

(VIII. 67) görnüşine görä eger-de  $\delta_{\max} \rightarrow 0$ , onda  $A_z \rightarrow 0$ , şonda  $A_0 \rightarrow A$ ;  $A_{00} \rightarrow 1$ . Dolotonyň esasy tipleri üçin hasaby tablisa № 39 berilen.

**Tablisa 39**

**$A_{00}$  şaroşkaly dolota üçin ululyk**

Dolotanyň görnüş i	Owranan dag jynslarynyň meýdany	$A_{00}$
G	I, II	0,40-0,80
O	II, III	0,30-0,60
Ýu	III we ýokarky	0,20-0,40

Tablisa 39 görünmegine görä  $A_{00}$  ululygy T tipli doloto üçin iň uly, M tipli doloto üçin iň kiçi. Bu bahalar –dolotolar öz tiplerine gabat gelýän gatylykdaky dag jynslary burawlananda ulansoň gabat gelýär.

## **§ 7. Owradýjy-goparyjy synpa degişli dolotolaryň enjamlary üçin geometriki görnüşleri saýlamagyň düşüňjeleri**

Dolotanyň enjamlary üçin esasy geometriki görnüş bolup: (surat 69 we 71) dolotaň okuna şaroşkaň okunyň ýapgytlyk burçy  $\alpha$ ; şaroşkaň radiusy “r”; şaroşkaň okunyň gyşyk ýerleşmegi “R” (şaroşkaň merkezinde däl-de azajyk gapdalda edilligi); esasy konusyň depesinde bolandaky ýagdaýynda emele gelýän burç  $2j_3$ ; halkada dişleriň ädimi S (iki dişiň arasy); depede bolan ýagdaýyndaky burç  $2\gamma$ ; dişiň beýikligi  $h_0$  we esasy konusyň depesiniň dolotaň okundan çykýan beýikligi f.

Şaroşkalaryň okunyň ýapgytlyk burçuny we onuň radiusyny – şaroşkalary oturtmak üçin düýbiň töweregindäki zonaň göwrümini netijeli peýdalanmak we olaryň guýyň içinde amatly oturyş ona görä saýlaýarlar. Mesele – guýyň şaroşka oturdylan böleginde, guýyň diwaryna diňe bir nokatda galtaşýan mümkin boldugyç maksimal ululykda ýarym okly ellips çyzmaga syrykdyrylýar. Şonda “ $\alpha$ ” näçe uly bolsa, şaroşkaň radiusam şonça uly bolýar. Eger-de  $R=0$ , onda “ $\alpha$ ” kritiki ýagdaýdan geçmegi şaroşkaň guýyň diwaryna iki nokatda galtaşmagyna getirýär, ýagny ellips görnüş çyzmaklyk şerti bozulýar. Üç şaroşkany dolotaň şaroşkasynyň maksimal radiusy bir nokatda galtaşma şertinde  $\alpha=50^\circ$  bolanda bolýar.

Hakykatda şaroşkaň radiusy – gyraky halkalar gapdalyndaky şaroşka degmez ýaly – maksimaldan ep-esli kiçi bolýar. Häzirki wagtda minimal ýaplanma burçy  $\alpha=52^\circ$  (GOST20692-75). Şonda  $K=0$  bolanda ikiň dişiň çäginde



ellipsiň iki nokatda galtaşmagy bolmagy mümkin.  $\alpha=52^\circ$  burç şaroşkalarynyň oky gapdala süýşürilmedikler dolotolara maslahat berilýär.

Şaroşkaň okuny gapdala süýşirmek, şaroşkaň guýyň diwaryna ikinji nokatda galtaşmazlygyny üpjün edýär we “ $\alpha$ ” burçy ulaltýar. Häzirki dolotolarda “ $\alpha$ ”  $57^\circ30'$  geçmeýär. Şaroşkaň okuny süýşirmek dolotaň aýlanýan ugruna tarap bolýar (surat 69) “T” tipli we TKZ hem K tipli dolotolarda soňky döwürde çenli oklary süýşürmek göz önünde tutulmakda. Täze dolotolarda süýşürmeklik 0,5-1,0mm bolýar. In uly ony süýşirmeklik M tipli dolotoda (8-10mm çenli). Şu güne çenli ulanylýan  $\alpha$ ,  $R_g$ ,  $r$  we  $R$  ululyklaryny gatnaşyklary tablisa 33 berilýär.

Belläp geçmeli zat parametr  $r_0=r/R_g$  näçe uly bolsa şonçada şaroşkaň göwrümi uly bolýar we dolota kämil bolýar. Bu görkezijiň in ýokary bahasy 113-190T we 5K-214SG dolotolaryndadyr (tablisa 33). Olar öz tipleriniň arasynda burawlamak üçin in gowy dolotolar hasaplanýar. Esasy konusyň depesindäki burç  $2\beta$  (surat 69) şaroşkaň maksimal göwrümi almagy şertinden kesgitlenýär we dişe  $\delta$  burça bagly bolýar [60].

$\alpha$ , gradus –	50-00	51-00	52-00	54-00	55-00	57-30
min						
$2\beta$ , gradus –	83-00	84-30	86-00	89-00	90-00	94-00
min						

Şaroşkaň goşmaça konusynyň depesindäki burçy konstruksiýa taýdan saýlap alýarlar, olar esasy konusdan şaroşkaň çetki halkalary ýerleşdirilen soňky goşmaça konusyna bir sydyrgyn geçmäni üpjün etmelidir. Halkada dişleriň ädimi-jynsa dişleriň näçe çuňluga girmegine garaşylýan bolsa, şonçada uly bolmalydyr, özem seredilýän diş dik ýagdaýda bolan momenti goňşy dişlere entek güýç düşmezlik şertinden hasaplanmalydyr. Bu şert şeýle ýazylýar:

$$\delta_{\max} = r \sin \alpha \left( 1 - \cos \frac{2\pi}{z} \right) \quad (\text{VIII. 71})$$

$\delta_{\max}$  – dişiň jynsa maksimal çümmegi;  $z$  – halkada dişleriň sany.

Dişleriň depesindäki burç  $2\gamma$  (surat 71) dişiň beýikligi (uzynlygy) boýunça iýildigiçe kontaktlaşýan meýdanynyň ýygylgyny azaltmak üçin minimal bolmalydyr, şol bir wagtyň özünde ol gysylma we бүкүlmä garşy berk bolmalydyr.  $2\gamma$  burçyň hakyky ululyklary dürli görnüşli dolotolar üçin aşakda (51) getirilen.

Dolotanyň görnüşü	M we MS	S	ST	T	TK
$2\gamma$ gradus	36-42	42-44	44-46	48-52	52-56

Dişiň beýikligi, ädimiň ululygy,  $2\gamma$  burçy bilen kesgitlenýär we şaroşkanyň daşynyň minimal galyňlygy bilen çäklenýär, ýagny sapfa we daýanç ýerleşen şaroşkanyň içki boşlugynyň ölçegleri bagly bolýar.

**Tablisa 40**

**Ädimi  $h'_0$  we dişleri  $s'$  boýunça otnositel ululygy**

<b>Dolotanyň görnüşü</b>	<b>Esasy konusy</b>		<b>Periferirlenen halkasy</b>	
	<b><math>h'_0</math></b>	<b><math>s'</math></b>	<b><math>h'_0</math></b>	<b><math>s'</math></b>
M	1	1	1	1
S	0,8	0,6	0,9	0,5
T	0,6	0,5	0,7	0,4

Dolotaň tipleri boýunça esasy we çetki konuslarda dişleriň ädimi we beýikligi berilen. Esasy we goşmaça konuslarda (iň yzkydan başga) bir şaroşkaň halkasy beýleki şaroşkaň halkalarynyň arasyna girýär. Ilkibaşda bu usul şaroşkalar ýelmeşen şlamdan arassalamak üçin ulanylýardy şonuň üçin bu şaroşkalara “oziarassalanýan” diýip at berildi. Şeýle ýasalmagy şaroşkalaryň göwrümini maksimal derejede

ulaltmaga, hem-de esasy konusyň depesini “f” dolotyň okunyň aňyrsyna çykarmaga mümkinçilik berdi (surat 69). Bu şert aşaky deň-e boýunça kesgitlenýär:

$$f = \frac{h_0 - (1,5 + 3,0)}{2 \sin \beta} \quad (\text{VIII. 72})$$

1,5-3,0mm – diş bilen goňşi şaroşkaň arasyndaky boşluk.

Sapfaň okunyň ýapgyt burçy, esasy we goşmaça konuslaryň depesindeki burçlar we konuslaryň beýikligi guýyň düýbiniň profilini (görnüşiniň durkuny) kesgitleýär (surat 69a). Suratda görnüşi ýaly esasy konus düýpde öýtak bölegi emele getirýär, goşmaça konus bolsa güberçek görnüş edýär. Burça näçe uly bolsa düýbiň görnüşi tekiz ýagdaýdan şonçada üýtgeýär.

Bu guýyda dolotony merkezde dik ýagdaýda saklamaga we gapdal urgylaryny (gymyldylary) azaltmaga kömek edýär. Ýokarda beýan edilenlerden görnüsi ýaly dolotolaryň geometriki we kinematiki ölçegleri özara biri-birine baglydyr. Şonuň üçin olary saýlap almak kyn bolýar. Bu meseläniň çözgüdi dolotanyň mehanikasy gowy öwrenmek we dag jynsynyň owranmagyny bilmek hem-de gazanylan tejribä daýanyp çözmek mümkin.

## § 8. Şaroşkaly dolotaň diregleri (daýançlari)

Dolotanyň diregleri oklaýyn güýji we aýlaw momentini dolotanyň korpusyndan onuň enjamlaryna (şaroşkalara) minimal içki ýitgi bilen bermek üçin niýetlenen şaroşkalary diregi: radial, radial-daýanç we daýanç podşipnikleriň ýerleşdirilmegi bilen ýasalýar. Şonda in bolmanda bir radial-daýanç podşipnigi iki tarapa hereket edýän bolmagy hökmandyr. Podşipnikler hakda tablisa 41, daýançlaryň şekili bolsa 86 görkezilen.

**Tablisa 41**

**Şaroşkanyň daýanjynyň podşipnikleri**

<b>Podşipnikleriň görnüş-i</b>	<b>Bellik</b>	<b>Gysgaça mazmuny</b>
Radiýal	P	Silindriki rolik
	S	Ýapyk sapsanyň ýörite typmasy
	S <sub>b</sub>	Açyk typmasy
Radiýal diregi	Ş	Şarikli
	Ş <sub>z</sub>	Iki taraplaýyn şarikli
Diregi	S <sub>u</sub>	Ýapyk sapsanyň ýörite typmasy
	S <sub>t</sub>	Açyk typmasy

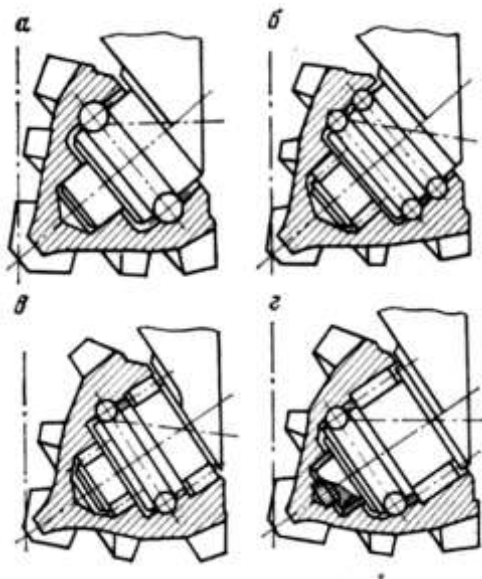
Şarikli podşipnigiň pes äkidijilik ukyby bardyr, ýöne ol şaroşka gyşaran wagtam örän gowy işleýär. Rolikli podşipnigiň ortalyk äkidijilik ukyby bar. Onuň ýetmez tarapy şaroşkalar oz özünden doňmak häsiýeti bar.

Tykyjy podşipnikler ýokary äkidijilik ukyby bar we olar iň kiçi gabarit ölçegleri bolýar. Olar gos-göni sapfaň üsti bilen şaroşkaň arasynda hem döräp bilýär (C we C<sub>T</sub> tipi), ýa-da gaty splaw çaýyylan sapfaň üsti we P-18 instrumental polat preslenen şaroşka bilen döräp bilýär (C we C<sub>y</sub> görnüş).

Kemçiligi basym sandan çykýanlygy, has hem beter ýokary aýlawlarda. Ýönekeýji daýanjy (surat 86a) (şekil Ş<sub>3</sub>Cb) diametri 76 we 93mm bolan dolotolar ýasalanda ulanýarlar. Gulply podşipnigi ýygnamak üçin lapada deşik deşilen ýygnalyp bolansoň deşige pales sokup kebşirleýär. Gulply podşipnigiň şu usul boýunça ýygnalyşy daýançlaryň hemme şekilli üçin ulanylýar.

Ş<sub>3</sub>Ş<sub>3</sub>P şekil boýunça (surat 86b) daýançlar ýokary aýlawly burawlamaga niýetlenen diametri 214mm çenli bolan dolotolara niýetlenen.

ПШЗР (сурат 86в) даýанжы 214мм we ondan uly bolan diametrli dolotolarda ulanylýar. Даýанçларыň ШЗШЗ, ПШЗ we ШШШ görnüşleri hem bolýar. ПШСС (сурат 86г) даýанжы pes aýlawly dolotolarda ulanylýar.



**Surat 86. Dolotanyň direg şaroşkasynyň esasy gurluşy**

Podşipnigiň görnüşleri we olaryň ýerleşdirilişi daýanç taplananda dolotanyň görnüşini we ölçegleri boýunça saýlap alynýar. Gaty dag jynslarynda doloto maksimal oklaýyn güýçde we ýokary dinamikada işleýär.

Şonuň üçin ýokary äkidijilik ukyby bolan podşipnikler ulanylýar. Ýumşak we aralyk jynslar burawlananda oklaýyn güýç ep-esli pes bolýar.

Şonuň üçin şaroşkaň içki boşlugynyň ölçeglerini kiçeltmek we dişleriň beýikligini ulaltmak üçin rolikpodşipnikleriň deregine şarikli podşipnikleri ulanmaklyk rugsat edilýär. Dolotaň daýançlary ýokary dinamiki güýjiň astynda we ýokary aýlawlarda işleýär.

Surat 86 görnüşine görä daýançlaryň ýuwujy ergin oňa duşýar ýaly lapa tarapy açyk edilýär. Guýy adatça köplenç suw erginleri bilen ýuwulýar. Bu erginleriň iň ýokary sowadyjylyk ukyby bolup, ýöne ýaglaýjylyk ukyby örän pes bolýar. Ondan başgada ýuwujy ergin guýyň düýbiniň töwereginde oz düzüminde köp mukdarda şlamy saklap, ol şamlar dolotaň daýanjyna düşüp, aýlanmaga garşylygy köpeldýär, hem daýanjyň elementleriniň abraziw iýilmesini çaltlandyrýar. Netijede olar çalt sandan çykýar. Ýokary aýlawly usulda burawlananda olar 5-8 sag, pes aýlawly burawlananda 20-30 sag işleýär.

Bu meseläniň çözgüdini şaroşkalaryň daýanjyny awtonom ýaglaýjy ulgamny döretmek arkaly çözülýär.

Ýaglamak ulgamynyň dürli görnüşleri getirilen. Ýaglamak ulgamynyň esasy elementi – lubrikator we şaroşka bilen sapfaň darasyny berklemekdir. Lubrikator aýratyn geçiriji görnüşinde taýarlanyp dolotaň üstünde ýa-da lapada otuzdylýar. Ikinji ýagdaýda dolotaň her böleginiň oz ýaglaýjy ulgamy bolýar. Awtonom ýaglaýjy ulgamnyň döredilmegi tykyjy podşipnikleri giňden ulanmaga mümkinçilik berdi. Häzirki wagtda hemme podşipnikleri (gulyly podşipnikden den başgalary) tykyjy podşipnikler bilen çalşyrmagyň üstünde işlenilýär. Şeýle dolotalar pes aýlawly burawlamaga niýetlenendir.

Guýy howa bilen arassalananda şaroşkaň daýanjynyň sowatmak kynçylygy ýüze çykýar. Şonuň üçin howa bilen arassalanýan burawa niýetlenen dolotadaň sapfasynda we lapasynda ýörite kanal-deşik edilýär. Ol deşik dolotaň içini şaroşkaň içi bilen birleşdirýär (surat 70). Meseläni lubrikatora – geçirijä guýulan ýag, daýanjy ýaglanda pürküp ýaglanar ýaly, ýagny ýag howa çüwdürimi astynda daýanjy ýaglaýar. Howa sapfaň ýanyndan şaroşkadan çykyp şlamyň düşmegine päsgelçilik döredýär.

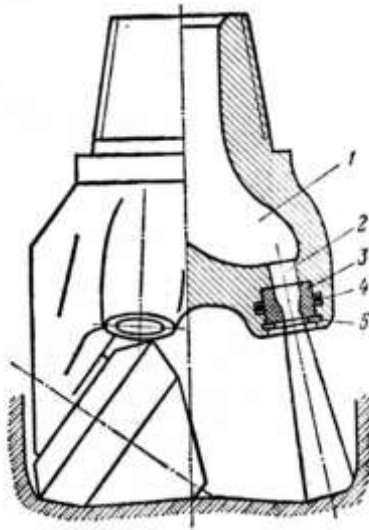
## §9. Owradyjy-goparyjy synpa degişli dolotolarda ýuwmak ulgamy

Guýyň düýbini ýuwmak hökmany tehnologik hadysa bolup, ol düýbi şlamdan arassalamaga we iş döwründe dag jynslary owradylanda dolotanyň enjamlaryny sowatmak üçin niýetlenendir. GOST 20692-75 boýunça adaty ýuwmak özüne dolotanyň içki boşlugyny, ertiji kanala we bir deşigi birleşdirýär. Şeýle şekil surat 70 görkezilen we örän uly harç ädijilik koeffisiýenti  $\mu=0,90-0,95$  bolýar. Ulanylmagy çäkli bolan beýleki ýuwmak ulgamlary bilen tanyşmak mümkin. Naýçasyndan 80-120m/sek suwuklyk akyn geçmäge ykyply gidromonitor ýuwmak ulgamy M, MZ, MSZ, S we SZ tipli dolotolarda ulanylýar. Düýbiň şaroşkalar bilen üstüniň ýapylyanlygyna görä (surat 69) naýgalary düýbe golaýlaşdyrmak we suwuklygyň çüwdürimini düýbe tarap tutmaklyk kyn bolýar. Häzirki zaman dolotolarda çüwdürim şaroşkaň çetki konuslarynyň ortasy bilen guýynyň gyraky böleklerini ugrukdyrylýar. Bu mesele (surat 87 dolotyň lapasynda edilen jübüden<sup>1</sup> (gap, ergin üçin) ertije kanala<sup>2</sup> we ondan gidromonitor uzele ergin barmagy üpjün edilen. Gidromonitor uzel (GMU) özüne naýçany 3, dykyzlandyryjyny 4 we pružin halkany 5 birleşdirýär. Hyrly berkitmeklik bolsa naýçanyň düýbe in ýakyn ýagdaýda bolmagyny üpjün etýär.

Gidromonitor dolotoda basyjyň birden üýtgemegi (perepad – basyş birden aşak we ýa-da ýokary galýar, ýagny basyş oýnap durýar)

$$P_g = \gamma \frac{Q_H^2}{2g\mu^2 f_H^2} \quad (\text{VIII. 73})$$

$Q_H$  – naýçadan geçýän suwuklygyň harçlanyşy;  $\mu$  - ýuwujy ulgamnyň harçlanyş koeffisiýenti;  $f$  – naýçanyň kese kesiminiň meýdany.



**Surat 87. Üç şaroşkaly dolotanyň gidromonitor ýuwujy  
ulgamy**

Görnüşine görä gidromonitor ýuwujy ulgama yzygiderli birleşdirilen ýerli garşylyklardan duran ýaly. Çüwdürimiň güýjüniň peselmegine esasy täsiri ertiji kanal we GMU-yň in dar ýerleri täsir eder, şonda

$$P_g = P_n + P_H \quad (\text{VIII. 74})$$

$P_n$  we  $P_H$  – ergiji kanalda we naýçada çüwdürimiň ýitgisi.

$P_n$  we  $P_H$  – ululyklaryny (VIII. 73) deňleme bilen hem tapmak bolýar egerde oňa ertiji kanalyň harçlanyş koeffisiýenti  $\mu_n$ , naýçaňky  $\mu_n$  we degişli kese kesimleriniň meýdanlaryny  $f_n$  we  $f_H$  goýsaň.  $P_g$ ,  $P_n$  we  $P_H$ -y hasaplamak üçin degişli aňlamatlary (VIII. 74) deňlemä goýup we ony  $\mu$  görä işläp alarys:



$$\mu = \frac{\mu_H}{\sqrt{\left(\frac{\mu_H}{\mu_n}\right)^2 \left(\frac{f_H}{f_n}\right) + 1}} \quad (\text{VIII. 75})$$

(VIII. 75) görnüşi ýaly dolotaň ýuwmak ulgamnyň harç ediliş koeffisiýenti naýçanyň harç ediş koeffisiýentinden az, naýçanyň koeffisiýentine golaýlajak bolsaň onda  $\mu_n$  ulaltmaly  $f_H$  we  $f_n$  meýdanyny kiçeltmeli.

### §10. GOST-20692-75 boýunça dolotlaryň şifrleri we ölçegleri

GOST-20692-75 laýyklykda şaroşkaly dolotlaryň 46,0mm-den 508,0mm çenli aralykda 39 sany görnüşi (ölçegi boýunça) goýberilýär. Bu dolotlar öňki goýberilýän dolotlardan diametrleri, birleşdiriji hyrlaryň ölçegiwe ýasalyşynyň kämilligi bilen tapawutlanýarlar. Aşakda käbir dolotlaryň diametri (mm) täze GOST we adaty boýunça deňeşdirme berilen:

OH-26-02-128-69	161	190	214	243	269	295
GOST 20 692-75	165,1	190,5	215,9	244,5	569,9	295,3

Şifr doloto oz içine alýar: (aňlatmalary içine alýar)

1. Şaroşkaň sany boýunça görnüşi:

- 1) bir şaroşkaly (I)
- 2) iki şaroşkaly (II)
- 3) üç şaroşkaly (III)

2. Diametr doloto (mm).

3. Şaroşkanyň ýasalyşy we onuň ulanylýan ýerlerini aňlatýan dolotaň görnüşi mysal üçin: M, MZ, S we ş.m. GOST 20 692-75 boýunça dolotlaryň tipi we bellenişi adaty H-26-02-128-69 bilen gabat gelyär.

4. Ýuwulýan we üflenýän deşikleriň we kanallaryň ýerleşşi

- 1) merkezi ýuwulyş bilen (S)
- 2) gidromonitor ýuwulyş bilen (G)
- 3) merkezi üfleniş bilen (P) (howa bilen arassalananda)

4) gapdaldan üfleniş bilen (PG)

5. Daýanjyň gurluşynyň aýratynlygy.

1) diňe podşipnik kaçeniýaly (B)

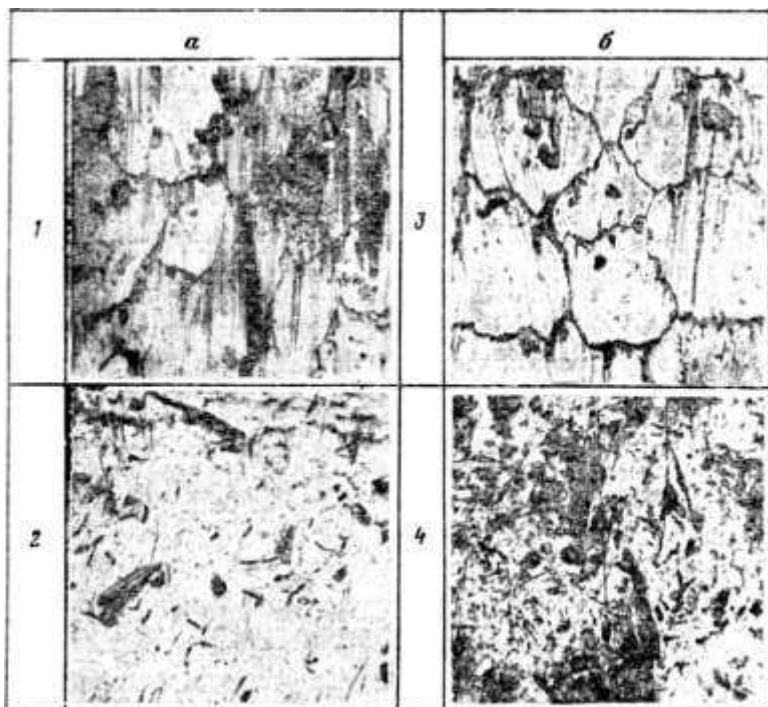
2) daýançada iki we ondanam köp tykyjy podşipnikli (A)

3) daýançada bir takyjy podşipnik, galanlary podşipnik kaçeniýa (H).

Şifrleriň mysallary: III-215,9C-GH GOST 20 692-75; III-190,5T-SW GOST 20 692-75 we ş.m. Üç şaroşkaly we merkezi ýuwylyş ulgamly dolotolaryň şifrinde III we “S” harpy goýulmaýar. Olar aşakdaly ýaly görnüşde bolýar – 215,9C-GH GOST 20 692-75; 190,5T-B GOST 20 692-75

## **§11. Dolotaň enjamlarynyň iýilmegi we döwürmegi\**

Iş döwründe dolotaň dişleri, daýanjy we ýuwujy ulgama has çalt iýilmäge sezewar bolýar. Dolotaň haýsam bolsa bir elementi iýigit etjek çägene ýetensoň ol dolota ulanylmaga ýaramaýar we ony çalyşmagy bolýar. Iýilmek bilen bir hatarda kä wagtlar käbir elementleriň döwürmegi zerarly dolotany şol wagt çalyşmaly bolýar. Dolotaň elementleri iýiji we iýiji-urulma iýilmesiniň sezewar bolýar.



**Surat 88. Dolomit gatlak burawlanan soň dişiniň ýokary işjeňligi**

a -AI-4 gurnamak w-89 rad/s; b - turbobur usuly dolota-OM21-190T  
G-120kH ç - perferirlenen halka; d - birinji halka

Önümçilik şertinde işlemekden soň we AU-4 eksperimental enjamda işlemekden soň dolotaň dişleriniň iş üstüniň suraty berilen. Surat 88 bilen surat 53 deňeşdirilmesinden görnüşi ýaly dişleriň üsti, polady typmak iýilmesine barlag edilenden soň poladyň üstüne meňzeş (ýagny ýylmanan). Dişleriň üsti, dik ýagdaýda typmak tizliginiň nola akys ýagdaýynda ýilme-urulma iýilmesiniň üstüne (görnüşine) gabat gelyär. Dişleriň dag jynsy bilen özara täsiriniň ýagdaýyna görä üç sany esasy iýilme görnüşleri bolýar (dişde üç sany forma döreyär): dişiň ujy ýasy bolýar dişiň ujy

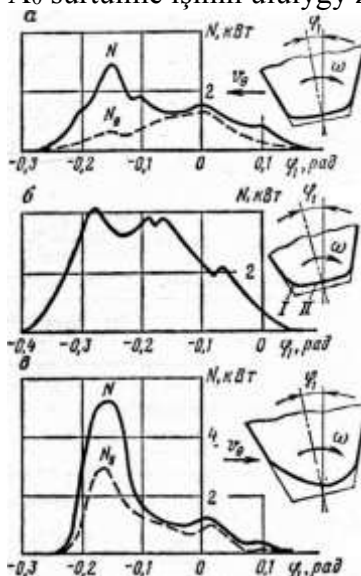
togalaklanýar, dişiň uýy kiçelýär. Küteldilen çiş görnüşli dişiň iýilmesini eksperimental taýdan öwrenilende dolomidi we alewroliti AU-4 enjamda halkalaýyn düýp görnüşinde burawlanyp görüldi. Dolomite burawlananda birnäçe synaglaryň netijesi tablica 42 berildi.

**Tablica 42**

**Dolomit burawlanandan soňra iýlen dişleriň tizligi we düzgüni**

$v'_{00}$	Özara işjeňligi Dž		$A_{00}=A_0/A_1$	iýlen tizligi mm/sagat	89 sur.b/ça
	$A_1$	$A_0$			
-0,15	4,5	2,9	0,65	-	a
0	4,5	0,1	0,02	1,6	b
15	6,5	1,6	0,24	7,7	-
30	5,5	4,3	0,78	31,2	w

Şondan görnüşü ýaly dişleriň beýikligine iýilmesiniň tizliginiň ululygy  $A_0$  sürtülme işiniň ululygy zerarly bolýar.



**Surat 89. Dolomit burawlanandan soň iýlen dişleriň profili**

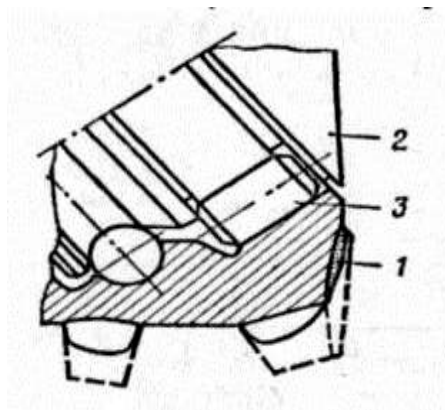
Dolomit burawlanandan soň dişiň görnüş getirilen hem-de birden döreyän kuwwatyň “N”  $\varphi$ , aýlanma burça baglylygynyň energiýa harç ediş grafigi berilen.

Surat 89a görnüşi ýaly otrisatel süýşmede (typmada) dişiň üstüniň ýasy iýilmesi (dişiň ujy ýasy bolýar) bolup geçýär.  $\vartheta_{00}=0$  (surat 89b) dişiň ön tarapy köpräk, yz tarapy azrak iýilmä sezewar bolýar. Položitel tykmada (süýşmede) dişiň ujynyň iki tarapdan iýilme netijesinde ujy kiçelýär. Dişiň ini boýunça iýilmesi dişiň aýlanýan wagty energiýanyň harç edilmegi bilen häsiýetlendirilýär.

Surat 89 görnüşine görä energiýanyň harç edilişi bir kadaly däl, birden kä döreyän kuwwatyň ululygy çalt maksimumal etýär, soň bolsa peselýär.

Otrisatel typmada (süýşmede)  $N_0$ , diş dik ýagdaýda bolanda maksimal ähmiýete eýe bolýar, bu bolsa dişiň ýasy iýilendigini häsiýetlendirýär. Položitel typmakda (süýşmekde - skolženiýe) tangensial güýçleriň kuwwatynyň birinji maksimumy özara täsir etmäh başynda bolup geçýär we dişiň yz tarapynyň çalt iýilmesini aňlatýar. Ikinji maksimum birinjä görä pes hem bolsa dik dik ýagdaýdan geçensoň bolýar we dişiň ön tarapynyň çalt tizlik bilen iýilýändigini aňladýar. Alewrolit burawlananda hem şu meňzeş netijeler alyndy.

Dişiň ujunyň çalt iýilýändigini üçin (surat 90) dişiň beýikligine (bütün boýuna) iýilmesi beýikligi boýunça deň ýaýramaýar. Has çetki – gyraky dişler çalt iýilýär. Bu dişler iýilmä garşy berk bolmagy üçin hökmany armirlenýär. Hekiz enjamlaryň iýilmesiniň aňry çägi barada belli netije ýok.



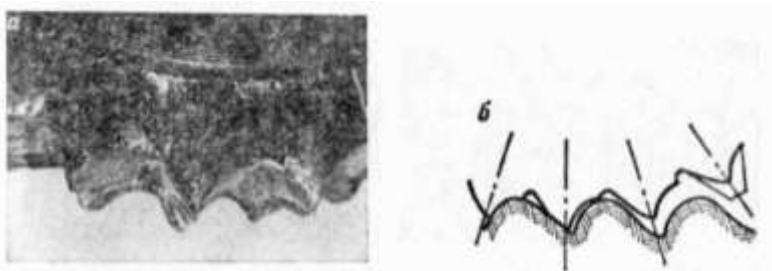
### **Surat 90. Dişleriň ululygy boýunça iýilmäniň bölünme şekili**

1- gaty poladyň çäýylmagy; 2 - lapanyň arkasy; 3 - roligi

Mysal üçin, W.S. Fýodorow haýsam hem bolsa bir halka başky beýikliginden 75% iýilen bolsa onda ony iýilmän aňryçağı dişi hasap etmegi teklipeň etýär. Iýilmän esasy alamaty diýip geçmegiň – gazmagyň mehaniki tizliginiň peselmegi bolup durýar. Dolotoň enjamlarynyň doly işläp gutarmagy (iýilmegi) diýip geçmegiň – gazmagyň tizligi başdakysyndan 0,4-0,5 peselen bolsa hasap edilýär.

Käbir döwlüji dag jynslary şaroşkaly dolotolar bilen burawlananda geçmegiň tizliginiň birden peselmegi bolup geçýär (bu peselme enjamlaryň iýilmegi zerarly bolýan peselmä gabat gelmeýär). Bu ýagdaýy başgyrdy stanyň Serafimow meýdançasyndaky domanik gatlagynda işläp 1B-190T dolotoň mysalynda seredeliň. Bu doloto üçin mehaniki tizlik burawlamagyň ahyrynda 37 esse peseldi, ýogsa dişiň boýuna (beýikligine) iýilmeklik dişiň beýikliginiň üçden birine çenli hem etmändir. Çetki dişleriň uçlarynyň iýilip ýitelmegi ýüze çykyndyr (surat 91a).

Şeýle iýilmege dişleriň ö-özünden ýitelmegi diýilýär. Guýyň düýbünüň reýkalarynyň (zolaklarynyň) grafikde görnüşi surat 91b görkezilýär.



**Surat 91.**

- a - dişiň perferirlenen halkasynyň iýilmesi;  
 b - guýynyň düýbünde sepleşmesiniň özara täsiriniň şekili

Suratdan görnüşi ýaly dişleriň ýitelmegi dişleriň jyns bilen özara täsiriniň prinsipiniň üýtgändigini görkezýär. Çetki dişler düýbe daýananda (degende) uçlary bilen däl-de olaryň gapdallary degýär. düýpdäki reýkalara (zolaklara). Dag jynsyna basýan udel basyş peselýär we şunlukda mehaniki tizlik peselýär. Dolotanyň enjamlarynyň döwürmegi – uly güýçleriň birmeňzeş däl bolan güýç bilen basmagy we gaty hem-de örän gaty dag jynslaryna owratmagyň ýygy-ýygydan gaýtalanyp durýanlygy üçin bolýar.

Frezerlenen dolotyň enjamynda köplenç ýüze çykýan döwürme: 1) dişiň düýbünden döwürmegi; 2) arasyndan döwürmegi; 3) dişiň egrelmegi (surat 92).



## **Surat 92. Dolotanyň dişiniň döwülen görnüşü 1B-190T**

1-düýbüniň aşagy; 2-orta kesimi; 3-reňkleri; 4-ýemşermegi

Frezerlenen dolotonyň enjamlarynyň döwürmegi köplenç burawlaýan jynsyň dolotaň tipine gabat gelmeýänligi üçin bolýar. Birnäçe barlagçylaryň pikirine görä dişň gapdallary armirlense (gaty splaw bilen) onda dişň döwürmäge garşylygy peselýär. Şonuň üçin pes abraziwli jynsy burawlamak üçin niýetlenen dolotaň dişiniň gyalary gaty splaw bilen çäýylmaýar.

Gaty splawli dişli şaroşkalarda hatardan çykmagyň esasy sebäpleri – dişň gopmagy ýa-da döwürmegi. Döwürmegiň esasy görnüşleri – ujynyň jaýrylmagy we dişden bölejikleriň gonun aýrylmagy. Şonuň üçin şaroşkalaryň



enjamlarynyň ömrüni uzaltmak üçin gaty splawyň hilini gowylandyrmak we oturdylýan dişleriň oturdylyşyny berkitmegiň üstünde işlenilýär. Enjamlaryň döwülmezliginiň öňüni almagyň ýene-de bir ýoly – şaroşkalarda enjamlaryň oturdylyş (ýerleşdirmek) shemasyny gowulandyrmak hem-de düşýän oklaýyn agramyň (güýjiň) dinamiki emele getirijisini azaldir ýaly demifirleýji (demifiruýusiý) enjamy oturtmak bolup durýar.

Dolotlaryň yrgyldaýan daýançlarynyň iýilmegi braziw we (ospogörnüşli) häsiýete eýedir. Podşipnigiň elementlerine düşýän ýokary güýçler kontaktyň bolýan nokatlarynda ep-esli maýyşgak deformasiýany emele getirýärler. Hem-de rolyklaryň yrgyldaýan we şarikleriň süýşýän ýagdaýynda bolsa ýylylyk iýilmesi ýüze çykýar. Podşipnikleriň elementleriniň iýilmegi lüufti (araboşluk) ulaltýar, yrgyldaýjy elementleriň iş şertini üýtgetýär, we ýene-de şaroşkalaryň daýançada aýlanmagyna garşylygyny köpelenligi zerarly dolotadaky momenti ulaltýar.

Ýuwujy ulgamyň iýilmegi zerarly dolotanyň hatardan çykmagy – gidromonitor dolotolar üçin häsiýetlidir. Ýuwujy sistemaň hatardan çykanlygyny aňlatýan esasy zat – buraw nasosynda basyşyň birden gaçmagy bolýar (bu ýagdaý naýça guýyň düýbine gaçanda şeýle bolýar). Naýçaň gaçmagynyň esasy sebäpleri:

- 1) gowşak berkidilenligi zerarly.
- 2) jebis oturmaly ýerleriň doly jebis oturmanlygy.
- 3) ertiji kanalyň ýuwulmagy (ýuwulyp aýrylmagy).

Kuýbyşew burmaş önümçilik birleşigi tarapyndan her bir ýagdaýlara ýuwujy ulgamnyň işiniň öwrenilmegi iýilmegiň mehanizmini (sebäplerini) düşünmäge mümkinçilik berdi. Ýuwujy ergin ertiji kanala girýän ýerinde tizligini we ugruny birden üýtgetýär we bu kanalyň gýralaryny ýylman iýýär.iýilmeklik aşaklygyna ýaýran jebis oturmaly ýere edýär. Jebis oturmaly ýerde jebisleýji rezini iýip naýçanyň berkitmesine etýär we ony iýip başlaýar, netijede naýça guýyň düýbine gaçýar.

Ýuwujy kanalyň iýilmesiniň tizligini peseltmek üçin, onuň diametrini ulaldyp ondan geçýän erginiň hereketiniň tizligi 30m/s geçmez ýaly etmeklik maslahat berilýär. Kuýbyşew burmaş önümçilik birleşiginde 216mm diametrli doloto üçin ertiji kanalyň diametrini 22mm-den ulaldyp 28-32mm etdiler. Şondan soňra ýuwujy ulgamnyň sebäpleri zerarly dolotolaryň hatardan çykması galdy.

## §12. Şaroşkalý dolotolaryň abraziw iýilmesiniň hasaplamagyň gollanmasy

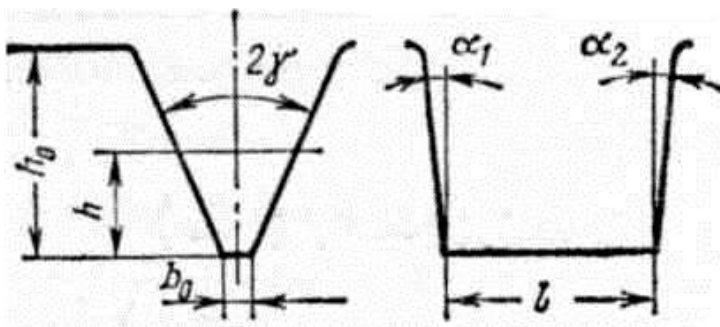
Surat 93 dolotonyň dişiniň beýikligine iýilmeginiň hasaplamasynyň şekili berilen. Iýilmegiň wagtyňy we tizligini baglanyşdyrýan differensial deňleme aşakdaky görnüşde bolýar:

$$dt=dh/a \quad (\text{VIII. 76})$$

$t$  – wagt;  $h$  – enjamyň beýikligine iýilmesi;  $a$  – enjamyň beýiklik boýunça iýilmesiniň tizligi. Enjamlaryň berkligini  $T$  kesgitlemek üçin şertleri kabul edýär.

$$t=0; h=0; t=T; h=h_n.$$

$h_n$  – dişiň beýikligini iýilmeginiň aňryçäk ululygy.



**Surat 93. Dolotanyň ýaragynyň uzaga çekijiliginiň hasaplama şekili**

(VIII. 76) deňlemäniň iki ýagdaý üçin çözüdini tapýarys.

1) “a”-yň  $N_{ud}$  (sürtülmegiň udel kuwwaty) baglylygy, göni görnüşli (V. 16)

2) “a”-yň  $N_{ud}$  baglylygy, derejeli görnüşli (V. 17)

Şaroşkaly dolotaň enjamlarynyň berkligini kesgitlemegi deňleme boýunça işleýäris

$$N_{ud} = \frac{NA_{\theta 0}}{\Sigma zS} \quad (\text{VIII. 77})$$

$N$  – dolotaň enjamynyň harçlaýan kuwwaty;  $A_{\theta 0}$  – sürtülme güýjiniň işiniň derejesi;  $\Sigma z$  – dolotoň dişleriniň jemi;  $S$  – dolotonyň enjamynyň ortaça işleýän meýdany.

Dişin beýikligine iýilme hadysasynda “S” yzygiderli ulalýar. Kübeldilen çiş üçin “S”-iň “h” baglylygyna seredeliň. Zerur bolan belgiler surat 93 görkezilen.

$$S = L(b_0 + 2htgy) \left[ 1 + \frac{h}{L} (tg\alpha_1 + tg\alpha_2) \right] \quad (\text{VIII. 78})$$

Kwadrat skobkadaky köpeldijileri  $K_1$  bilen belläliň, häzirki zaman dolotolary üçin  $L \approx h_0$  ( $h_0$  – dişiň başdaky beýikligi)  $\alpha_1$  we  $\alpha_2$  burçlaryň ululygy 0-dan  $10^\circ$  çenli üýtgeýär, ozem  $\alpha_1 + \alpha_2 = 10^\circ$ ;  $h$  0-dan  $0,75h_0$  diýip kabul edýäris. Şonda  $K_1$  hasaplamalarynyň netijeli tablisa 43 görkezilen. Iýilme hadysasynda dişiň işleýän üsti (meýdany) dişiň ujunyň küteliip togalak görnüşe gelmegi bilen hem köpelýär (ulalýar). Muny  $K_2$  koeffisiýent bilen hasaplamak mümkin

$$S' = K_2 S \quad (\text{VIII. 79})$$

$S'$  – dişiň uýjnda togalanma formasy bar bolan ýagdaýynda dişiň işleýän üsti. maglumata görä B-190T doloto üçin  $K_2$  aşakdaky formula boýunça kesgitläp bolýar.

$$K_2 = 1,42 - 0,29 \frac{h}{h_0} \quad (\text{VIII. 80})$$

Hasaplamaň netijeleri ( $K_2$ ) tablisa № 43 berilýär.

**Tablisa 43**

**$K_1 K_2$  we  $K_3$  koeffisiýentleriň bahasy**

$h/h_0$	$K_1$	$K_2$	$K_1 K_2$	$K_0$
0,00	1,00	1,42	1,42	1,39
0,25	1,04	1,35	1,41	
0,50	1,09	1,28	1,39	
0,75	1,13	1,20	1,36	

Dişň işleýän üstüniň “h” baglylygyny iň soňunda aşakdaky görnüşde berilýär.

$$S' = L(b_0 + 2htgy)K_0 \quad (\text{VIII. 81})$$

$K_0 = K_1 K_2$  (tablisa 43 seret)

$h/h_0$ -yň ulalmagy bilen  $K_1 K_2$  netijesiniň örän az üýtgeýändigini üçin,  $K_0 = \text{const}$  kabul edýäris.

Formula (VIII. 77)-I deňleme (VIII. 81)-I hasaba almak bilen ýazýarys

$$N_{ud} = \frac{NA_{\theta 0}}{\sum z K_2 L(b_0 + 2htgy)} \quad (\text{VIII. 82})$$

we belleýäris:

$$N_i = \frac{NA_{\theta 0}}{\sum z K_0 L} \quad (\text{VIII. 83})$$

$N_i$  – sürtülmäň kuwwatynyň ýygylgy;  $L$  – dişň ortaça uzynlygy. Şonda

$$N_{ud} = \frac{N_i}{b_0 + 2htgy} \quad (\text{VIII. 84})$$

(VIII. 84)-iň aňlatmalaryny (V. 16) deňleme soňra bolsa (VIII. 76) deňlemä goýun birinji ýagdaý üçin differensial deňleme alarys

$$dt = \frac{(b_0 + 2htgy) dh}{AN_i + B(b_0 + 2htgy)} \quad (\text{VIII. 85})$$

(VIII. 85) deňlemäni integrirläp we çetki şertleri goýun “T” wagty kesgitlemek üçin deňleme alarys:

$$T = \frac{h_n}{B} - \frac{AN_i}{2B^2 tgy} \ln \left| 1 + \frac{2Bh_n tgy}{AN_i + Bh_0} \right| \quad (\text{VIII. 86})$$

Edil şunuň ýaly edip ikinji ýagdaý üçin hem differensial deňleme alarys:

$$dt = \frac{(b_0 + 2htgy)^R dh}{AN_i^R} \quad (\text{VIII. 87})$$

Bu deňlemäň çözüdi:

$$T = \frac{(b_0 + 2htgy)^{R+1} - b_0^{R+1}}{2(R+1)tgyAN_i^R} \quad (\text{VIII. 88})$$

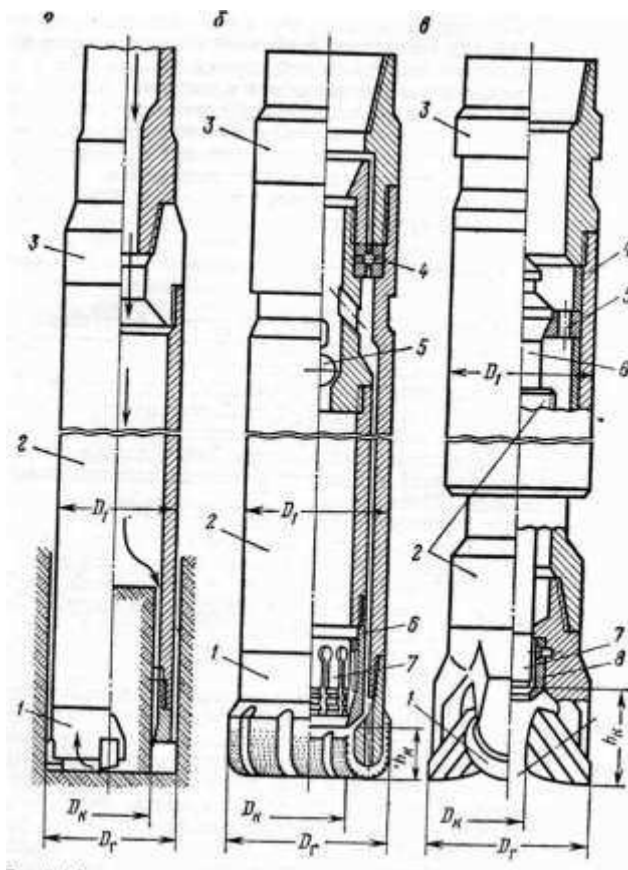
Deňleme (VIII. 86) we (VIII. 88) dolotaň enjamlarynyň näçe möhlet işlejekdigini: eger-de sürtülmän kuwwatynyň ýygylgy we dag jynsynyň, elementleriň ýasalan materialyna garanyňda iýjiligi belli bolsa = kesgitläp bolýar. Şaroşkaly dolotaň enjamlarynyň uzak möhletleýni işlemegi, şaroškaň daýanjynyň uzak möhletleýni işlemegi bilen baglydyr. Daýanjyň uzak möhletleýni işlemegi bolsa işiň režimine we burawlanýan jynsyň häsiýetine bagly bolýar. Birleşýän ýerleri jebislenmedik daýançlar ýokary aýlawly burawlamakda çak bilen 2-6 sagat, pes aýlawly burawlamakda 10-30s işleýär. Egerde uzak möhletleýni işlemek möhleti (frezerlenen dolotaň) daýanjyň möhletinden az bolsa, onda enjamlary gaby splawdan taýarlanan dolotaň görnüşüni ulanmaklyk maslahat berilýär. dolotaň görnüşi we onuň netijeli işlemegi, şol dolotolaryň statistiki barlaglarynyň netijeleri boýunça saýlanyp alynýar.

**IX-njy BAP.**  
**DAG JYNGLARYNYŇ HALKALAÝYN DÜÝP BILEN**  
**OWRADYLMAGY. ÝÖRITE NIÝETLENEN JYNS**  
**OWRADYJY ENJAMLAR**

**§1. Halkalaýyn düýp bilen burawlamagyň maksady we**  
**kolonka dolotalaryň esasy şekili**

Gaz we nebit üçin dag jynsyny halkalaýyn burawlamak (kern) görnüş almak üçin ýörite kolonka dolotalary bilen burawlanýar. Kern alynyp ýokaryk çykarylýar: we burawlanýan jynsyň düzümini, gurluşyny we häsiýetini öwrenmek üçin material bolup hyzmat edýär. Şol korniň barlaglarynyň netijesi boýunça şol ýeriň barlagy we işlemegiň usullary, ulanylmaly enjamlar barada belli netijä gelinýär. Şonuň üçin barlag üçin burawlananda ýokary hilli we ýeterlik mukdarda kern almak uly ähmiýete eýedir.

Korniň emele gelşi we kolonka dolotalaryň esasy shemasy surat 94 görkezilen shemany öwrenmezden öň, surat 94 berilen aňlatmalary peýdalanyp, kern almak nuktaý nazaryndan dolotanyň kämilligini häsiýetlendirýän düşünjä garalyň. Korniň hiliniň alamatlary: 1) korniň diametri  $D_k$ ; 2) ýuwujy erkin tarapyndan hakalanma we ýuwulma derejesi; 3) korniň bütewiligi.



### Surat 94. Halkalaýyn dolotanyň şekili

a - struktur gözleg burawyna; b - çuň rotor burawyna;  
ç-çuň turbina burawyna

Mehaniki we beýleki barlaglary geçirmek üçin keriň diametri 60mm kiçi bolmaly däl. Iň oňady diametri 70-110mm bolan kern hasaplanýar. Ýöne hemme kolonka dolotalary bu talaby ödäp bilmeýär. Bu alamat boýunça dolotanyň kämilligi kern almak koeffisiýenti bilen aňladylýar.

$$R_{K0}=D_K/D_g$$

(IX. 1)

$D_g$  - kolonka dolotanyň burawlaýan kellesiniň diametri.

Kerniň ýuwulmagy, hapalanmagy we aşgarlanmagy dag jynsynyň häsiýetini, hem-de kerniň düzümindäki flýuidleriň düzümini häsiýetini hem üýtgetýär. Ýuwujy ergini kerna degirmän almak meselesi entek çözülenok. Ýöne ýuwujy ärginiň kerne edýän täsiri, ýuwujy erginiň tizligini peseltmek we kerne täsir edýän wagtyna azaltmagyň hasabyna azaldylýar. Bu ýagdaýda koonka dolotasynyň kämilligi kern kabul edijilik koeffisiýenti bilen ölçegýär.

$$R_{K\P} = D_K / h_K \quad (\text{IX. } 2)$$

$h_k$  – guýyň düýbünden kern kabul ediji enjamyň agzyna çenli bolan aralyk

Kerniň owranmak bütewi alynmaklygy dag jynsynyň mehaniki we beýleki häsiýetlerini öwrenmek üçin barlag geçirlende esasy zat bolup durýar. Alynýan kerniň diametri näçe uly bolsa ol şonçada daşky täsir edýän güýçlere durumly bolýar we şonçada dag jynsynyň häsiýetlerini üýtgetmän saklaýar. Kern almagyň mukdar görkezijisi bolup, kerni ýokaryk “II” alyp çykarmagyň mukdary bolýar (prosentde)

$$\Pi = \frac{H_K}{H} 100 \quad (\text{IX. } 3)$$

$H_k$  – kerniň uzynlygy;  $H$  – burawlanan aralygyň uzynlygy.

Ýönekeý kolonko dolotasy (surat 94a) buraw kellesinden (koronka) 1; korpus 2, (bir wagtyň özünde kolonka turbasy bolup hem hyzmat edýär), geçiriji 3 (buraw enjamy berklemek üçin) durýar. Şeýle dolotolar kiçi diametrli (36-dan 151mm çenli) gözleg guýularynda giňden ulanylýar.

Koronka kerni burawlan almaküçin niýetlenen. Koronkaň uýy gaty splawly, ýa-da almazly bolup bilýär, bu enjam kesiji-goparyjy ýa-da sürtüliji esiji klassa degişlidir. Alynan kern kolonka turbasynda ýerleşýär. Ýuwujy ergin



dolotodan kern bilen kolonko turbasynyň arasyndaky boşlukdan geçip, kolonko turbasy bilen guýynyň diwarynyň arasy bilen ýokaryk çykýar.

Kern guýyň düýbinden gonun kolonka turbasynda enjam galdyrylanda koronkaň içki konusy tarapyndan saklanýar. Ýumşak dag jynslary burawlananda kerni “süpürmek” geçirilýär. “Süpürmek” geçirilende instrumenti ýokaryk galdyrmazdan öň 1m çuňluga çenli ýuwujy erginsiz burawlaýarlar. Burawlanan şlam kern bilen koronkaň arasyny doldurýar we enjam galdyrylanda kerni koronkada ýelmeşdirýär. Aralyk we gaty jynslar burawlananda ýuwmak burawlamak bolmaýar. Ol ýagdaýda enjam galdyrylmazdan öň, aşak (çagyl ýa-da owradylan aýna) “doňduryjy” goýberilýär we ýuwujy ergin bilen üstünden basylýar. Ýaňky “doňduryjynyň” koronkaň konusyna düşenligi nasosda basyşyň ýokarlanmagy zerarly bilenýär. Şol momentde nasos ýatyrylýar we enjam galdyrylýar. Ýönekeý kolonko dolotosynyň bähbitli tarapy kern almagyň maksimal koeffisiýentidir (0,87 çenli).

Bu dolotonyň kemçilik tarapy kerne aýlanan turbanyň we ýuwujy erginiň üznüksiz täsir edip durmagy we enjam ýokaryk galdyrylanda kerni saklamagyň kynçylygydyr. Çuň rotor usulynda burawlamaga niýetlenen kolonka dolotosy (surat 94b) korpus 2 bilen birleşdirilen burawlaýjy kelleden 1-durýar. Buraw kelleriniň berklenýän hyry daşyndan bolmagy hem mümkin. Mysal üçin DGNU-2 we iç ýüzünden hyrly: mysal üçin, SK. Kolonka dolotosy geçiriji 3 arkaly buraw instrumenti bilen birleşdirilýär. Korpusda – podşipnikde kolonka turbasy oturýar. DGNU-2-de rezin-metall tyrpyjy podşipnik, SK-da bolsa şarikopodşipniki oturýar. Kolonka turbasynyň ýokary böleginde iki ýana hereket edýän şarly дренаž klapany 5 oturdylan. Kolonkotrubaň aşaky böleginde kerniýolujy 7 oturdylan kerni kabul ediji 6 enjam oturdylýar. DGNU-2-de yzygiderli oturdylan iki sany kerniýolujy bar.

Kerniýolujylar esasy iki tipde bolýar: gaty jynslar üçin – sangoly (surat 94b görkezilen) we ýumşak jynslar üçin –

ryçagly. Sangoly kernoýolujynyň iş pikiri – kerni kabul edijiniň konusly böleginde kerni dykyn aldyryp saklamak. Ryçagly kernoýolujyň iş prinsipi – kerni ýolun kerni kabul edijiň agzyny beklemek. Kolonkaly doloto guýa sallananda drenaž klapandaky şarsyz goýberilýär.

Burawlamazdan öň kolonko turbasy ýuwulýar we soňra şar goýberilýär. Guýy burawlanýan wagty aşak çuňlaşdygyça kern kern ýolujyny ýokaryk göterip başlaýar, onuň enjamlaryny ýaýradyn kolonkoly turba geçýär. Kolonkoly turbadaky ýuwujy ergin drenaž klapanyňyň üsti bilen çykarylýar. Burawlamak gutarandan soň doloto bir neme ýokaryk galdyrylýar (göterilýär), kern we kern ýolujy bolsa aşaklygyna dyzaýar we süýşýär. Kern ýolujy kern kabul edijiniň konusynda gysylýp galýar. Doloto ýokaryk galdygyça kern guýynyň düýbündäki ýolunyp alynýar. Kerni kolonkoly turbada ýerleşdiirmek, ýuwulmakdan goramak we kerni ýolujylary ulanmaklyk, kerni almaklygyň mukdaryny köpeltýär hem-de oňa ýuwujy erginiň täsirini azaltýar. Ýöne mukda kern almaklygyň koeffisiýenti 0,44 geçmeýär.

Surat 94b sekil DKNU-2 we KDIIM “NedrII” tipli dolotolar esasynda ýasalan SK kolonkoly dolota gabat gelýär (kolonkoly doloto, ikinji modernizasiýa). Beýleki kolonkoly dolotolaryň gurluşy (16, 60) getirilen. DKNU-2 we KDIIM kolonkoly dolotolaryň şifrleri buraw kellesiniň diametrini we kerniň diametrini aňlatýar. Mysal üçin, DKNU-2 190/72. 190 – buraw kellesiniň şertli diametri  $D_g$ ; 72 – kerniň diametri  $D_K$ . Doloto SK-164/80 şifri korpusyň diametri  $D_1$  we kerniň diametrini  $D_K$  aňladýar. Bu dolotolar diametri 188 we 212mm diametrli buraw kelleleri bilen goýberilýär.

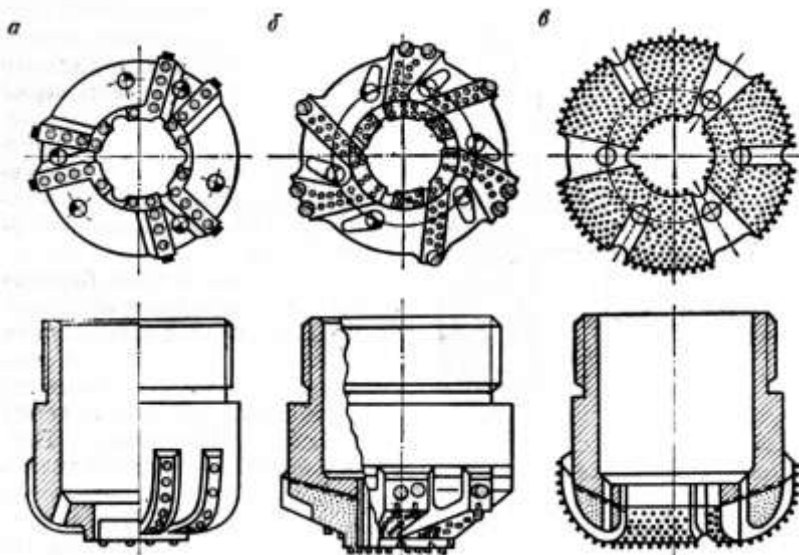
Turba usully burawlananda kerniň alnyşy (surat 94w). Bu usul KTD3 we KTD4 tipli kolonkaly turbodolotolar arkaly geçirilýär. Turbodoloto wala 2 oturdylyan owradyjy-goparyjy synpa degişli buraw kellesinden “1”, we buraw enjamy berklenen geçirijiden “3” durýar. Korpusda “4” gymyldamaýan (hereket etmeýän) “5” (podweska) toprak ekitýän “6”

oturdylan. Toprak ekityän walyň üsti bilen “2” kerni kabul edýän bölegi bilen buraw kellesiniň merkezi sazlaýjy wtulkasy pes “8” girýär. Toprak ekidiji ýokarky böleginde drenaj klapany bilen üpjün edilen. Toprak ekidijiniň kern kabul edijisinde kern ýoluwy oturdylan. Guýa turbodolota toprak ekidijisiz goýberilýär, ol buraw turbasyna ýuwulandan soň goýberilýär. Kern alkyn bolansoň guýa kanat bilen şlips goýberilýär we ol toprak ekidijini nugta gysyp ýokaryk alyp çekýärler.

Turbodoloto KTD4 dört ölçegli we tipli goýberilýär. KTD4-164-190/40; KTD4-172-190/48; KTD4-186-214/60 we KTD4-196-214/60. Şifrde birinji sifr – modeli, ikinji-korpusyň D, diametri; üçünji –buraw kellesiniň diametri we dördünji-kerniň diametri ( $D_K$ ). Turbodolotonyň esasy aýratynlygy onuň çalt geçijiligi (gazyjylygy). Kemçiligi bolsa iň pes kern almak koeffisiýenti (0,28). Şonuň üçin kerni almagyň kanagatlanarly ýagdaýy diňe gaty dykyz dag jynslarynda ulanmak maslahat berilýär.

## **§2. Buraw kelleleriniň gurluşynyň we işleýşiniň aýratynlyklary**

Buraw kelleleri bilen dag jynslaryny owratmagyň prinsipleri dolotolaryň degişli synplarynyň owradýşyndan tapawutlanmaýar. Onuň aýratynlygy diňe – iki sany silindrik üsti (meýdany) emele getirýänmegi – guýynyň diwaryny edil ölçenen ýaly bir görnüşde (silindr şekilli) hem-de kerniň üstüni şonuň ýaly edýär we kerni ýuwujy ergin tarapyndan ýuwulmadan goralýar. Kesiji-goparyjy we sürtülji-kesiji synpa degişli buraw kelleleri DKNU-2 we SK tipli rotor usulynda burawlamak üçin kolonkoly dolotolarda giňden ulanylýar (surat 95).



### Surat 95. Buraw golowkasy DKNU2

a-gatypolat görnüşi TKU we dişli G-23; b- dişli we matrissa poroşkaly gatysplaw görnüşi G-53; ç-birgatyly almaz görnüşi AKU5

DKNU-2 buraw kelleleri görkezilen. Suratdan görnüşi ýaly buraw kelleleri gyralarynda-da, kern emele getiriji böleginde-de güýçlendirilen enjamlar (dişler) bilen üpjün edilen.

Enjamlary gaty splawdan edilen buraw kelleleri (surat 95a, b) lopastlaň üstüne poroşok metallurgiýasy usuly bilen, ýa-da berklenen, ýogsada mis bilen berçiklenen ownuk ýa-da iri dişli bolup bilýär. Kern emele getiriji bölegi öňe çykyp duran güberçek bolup olda güçlen dirilen enjamly bolýar. Ýuwujy erginiň esasy akymy kelläň gyrasyndaky silindr görnüşli deşikden geçýär. Kern emele getirijiniň enjamlary ýarym aýlaw şekilli kanaldan geçýän erginiň akymy bilen ýuwulýar we sowadylýar.

Almazly buraw kellesi (surat 95w) poroşok metallurgiýasy usulynda taýarlanýar. Kelläniň şekilli iki sany biri-birine galtaşýan boşluk üstün galtaşmasy netijesinde emele

gelyär. Daşky üst basgançakly bolmagy mümkin. enjamlar (almazlar) ýuwujy kanallary bölek böleklerinde ýerleşdirilýär. Ýuwujy erginiň esasy akymy guýyň düýbine boşluk üstleriň düýbe galtaşýan ýerine deşikler boýunça akyp geçýär we keri gönüden-göni täsir edmeýär. Enjamlaryň ýuwulmagy we sowadylmagy ýarym aýlawly kanal boýunça geçýän erginiň akymy bilen amala aşyrylýar.

DKNU-2 buraw kellesiniň şifrniň esasynda – enjamyň materialy, daşky diametr we keriň diametri alynan: mysal üçin, TKU-186/72 – gaty splawly, kolonkoly, UfNII konstruksiýasy, kelläň diametri 186mm, keriň diametri – 72mm.

TPKU-209/94 – gaty splawly poroşok esasy, kolonkaly, UfNII-konstruksiýasy, kelläň diametri 209, keriň diametri 94mm.

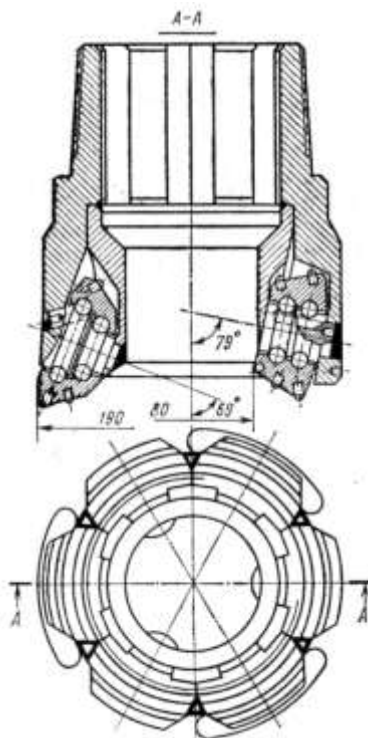
AKU5M-186/72 – almazly, kolonkaly UfNII-konstruksiýasy, kelläň diametri – 186mm keriň diametri – 72mm.

Sürtülji-kesiji “Nedra II” klassa degişli buraw kelleleriniň şifrniň esasynda – modeli, çykaran-zawody, kelläň we keriň diametri hem-de tipi alynan. Mysal üçin, 11HK 190/80M – on birinji model, WNII BT (H) eksperimental zawody, kolonkaly, kelläň diametri 190mm, keriňki – 80mm ýumşak jynslar üçin.

Almaz kelleleriniň şifrniň aýratynlygy (SK dolotlary üçin) ýuwujy kanallaryň ugry bolýar. Şifr şu görnüşde bolýar: KP 188/80S2 – kolonkaly, radial, kelläň diametri 188mm, keriňki 80mm, aralyk jynslar üçin, ikinji model “UP” buraw kelleleriniň daşky diametri 2-5mm adatdakydan (bolmalysyndan) kiçi bolýar. bu şaroşkaly dolotlar bilen burawlap bolansoň dolotany guýa goýbermek ýeňil bolmagy üçin şeýle edilýär.

Buraw kelleleri guýyny bolmalysyndan giňräk burawlaýarlar. Şonuň üçin olaryň yzyndan şaroşkaly doloto goýberilende päsgelçiliksiz girýär. Owradyyjy-goparyjy synpa

degişli buraw kelleleri “NedraII” tipli dolotolar, turbo dolotolar we başgalar bilen ulanylýar. Kelleler – üç, dört, altý sekiz şaroşkaly görnüşlerde (tipleri: S, ST, STZ, TIZ we K) goýberilýär. Surat 96-da ýokarlandyrylan kern almak koeffisiýentli altý şaroşkaly buraw kellesi görkezilen.



**Surat 96. Altýşaroşkaly buraw golowkasy (20H-K-190/80k)**

Surat 96-da düýbiň gýralaryny hem-de kerne galtaşýan uçastoklary almak üçin iki görnüşli şaroşka görünýär. Şaroşkalaryň goparyjylyk ukyby “K” tipden “S” tipe çenli – şaroşkalaryň konuslygyny üýtgetmegiň hasabyna ýokarlandyrylýar. Ýuwujy ergin deşigiň üsti bilen geçip (korpus bilen wtulkaň arasyndaky deşik) şaroşkaň düýpde

işleýän zonasyna düşýär. Bu ýerde wtulka kerni ýuwulmadan goraýan ekran boledi hyzmat edýär. Turbodoloto ýasalyşy boýunça üç şaroşkaly dolota meňzeş, dört şaroşkaly buraw kellesi bilen üpjün edilýär (surat 94w). Şaroşkaly buraw kelleleriniň şifrleri “UP” synpa degişli kelleleriň şifri ýaly: mysal üçin, 7B-K 190/48S – ýedinji model , Werhne-Sergin zawody, kolonkaly, kelläň diametri – 190m kerniň diametri 48mm, aralyk jynslar üçin.

### **§3. Kerniň owranmagynyň sebäpleri we kerni alyp çykarmagy köpeltmegiň çäreleri**

Synag üçin alynan kernleriň jemginiň uzynlygy hemişe kern almak üçin burawlanan aralykdan kiçi bolýar. kerni alyp çykarmagyň azalmazynyň iki sebäbi bar: geologiki we tehniko-tehnologiki (16, 61). Geologiki sebäp hakyky bolmaly zat, ony ýok edip bolmaýar, ýöne onuň kerni alyp çykarmaga täsirini peseltmek mümkin.

Birinji sebäp – dag jynsynyň berkliginiň pesligi. Barlaglaryň görkezmegine görä eger-de dag jynsynyň gatyly ştap boýunça 40-70MPa pes bolsa ýa-da бүкүлмеge berklik 0,7-0,9MPa pes bolsa kern alyp çykarman birden pese gaçýar. Kern enjam depesinden basanda, guralyň gapdala yrgyldamalarynda бүкүлме agramyň täsiri astynda we kerniň buraw kellesiniň kerni emele getiriji bölegine aýlanma momentinde sürtülme netijesinde döwürlýär. Kerniň özüne täsir edýän ýokarky owradyjy güýçlere garşylygyna ýokarlandyrmak üçin diňe kerniň diametrini ulaltmaly bolýar.

Ikinji sebäp – dag jynslarynyň suwa durumsyzlygynyň pesligi. Bular jynslara – çägeler akýan jynslar, gowşak sementleşen çägesew jyns we mele meňzeş hekler girýär. Şular ýaly ýerde kerniň alnyşyny köpeltmek üçin ýuwujy erginiň mukdaryny azaltmaly, kern alyjylyk. Koeffisiýenti ýokary bolan dolotolary ulanmaly we ýuwujy erginiň kern bilen galtaşýan wagtyny azaltmaly bolýar. Eger-de şertler gabat

gelýän bolsa şular ýaly ýerde howa üflenip arassalansa göwnejaý bolýar.

Üçünji sebäp – dag jynslarynyň jaýryklygynyň ululygy (köplügi). Şeýle jynslar öwnuk bölejiklere bölüp kerni –kerni kabul edijä girýän ýerde we kolonko turbasynda dykyn aldyrýar. Şonda kern sürtülme zerarly azalýar. Häzirki wagtda bu kynçylyk kolonkaly dolotanyň düzümine girýän güýçli çüwdürim döretýän nasosyň kömegi bilen kolonkoly turbada ýuwujy erginiň güýçli çykýan akymyny döretmek arkaly çözülýär.

Dördünji sebäp – dag jynslarynyň ýokary iýjiligi. Bular ýaly jynsda kern emele getiriji enjamlar we kerni kabul ediji enjam basym iýilýär. Iýijiligiň edýän täsirini peseltmegiň ýoly-dolotanyň enjamlaryny armirlemek, dolotonyň aýlanma sanyny çäklendirmek we kerniň almak üçin sarp edilýän wagty çäklendirmek zerur.

Tehniko-tehnologiki sebäpler kolonkoly dolotanyň gurluşy, saýlanyp alynan enjamlaryň düzümi we kern alynanda burawlamagyň düzgüni bolup durýar.

Kerniň alnyşynyň mukdaryna dolotanyň gurluş görnüşleri (ýasalandaky ölçegleri we mümkinçilikleri) täsir edýär we kerni kabul etmegiň we kerni almakyň koeffisiýentini kesgitleýär. Şonuň üçin dag jynsynyň berkligi we suwa durumsyzlygy näçe pes bolsa, şonçada dolotanyň kern alyjylyk we kern kabul edijilik koeffisiýenti uly bolmaly.

Kerni almaklyga kolonko dolotolarynyň ýasalyşynyň ölçege örän dogrylygy hem uly täsir edýär. Mysal üçin, doloto işlände iki gapdala yrgyldysy (urgusy) kerne berilýän güýji köpeltýär we onuň owranmagyna getirýär. Dolotanyň iki gapdala yrgyldaman dik ýagdaýda işlemegini buraw enjamlaryň düzüminiň dogry saýlanyp alynmagy we burawlamagyň düzgünine dolotonyň gabat gelýänligini saýlap almak arkaly gazanylýar.

Kerni almaklygy köpeltmegiň tehnologiki çäreleriniň biri hem buraw kellesi we onuň iş režimi bolup durýar. Kerni



goparyn almak we ony kolonko turbasynda göwnejaý saklamak üçin kerno ýolujynyp tipini we ölçeglerini saýlap almaly hem-de kern kabul edijiniň we buraw kellesiniň iýilmesini aňry çäk wagtyňy anyklamaly.

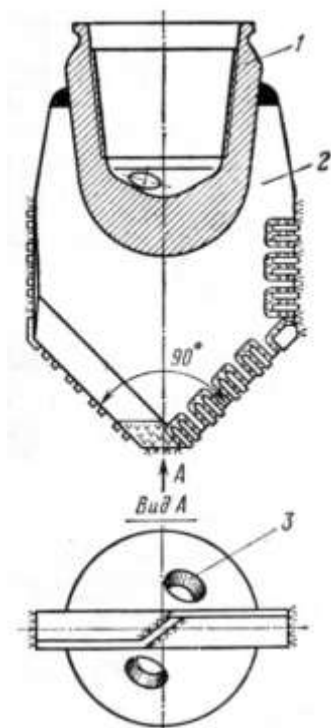
Kerni almagy köpeltmek burawlaýjynyň ussatlygyna hem bagly bolýar. Şonuň üçin tehniki we tehnologiýa enjamlara kämilleşdirmek bilen bir hatarda burawlaýjylaryň iş ussatlygyny ýokarlandyrmaga hem uly üns bermeli. Bu çäreleriň hem öz gezeginde kerniň alynmagyny köpeldýär.

#### **§4. Ýörite niýetlenen jynsowradyjy enjamlar**

Guýynyň içinde goşmaça işleri ýerine ýetirmek üçin naýza görnüşli we frezer dolotolary, kalibrabarlar we giňeldijiler goýberilýär. Frezer dolotolary UP dolotolaryndan aýratynlygy ýok (ýagny meňzeş).

Naýza görnüşli dolotolar 97-den 490mm çenli – iki tipde PR we PS – goýberilýär.

PR tipli doloto (surat 97) iki lopastly dolotaň esasynda ýasalýar. Ol korpusdan 1 we naýza şekilli lopastdan 2 durýar. Korpusda baglaşdyryjy hyr (rezba) we iki sany ýuwujy deşik 3 bar. Perli gaty splaw plastikalary bilen armirlenýär we soňra ýüzüne gaty splaw çaýylýar. Periniň kalibrleýji (gyryjy, bir ölçegde etmek) gyralarynda silindr şekilli dişjagazlar oturdylýar.



**Surat 97. Pikoşekilli dolota PR**

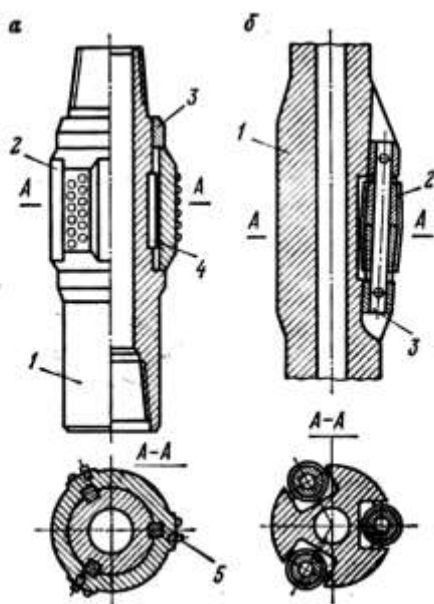
PR dolotolary guýynyň sütüni gaýdan işlemek üçin hem-de guýynyň düýbünde taýýarlamak üçin ulanylýar. PS tipli doloto hem gurluşy boýunça PR tipli dolotodan tapawutlanmaýar, diňe periň guralary armirlenmeýär. Bu doloto sement daşyny deşmek üçin niýetlenen (oturtma sütünde) we ol turbany zaýalamaly däl.

Kalibratörler we giňeldijiler edebiýatda umumy giňeldijiler ady bilen atlandyrylýar, ýöne olaryň gurluşlara ýerine ýetirýän işleri hem dürli-dürlüdür. Kalibratör diýip: dolotaň üstünde oturdylan we guýynyň sütünini ylaýyk dolotaň diametrine görä gyryp giňeldýän enjama diýilýär.

Kalibratorlar perli we şaroşkaly bolup bilýärler. Perleriniň sany boýunça: üç, dört we altı lopastly. Enjamlary görnüşi boýunça – gaty splawly, ISM we almazly bolup bilýär.

Surat 98a üç lopastly gaty splawly enjamly kalibrator görkezilen. Perli kalibratoryň esasy kemçiligi – diametriniň kiçelmegi zerarly enjamlarynyň basym iýilip onuň iş netijesiniň pesligi. Şaroşkalylar lopastla görä öndürüjilikli bolýar.

Olar köplenç üç şaroşkaly görnüşde (surat 98b) goýberilýär.



### Surat 98. Kalibratorlar

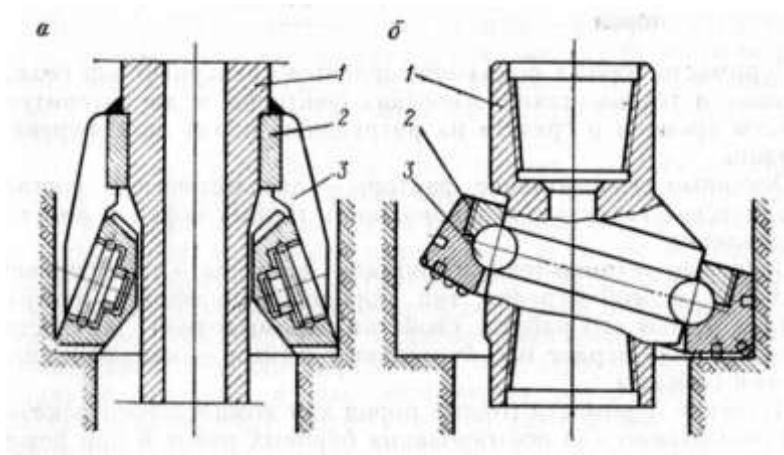
a-üç perli gurluşly: 1-korpusy; 2-mufta; 3-halka; 4-şponka; 5-gatypolatdan dişi; b-üç şaroška: 1-korpus; 2-ikiessse şaroška; 3-şaroşkanyň oky

Şaroşkalar korpusdaky boşluklarda – aşak goýberilende garşylygy birneme azaldar ýaly kalibratoryň onuna garanyň birnäçe burçunda ýerleşdirilen. Şaroşkanyň enjamy gaty splaw çayýlan oturtma dişjagazlar bolup bilýar. Bu kalibratorlaryň

esasy kemçiligi – şaroşkaň okunyň basym iýilmegi. Bu şaroşkalary guýyda buraw enjamlary sementlenende hem giňden ulanylýar kalibratorlary ulanmaklyk doloto iýilende guýynyň diametrini bir ölçegde saklamaga we dolotonyň gapdal yrgyldylaryny peseltmäge ýardam edýär.

Giňeldiji diýip guýynyň diametrini dolotonyň diametrinden hem uly giňeltýän jyns owradyjy enjama diýilýär. Mysal üçin, guýyny diametri 243mm doloto bilen burawlaýarlar, kerni bar bolan kolonkoly doloto (diametri 190mm) bilen alýarlar. Guýynyň diametrini 190mm-den 243mm çenli giňeltmek üçin giňeldiji ulanylýar. Giňeldijiler: kesiji-goparyjy, sürtülji-kesiji we owradyjy-goparyjy synplara gabat gelýän edip goýberilýär.

Surat 99a üç şaroşkaly giňeldijiniň görnüşi we iş shemasy görkezilen. Giňeldiji korpusdan 1 we oňa swarka edilen üç sany lapaly (penjeli) 3, muftadan 2 ybarat. Penjäh sanynda iki konusly şaroşka oturdylan. Şaroşkaň enjamlary frezerlenen we gaty splawly oturtma dişler bolup biler.



**Surat 99. Giňeldijiler**

a- Sergeýewiň üç şaroşkaly gurluşy; b- bir şaroşkaly gurluşy WNIIBT

Surat 99b bir şaroşkaly giňeldiji görkezilen. Giňeldiji korpusdan 1, şarikopodşipnikde 3 oturdylan şaroşkadan 2 ybarat. Şaroška gaty splawly diş bilen enjamlanan giňeldiji işlände guýy şlamdan ýuwujy erginiň ýokaryk akymy bilen arassalanýar.

## **X-NJY BAP.**

### **DAG JYNSLARYNYŇ BURAWLANMAGA ÝARAMLYLLYGY (MÜMKINÇILIGI)**

#### **§1. Dag jynslarynyň burawlamak üçin ýaramlylygy (burawlamagyň mümkinligi) barada esasy düşüňjeler (maglumatlar)**

Dag jynslarynyň burawlamaga degişlidigi (ýaramlydygy (şu ýerde burimost gornyh porod söziniň terjimesi – manysy şeýle: dag jynsyny burawlap bolýanlygy, ýa-da dag jynsynyň burawlanýanlygy, burawlamaga ýaramly ýa-da degişli diýip aldym) geologiki we tehniki-tehnologiki faktorlaryň (sebäpleriň) goşulmagyndan we guýy burawlananda oňa sarp edilen wagtyň we serişdäniň hemmesiniň bilejeminden kesgitlenýär.

Esasy geologiki faktor-litoliki düzüm, mehaniki häsiýet, dag jynsynyň bir dürli dældigi we gatlak basyşy.

Esasy tehniki-tehnologiki faktor – buraw desgasynyň tipi, burawlamagyň usuly, jynsowradyjy enjamyň görnüşü we onuň iş düzgüni, hem-de ýuwujy erginiň häsiýeti. Ýene-de buraw brigadasynyň iş ussatlygy hem uly ähmiýete eýedir.

Dag jynsynyň burawlamaga ýarammyllygyny öwrenmek: buraw işlerini meýilleşdirmek we başgada bir näçe tehnologiki meseleler çözülende hökmany gerek bolýar. Dag jynslarynyň burawlamaga ýaramlylygynyň görkezijisi hökmünde dag jynsynyň mehaniki häsiýetleriniň barlagynyň netijesi we dolotonyň önümçilikde işlän işiniň maglumatlary ulanylýar. Nebite gaza burawlananda burawlamaga ýaramlylyk

şamp boýunça gatylyk hasap edilýär we olar: ýumşak, aralyk, gaty, berk we örän berk dag jynslaryna bölünýär (tablisa 24).

Burawlamaga ýaramlylyk önümçilik hasabatlary boýunça hem: ýumşak, aralyk, gaty, berk we örän berk jynslara bölünýär we kabul edilýär. Ýöne önümçilik hasabaty köplenç şamp boýunça kesgitlenen gatylyga gabat gelmeýär. Dag jynsynyň burawlanmaga ýaramlylygy toplum önümçilik hasabynda görkeziji bolup 1m geçilen aralygyň özüne düşýän gymmaty bolup biler. Emma tehnologiiki meseleleri çözmek üçin başga ýönekeý görkeziji “S” – wagta baglylykda 1m geçilen çuňlugyň harajatlary boýunça bahasy ulanylýar. Bu görkeziji (VI. 11) deňleme boýunça kesgitlenýär. Stentde burawlamak (laboratoriýada) geçirilende – burawlamaga deňşililigiň başga görkezijisi – ýagny geçmegiň mehaniki tizligi we jynsynyň owranmak ýyglylygy (dolotonyň bir aýlawynda geçmek) ulanylýar. Geliň dag jynsynyň burawlanmaga deňşililigi bilen baglanyşykly bir näçe tehnologiik meselä seredeliň.

Birinji mesele: burawlamagyň tehnologiýasyny kämilleşdirmek geçen döwürde burawlamagyň görkezijilerine esaslanýar. Bu iş statistiki usullaryň ýygnaýmagyny we jemlenmeginiň zerurlygyny görkezýär. Informasiýanyň ýygnaýmagy we jemlenmegi dag jynsynyň paçkalar (gatlaklar) boýunça birmeňzeş burawlanmaga deňşlidigi boýunça geçirilýär. Kesimde paçkany (gatlagy) saýlap almak jynsynyň burawlamaga deňşlidigini öwrenmegiň esasy meselesi bolýar. paçkany saýlamakda esasy seretmeli zat: dag jynsyndaky owranmaga garşylygyň alamatlary we olaryň iýjiligidir.

Ikinji mesele. Saýlanyp alynan paçkany burawlamak üçin gerekli dolotony saýlap almak. Dolotonyň işiniň görkezijisi hökmünde 1m geçilen çuňlugyň wagta baglylykda bahasy alynýar. Diýmek burawlamaga deňşlilik barada hem şu görkezijini almak zerur hasaplanýar.

Üçünji mesele: paçkany burawlamaga deňşililiginiň detalizasiýasy (ýagny ownuk bölekler boýunça öwrenilmegi).

Sebäbi paçkanyň geologiki kesimi birmeňzeşdäl. Bu bolsa dolotonyň iş görkezijisiniň dürli bolmagyny aňladýar. Şonuň üçin dolotonyň işiniň netijesini derňew etmegiň statistiki usuly faktorlaryň (ýagdaýlaryň) her tüýsli bolmagyny, her tüýsli tipli dolotonyň ulanylmagyny göz önünde tutýar. Ýöne dolotonyň her tipli görnüşiniň ulanylmagy tötänden bolmaýar. Şertli mysala ýüzleneliň. Umumylykda alanynda paçka arzan doloto (mysal üçin, T tipli) bilen burawlanýar, emma burawlamasy kyn gaty jynslar K we TKZ gymmat dolotolar bilen geçilýär. Işiň netijesi derňew edilende T tipli dolotonyň işi amatly bolýar, emma K we TKZ tipli dolotolaryň iş netijeleri pes bolýar. Diýmek gelejekde taslamada T tipli doloto göz önünde tutular, emma K we TKZ dolotolary proekte salynmaz.

Ýöne paçkada burawlamasy kyn aralyklaryň barlygy hakykatdan hem duş gelýär we olar seredilýän paçkada dolotolaryň iş öndürijiligini kesgitleýär. Diýmek şu esasdaky analiziň çözgüdi hakyky däl. Şonuň üçin ulanmaga degişli dolotonyň tipini saýlamak üçin önümçilik netijesi gerek. Göz önünde tutulýan doloto bilen bütin paçka burawlanmalydyr, özem bir guýyda bir tipli doloto bilen. Diňe şeýle edilende iň amatly dolotyny saýlap almak bolar.

## **§2. Dag jynsynyň burawlamaga degişlidigine täsir etýän esasy esaslar**

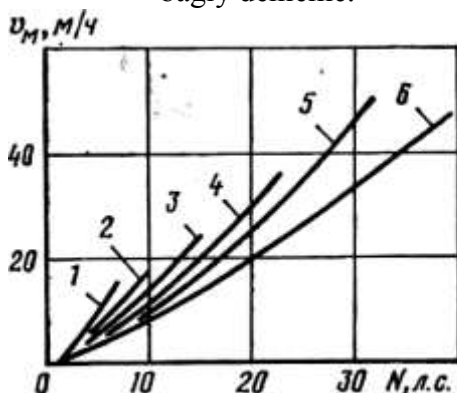
Dag jynsynyň burawlamaga amatlylygyna täsir edýän dürli esaslar önümçilik we netijeli (eksperimental) ýagdaýda öwrenilende aşakdaky görkezijiler ulanylýar: geçmegiň başky mehaniki tizligi  $\vartheta_M$ , dag jynsynyň öwranmak ýygylgy  $\delta_0$ . Görkeziji  $\delta_0$  jynsyň owranmak häsiýetine baha berilende tejribehanada barmagyň netijesi bilen deňeşdirilende has aýdyň görkezýär.

Jynsyň burawlamaga amatlylygy şamp boýunça gatylyga baglylygy netijeli taýdan barlananda, hemişelik düzgünde başlangyç mehaniki tizligiň şamp boýunça gatylyga

ters proporsionaldygyny görkezdi. Ýöne burawlamagyň tizligi dürli jynslar üçin şol bir şamp boýunça gatylykda dürli-dürlüdür. Dolotyň iş düzgüniniň umumylaşdyrylan ölçegi bolup guýyň düýbindäki sarp edilen kuwwat bolýar:

$$N=2\pi M_{ud}G_{ng} \quad (X. 1)$$

(VI. 3) deňleme bilen: ýagny geçmegiň mehaniki tizligi bilen bagly deňleme.



**Surat 100. Suw astyndaky dolotanyň aýlaw ýygylgy 1B-4aT, burawlamanyň mehaniki tizliginiň kuwwatynyň grafigi**

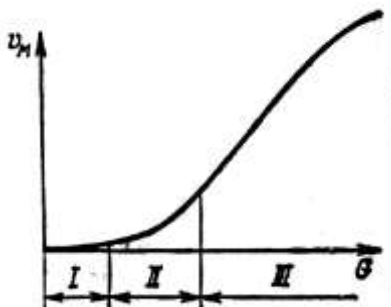
Suratdaky egri çyzygyň	1	2	3	4	5	6
Aýlaw ýygylgy, aýl/min	69	132	245	358	640	940

$\vartheta_M$ -iň  $N$  baglylygynyň eksperimental barlagynyň netijesi berilen. Suratdan görnüşi ýaly sarp edilyän kuwwatlyk ulaldygyça burawlamagyň tizligi artýar, özem artmaklyk dolotoň aýlaw sany azalyp doloto berilýän güýç köpeldigine artýar.

Sarp edilyän kuwwatyň artyk öwranmagyň energiýa harç edişiniň peselmegi  $\vartheta_M$ -iň  $N$  – baglylygynyň göniçyzykly dälidigini aňladýar. Dolota berilýän oklaýyn güýç  $G$  we



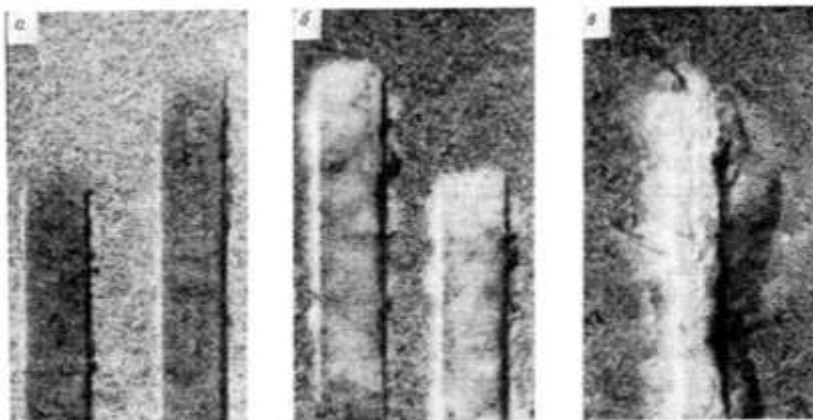
dolotonyň aýlaw ýygylgy  $n_g$  düýpdäki kuwwatyň ululygyny kesgitleýär. Dolota berilýän agramyň hasabyna kuwwatyň ulalmagy  $n_g = \text{const}$  burawlamagyň tizliginde we dag jynsynda dartgynly ýagdaýyň emele gelmegini döretýär.  $\Theta_M$ -iň  $G$  baglylygynyň tipini grafigi surat 101 berilen.



**Surat 101. Dolota berilýän oklaýyn agramda burawlamagyň mehaniki tizliginiň grafigi**

L.A. Şreýner [104] oklaýyn güýjiň üç sany häsiýetli meýdany belleýär. Bu meýdanlar deňişlilikde I, II, III bellenilen.

Surat 102 angidritiň laboratoriya şertlerinde diskaly element bilen owradylan üstüni we owranmagyň häsiýetli üç meýdany görkezilen.



**Surat 102. Dag jynslarynyň ýokarsynyň görnüşi (angidrit)**

a - ýokarsy pozulan; b – ýadawlygy; ç - göwrümi, d - owranmagy

I meýdan. Dag jynsynyň owranmagynyň tizligi güýje göni proporsional we örän kiçi. Enjam bilen dag jynsynyň galrtaşýan ýerinde hiç tüýsli owranmalar (pozulmalar) ýok (surat 102a).

Dag jynsynda işlemeklik sürtülme arkaly ýukajyk gatlaklary aýrmak arkaly barýar. Owranmagyň bu hadysasy üstleýni sürtülme diýip at berilýär. Diňe diş bilen burawlamak şekilinde jynsyň owranmagy öwrenilende-de owranmagyň I meýdany bolýar. (seret surat 82a). Bu meýdanda dag jynsynyň owranmagynyň birinji deňlemesi ösýär we  $\delta_{\max}$ -yň  $\alpha_K$  gönüden-göni baglylygyny aňladýar.

II meýdan (geçiji). Dag jynsynyň owranmagynyň tizliginiň we güýjiň göni proporsionallygy I meýdandan II meýdana geçilende pozulýar. (surat 101). Dag jynsynyň üstünde enjam bilen kontaktyň bolan ýerinde jaýryklar köpeliýär (surat 102, b).

Bu jaýryklar enjamyň yzygiderli kontakt etmesi zerarly ýadawlyk häsiýeti bilen ýüze çykýar. Sürtülme bilen bir hatarda jynsyň üstünde reňkiniň üýtgemesi hem ýüze çykýar. Bu owranma hadysasyna ýadawlyk diýip at berilýär. Dag jynsyny owratmagyň diňe diş bilen burawlamak shemasy

öwrenilende  $\delta_{\max}$ -yň  $\alpha_K$  gönüden-göni baglylygyň bozulmasy (surat 82a) port owranma ýetilenligi bilen baglydyr.

Dolotaň dişleri düýp bilen dürli ýagdaýda galtaşýar. Şonda güýjiň ýyglylygy giň möçberlerde üýtgeýär (tablisa 38 seret). Şeýlelikde geçiji meýdanda dişleriň galtaşan ýagdaýyna baglylykda owranmagyň birinji we geçiji görnüşleri bolup geçer. Özem dolota berilýän güýç ösdügiçe birinji görnüş owranmagyň paýy kiçelýar, geçiji görnüş owranmagyň möçberi ulalýar. Bu ýagdaý şaroşkaly doloto bilen burawlananda güýje baglylykda geçiji bölegiň çäginin giňligini aňlatýar.

III meýdan. Dag jynsynyň dartgynly ýagdaýy jyns owradyjy enjam bilen galtaşýan ýeriniň töwereginde jynsyň bölünmegine (gopmagyna) çenli ýetýär (surat 102 w).

Owranmagyň tizligi güýç ösdügiçe ulalýar. Şeýle owranmaklyga göwrüm owranmaklygy diýilýär. Dag jynsyny owratmagyň diňe diş bilen burawlamak şekili öwrenilende port owranmaklyga birden geçilýän bölek bölünýär. Geçmekligiň (gazmaklygyň) tizliginiň III bölegiň soňunda peselligi (surat 101) birden geçmekligiň çuňlugynyň aşryçäk ýagdaýyna ýetenligi bilen baglydyr. Surat 82a we 102 boýunça owranmaklyk deňeşdirilende, diňe diş bilen burawlananda bölekler ýerinden üýtgän, hasaplama üst sürtülme den dälde, port owranmagyň birinji görnüşi emele gelenden başlaýar. Diska bilen owratmaklyk öwrenilende edilen hasaplamalar (jynsyň iýjiligini kesgitlemek üçin) görkezijisine görä, üst sürtülme böleginde dolotonyň bir bölegini tutýar. Bu bolsa dolotaň işiniň iň pes görkezijisini hem gabat gelmeýär. Diýmek doloto üst sürtülme böleginde işlemeýär diýen ýaly. Onda jynsyň birinji owranma bölegi näme? Mysala seredeliň.

**Tablisa 44**

**Mramorlar burawlanyp suw bilen  $n_d=97$  aýl/min  
stendiniň netijesi**

<b>G, kN</b>	<b><math>\alpha_K</math></b>	<b>Owranan meýdan</b>	<b><math>\delta_0</math>, mm/ob</b>
15-30	0,6-1,2	Ýokarsy	0,64-0,70
49-90	1,8-3,5	Ýadow-göwrümi	0,91-1,98
105-120	4,1-4,7	Göwrümi	2,71

Mramory 1B-161T dolotasy bilen stentde burawlamagyň netijesi berilen.

Mramory AU-4 enjamda burawlamagyň netijesi tablisa 44 berilen netije bilen deňeşdirilende, tablisadaky birinji setirdäki  $\alpha_K$  we  $\delta_0$  ululyklary üst sürtülmesine gabat gelmän, owranmagyň birinji böleginden ikinji bölege geçmegine gabat gelýär, özem ikinji forma  $\delta_0$  ululygyna köp täsir edýär.

Tablisaň ikinji setiri durnukly ikinji görnüş owranmagy we üçünji görnüş geçmegi görkezýär. In soňunda üçünji setir üçünji formaň  $\delta_0$  ululygyna gowy täsir etmegine gabat gelýär. Şeýlelikde burawlananda owranma böleklerini ýüze çykarmak jynsyň owranmak hadysasynyň birden beýlekä geçýänligini görkezýär, ýöne gatylyk peseldigiçe I bölegiň deregine has gaty owranma görnüşi kabul edilýär.

Kuwwatiň köpelmegi bilen bir hatarda dolotaň aýlaw ýygylgy artdygyça enjamlaryň dag jynsy bilen özara täsir edýän wagty azalýar we deformasiýanyň ösmegine getirýär. Netijeli we önümçilik gözegçiligiň görkezişine görä (14, 67, 68) dolotaň  $G=\text{const}$  aýlaw ýygylgynyň artmagy burawlamagyň tizliginiň peselmegine getirýär, bu bolsa öz gezeginde dolotaň bir aýlawynda geçmegiň peselendigini anlatýar. Ýuwujy erginiň häsiýeti geçmegiň tizligine düýpli täsir edýär. Önümçilik gözegçiligiň [20] netijelerine seredeliň (tablisa 45).

**Tablisa 45**

## Mehaniki gazyjylygyn tizliginde $p_s$ guýyda gidrostatiki basyş we differensiýal basyşyn $r_a$ täsiri

Guýy	Gatlak jynsynyn cüňluev	$p_0$ , MPa	$p_s$ , MPa	$v_M$ , m/sagat	Guýy	Gatlak jynsynyn cüňluev	$p_0$ , MPa	$p_s$ , MPa	$v_M$ , m/sagat
I	3621	2,6	67	43,5	II	3285	1,4	42	17,4
	3660	2,6	68	45,9		3320	1,3	44	17,4
	4224	4,7	89	18,3		3330	1,3	44	16,2
	4275	4,5	91	18,9		3363	1,5	49	16,8
	4440	4,3	95	23,7		3388	1,5	53	15,8

Tablisadan görnüşini görä burawlamagyň seredilýän aralyga dag basyşy we guýydaky basyş düýpli täsir etmeýär, emma differensial basyş bolsa aýgytlaýjy rol oýnaýar.

Bellenip geçilişine görä jynsy burawlamaga ergginiň şepbeşikligi ýokary bolsa hem-de erginde gaty fazalar bolsa ýaramaz täsir edýär. Differensial basyşyn dag jynsyna owratmaga täsiri barada ýokarda (seret IV baş §5) aýdylyp geçildi.

### **§3. Magdan kännidäki kesimde bir meňzeş burawlanmak häsiýeti bolan paçkalara (böleklere) bölmegin düşündirişi**

Bir meňzeş burawlanmak häsiýeti (burawlamaga degişlilik) bolan paçkalara bölmek düşündirişi W.S. Fýodorow tarapyndan beýan edildi.

Jynsyn burawlanmaga degişlilik täsir edýän esasy deliller boýunça bu prinsipleri aşakdaky ýaly bölmek mümkin:

- 1) paçka arasy üzülmeyän bolmaly
- 2) paçka bir razmerdäki doloto bilen burawlanmaly şol bir ergin bilen ýuwulmaly
- 3) paçka litologiýasy boýunça ýakyn dag jynslary bilen düzülen bolmaly
- 4) dag jynsynyn mehaniki häsiýetiniň görkezijileri ýa-da burawlamaga ýaramlylygy önümçilik görkezijiler boýunça

çuňluga gitdigiçe statistiki görkezijiden kän tapawutlanmaly däl.

Bu talaplar aşakdaky paçka bölmek tertibini şertlendirýär. Ilki bilen guýynyň gurluşyna laýyklykda seredilýän ýatakda dolotaň dürli diametrleri bilen burawlamaly aralyklar bellenýär, soňra birmeňzeş ýuwujy ergin bilen ýuwulmaly aralyk, soňra litologiki alamatlar boýunça, in soňunda mehaniki häsiýetiniň alamatlary boýunça, olaryň ýok ýerinde promysel görkezijileri boýunça belleniýär.

Ýokarda aýdylyşy ýaly burawlamaga ýaramlylyk dolotaň tipine we onuň iş düzgünne bir näçe derejede bagly bolýar. şonuň üçin dag jynsynyň birmeňzeşliginiň aralygy saýlanyp alynanda dolotoň esasy tipi we onuň iş düzgüni saýlanyp alynmalydyr. Burawlamaga ýaramlylygyň birmeňzeş paçkalarynyň bölüniş tertibi tablisa 46 görkezilen.

**Tablisa 46**

**Başkiriň Sergeýew meýdanynyň birmeňzeş burawlanan kesimiň paçkasynyň bölünmeginiň mysaly**

Stratigrafiýasy	Litologýasy	Kesimiň aralygy			Birmeňzeş aralyklar			Birmeňzeş burawlanan paçka
		Guýy gurl	Ýuw.suw	litologý	H boýunça, t <sub>12</sub>	T boýunça, t <sub>12</sub>	t(P,k)	
Dördünji çökündi	Suglinki çäge	Gönük-diriji	Toýun-sow ergin		-	-	-	I
Ufimiň switasy	Galeçnik we cage galyňlygy bilen toýun	Konduktor	Toýun-sow ergin		-	-	-	II
Kungur	Hekdaşlar	Ulanma	Suw		-	-	-	III

ýarusy	angidritler we üstaşyr dolomitler	sütuni						
Artin ýarusy	Hekdaşlar dolomitler				0,9	0,7	2,0	
Sakmar ýarusy	Hekdaşlar dolomitler we ýgy kremniler				-	-	-	IV
Ýokarky karbon	Hekdaşlar dolomitler we ýgy kremniler				1,0	1,6	2,0	

Tablisa 46 görnüşi ýaly başgyrdyslanyň şerti üçin paçkalaryň araçäklerini stratigrafiki bölümleriň araçäkleri boýunça gabat gelýär. Artin we sakmar ýaruslaryň araçägi dag jynsynyň döňuk gatan sakmar ýarusynyň barlygy bilen şertleşýär, ýagny jynsyn burawlamaga ýaramlylygyna düýpli täsir edýär. Aralygyň birmeňzeşliginiň barlagy ortalygy statistiki deňeşdirme usulyboýunça geçirilýär. Bir tipli buraw desgasy, kabul edilen dolotaň esasy tipi we olaryň iş düzgüni burawlamaga ýaramlylygyň toplum görkezijilerini hasaplaman, göni dolotoň işi, ýagny – dolotaň geçijiligi (gazyjylygy) H we dolotoň işe ýaramly wagtyň möhleti T bilen baha berilýär. Kungur we artin ýaruslary hemme alamlary boýunça bir paçka birleşdirilýär. Şol paçkaň birmeňzeşligini barlamak üçin bar bolan önümçilik görkezijilerden tötänden saýlap almak metody arkaly her stratigraf bölekden on sany görkezijini, (ýagny dolotaň işi baradaky görkezijini) ýazyp alýarys. Şonda her stratigraf bölegi üçin iki wariasion hatary alarys. “P” statistiki durnuklylygyň ululygyny tapýarys.  $P=0,95$  diýip alýarys. Her hatary ösüşiň ululygy tertibinde ýazýaryn.

$$X_1 < X_2 < \dots < X_i < \dots < X_{n-1} < X_n.$$

$n$  – wariasionnyý hataryň agzalarynyň sany.

$x_n$  ähmiýetini barlamak üçin edilýär:

$$\frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} \leq R_1 \quad (X. 2)$$

$$\frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2} \leq R_2 \quad (X. 3)$$

$$\frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_1} \leq R_3 \quad (X. 4)$$

Deňleme (X. 2)  $x_1$  ähmiýetiniň kiçiligini nazara alýar. Deňleme (X. 3) hataryň iki agzanyň  $x_n$  we  $x_{n-1}$  kiçiligini (ähmiýetiniň pesligini) nazara alýar.  $x_1$  ähmiýetini barlamak aşakdaky ýaly:

$$\frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \leq R_1 \quad (X. 5)$$

$$\frac{x_2 - x_1}{x_n - x_2} \leq R_2 \quad (X. 6)$$

$$\frac{x_3 - x_1}{x_n - x_1} \leq R_3 \quad (X. 7)$$

Çözüdi öňkilere meňzeş  $K_i$  koeffisiýentiň kritiki ähmiýeti tablisa 47 berilen.

**Tablisa 47**

**Kriteriýanyň  $k_i$  ygtybarly bahasy  $P=0.95$  (4)**

<b>n</b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>2</sub></b>	<b>k<sub>3</sub></b>	<b>n</b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>2</sub></b>	<b>k<sub>3</sub></b>
3	0,941	1	1	9	0,437	0,512	0,567
4	0,765	0,955	0,967	10	0,412	0,477	0,531
5	0,642	0,807	0,845	11	0,376	0,428	0,481
6	0,560	0,689	0,736	12	0,338	0,381	0,430
7	0,507	0,610	0,661	13	0,300	0,334	0,372
8	0,468	0,554	0,607	14	0,260	0,283	0,322



Alynan hatarlaryň häsiýetnamasyny kesgitleýärler - ýagny “x” ortaça ähmiýeti we S ortaça kwadrat gyşarmasyny aşakdaky deň-e boýunça kesgitlenýär

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (X. 8)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (X. 9)$$

we  $\bar{x}$  iki rýady deňeşdirmek üçin umumy ortaça kwadrat gyşarmany deň-e boýunça hasaplaýarlar

$$S_{12} = \sqrt{\frac{S_1^2(n-1) + S_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (X. 10)$$

1 we 2 – hatarlary aňlatýan indeks, soňra  $t_{12}$  parametriniň paýlanyşy; Stýudent boýunça  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$  tapawudy

$$t_{12} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{12} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (X. 11)$$

Hasaplanylýan  $t_{12}$  ähmiýeti (bahasy) tablisadaky baha bilen deňeşdirilýär ((P, R) paýlanyş parametri, P berlen bahasynda)

$$R = n_1 + n_2 - 2$$

Eger  $t_{12} > t(P, R)$  onda  $\bar{x}_1$  we  $\bar{x}_2$  tapawut statistiki ähmiýetli we tötänleýin ululygy iki hatara bölmek dogry geçirilipdir. Eger  $t_{12} < t(P, R)$  bolsa, onda  $\bar{x}_1$  we  $\bar{x}_2$  ähmiýetsiz we ululyga iki hatara bölmek geçirilmeyär, hemde şu aralyk birmeňzeş diýilip hasap edilýär. Birinji ýagdaýda aralyk iki paçka hökmünde, ikinji ýagdaýda – bir paçka hökmünde seredilýär. Ortaça geçmegiň  $(\bar{H}_1 - \bar{H}_2)$  ara tapawudynyň Stýudent boýunça paýlanyş görnüşiniň we ortaça uzak möhletli iş ukybynyň  $(\bar{T}_1 - \bar{T}_2)$  ara tapawudynyň hem-de  $t(P, R)$  tablisa ähmiýetiniň hasaplamalary tablisa 46 getirilen.

Tablisadan görnüşi ýaly burawlamaga ýaramlylyk kungur we artin ýaruslarynda bölünen paçkalarda statistiki taýdan ara tapawut ujypsyz. Şeýle netije dag jynslarynyň sakmar we ýokarky karbon ýaruslary boýunça hem şeýle (seret tablisa 46). Eger-de stratigrafik bölüm ikiden köp bolsa ýokarky bölüm esas hökmünde alynýar, beýlekiler bolsa şonuň bilen deňeşdirilýär. Dag jynsynyň mehaniki häsiýetleri birmeňzeşligi hem (paçkada) edil ýokardaky ýaly geçirilýär.

#### **§4. Dolotaň dürli gurluşlarynyň netijeliligine baha**

Ylmyň we tehnikanyň ösmegi bilen täze-täze dolotonyň gurluşlary döredilýär. Ýöne doloto döredilende, döredilen dolotodaky täzelikler öňki dolotodan gowy bolar diýip öňünden kepil geçip bolmaýar. Ony diňe önümçilik synagynda ýüze çykaryp bolýar.

Häzirki wagtda synag dolotolary WNIIBT [91] tipowoý gollanma bilen häsiýetlendirilýär. Gollanmada bir meňzeş geologo-tehniki şertlerde täze çykarylan we öňden ulanylýan dolotolary parallel synag etmek göz önünde tutulan. Esasy görkeziji hökmünde 1m geçmekligiň harajatlar boýunça (wagta görä) bahasy alynýar.

Synag ediljek dolotolaryň sany minimal, ýöne synagyň netijesini kabul etmäge ýeterlik derejede bolmaly we bazowoý (öňden işläp gelýän) dolotanyň işiniň netijesi boýunça kesgitlenýär. Hasaplamak üçin öňden gazylan guýuda, synag geçiriljek aralykda 10-12 doloto bilen burawlap tötänleýin barlag üçin ilkinji görkezijileri alýarlar we şol esasda “S” görkezijisini hasaplaýarlar. Alynan görkezijiler wariasiýa hataryny düzýär. Şu hataryň çetki çlenleri barlanansoň (X.2) we (X. 7), “S” we “S” ähmiýetlerini (X.8) we (X. 9) deňleme bilen hasaplaýarlar.

Synagda mümkin bolan otnositel ýajyşlyk “Δ” we berklik bahasy “P” kabul edilýär.

$\Delta=0,2\div0,4$ ;  $P=0,95$  maslahat berilýär

Şonda synaglaryň sany for-a boýunça kesgitleniz

$$n = \left[ \frac{t(P)S}{\Delta C} \right]^2 \quad (X. 12)$$

$t(P)$  – adaty takmynlygyň paýlanyşynyň görnüşi.

$$t(0,95)=1,95$$

Synagdan soň synag edilýän we bazowyý dolotolaryň işiniň ilkinji görkezijileri boýunça “S” görkezijisini hasaplaýarlar, iki wariasiýa hataryny düzýärler, ähmiýetsiz görkezijileri aýryp taşlap şu hatarlaň ortaça häsiýetini deňeşdirýärler. Şonda bir näçe ýagdaý ýüze çykmagy mümkin:

1)  $\bar{C}_0 - \bar{C}_\sigma$  (0-synag edilýän dolotoň indeksi) ( $\sigma$ -bazowyý dolotoň indeksi) özem ara tapawut ähmiýetli. Bu synagyň netijesiniň položiteligi, diýmek ýüze çykan öwnuk kemçilikleri düzedip, beýleki synaglara başlamak ýa-da şu dolotany köpçülükleýin önümçilige goýberip başlabermeli diýdigi

2)  $\bar{C}_0 < \bar{C}_\sigma$  ýa-da  $\bar{C}_0 > \bar{C}_\sigma$  yöne ara tapawut statistiki onçakly uly däl (ähmiýet bererli däl). Diýmek kemçilikleri düzedip synagy täzeden gaýtalamaly

3)  $\bar{C}_0 > \bar{C}_\sigma$  özem ara tapawut statistiki ähmiýetli. Bu diýmek synag otrisatel netije berdigi. Burawlamaga ýaramlylygy bir meňzeş paçkalarda dolotonyň dürli tipleri edil ýokardaky ýaly synagdan geçirilýär.

## EDEBIÝAT

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. 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. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
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” gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Çaryýew M. Öwezow M. Guýy burawlananda dag jynsynyň ýumurylmagy dersi boýunça ýyllyk işini (taslamasy) ýerine ýetirmek barada usuly görkezme. Aşgabat, TPI, 2007.
11. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. М., Недра, 1985.
12. Пещалов Ю.А. Бурение нефтяных и газовых скважин. М., Недра, 1980.
13. Спивак А.И., Попов А.Н. Разрушение горных пород при бурении скважин. М., Недра, 1979.
14. Спивак А.И. Механика горных пород. М., Недра, 1967.

## MAZMUNY

Giriş .....	7
I-nji bap. Bütewi sredañ mehanikanyň esaslary .....	18
II-nji bap. Dag jisimleriniň mehaniki häsiýeti we olary kesgitlemegiň usullary .....	39
III-nji bap. Guýyny gurşap alýan dag jynslarynyň mäkämliگی we dartgynly ýagdaýy .....	58
IV-nji Dagjynsyny üstünden basanyňda onuň bap.owranmagynyň esasy kanunalaýyklygy we onuň mehaniki häsiýetleriniň görkezijileri .....	74
V-nji bap. Dag jynslarynyň abraziwligi .....	128
VI-njy Jyns owradyjy enjamlar bilen dag jynsynyň bap.owradylyşy barada umumy maglumatlar .....	158
VII-nji Kesiji-goparyjy we sürtüji-kesiji synpa degişli bap.dolotalar .....	164
VIII-nji bap.Owratýan-goparýan synpa degişli dolotalar .....	189
IX-njy Dag jynslarynyň halkalaýyn düýp bilen bap.owradylmagy. Ýörite niýetlenen jyns owradyjy enjamlar .....	259
X-njy bap. Dag jynslarynyň burawlanmaga ýaramlylygy (mümkinçiligi) .....	274
Edebiýat .....	289