

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

D.Orazdurdyýew

TEÝGUMLARYŇ MEHANIKASY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

D.Orazdurdyýew, Teýgumlaryň mehanikasy.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat –
2010 ý.

Giriş.

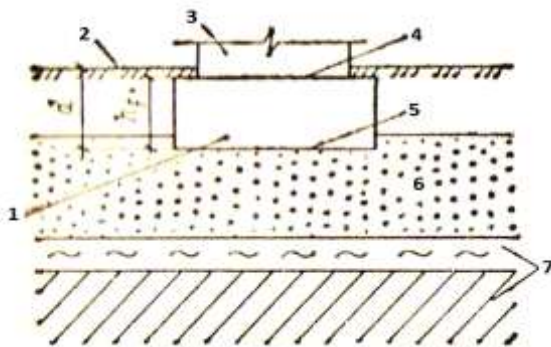
Esasy düşünjeler: teýkar we binýat. Teýgumlar mehanikasynyň manysy, çözyän meseleleri, ösüş taryhy, ähmiýeti, gaýry ylymlar bilen baglansygy

Esasy düşünjeler we kesgitlemeler

Ähli desgalar özüne täsir edýän basyşy hem-de öz agramyndan döreýän basyşy teýkara (esasa) geçirýär. Üstünde desga gurulan (galdyrylan) teýgumlar toplumyna *teýkar (esas)* diýilýär. Teýkar desgadan basyşy kabul edýär we onuň täsirinden ýarsýar. Teýkar aşa ýarsanda desga hem ýarsýar, netijede desganyň adaty ulanylyşyna päsgelçilik döreýär, kä halatlarda desga ýumrulýar. Teýkarlar *tebigy* we *emeli gowulandyrylan* teýkarlara bölünýärler. Ýörite deslapky taýýarlyksyz *tebigy* teýgumlardan düzülen teýkarlara *tebigy teýkar* diýilýär. *Tebigy* ýagdaýda dykyzlandyrylan we berkidilen hem-de adamyň önümçilik we hojalyk işlerinde dörän gaty galyndylaryndan düzülen teýkarlara bolsa, *emeli teýkarlar* diýilýär.

Desgalaryň teýkary, materialy ýa-da daşyny gabap alan gurşawy bolup hyzmat edýän mukdary üýtgäp bilýän dürli jisimlerden düzülen islendik dag jynsyna, topraga ýa-da adamtarapyn emele gelen gatlaklara *teýgum* diýilýär. Ýeriň ýüzüne golaý ýatan teýgumlar klimatik, meteorologik we başga täsirlere sezewar bolýarlar. Ýagny weýranlaşmanyň netijesinde ýokarky gatlaklaryň göterebilijilik ukyby peselýär; doňmanyň we eremäniň, yzgarlap çişmäniň we gurap ýygrylmanyň täsirinden teýgumlaryň dikligine süýşmesi ýüze çykýar; mör-möjekleriň, janly-jandarlaryň, ösümlükleriň täsirinden teýgumlaryň bitewiligi bozulýar, berkligi peselýär we ş.m. Şu sebäplere görä binýatlar ýeriň

ýüzünde guralman, käbir çuňlukda ýerleşdirilýär. Desgadan basyşy teýkara geçirýän desganyň ýerasty ýa-da käbir çuňlukda ýatan bölegine *binýat* diýilýär.



1-nji surat. Teýkar bilen binýadyň shemasy

1-*binýat*; 2-*ýeriň ýüzi*; 3-*ýer üsti konstruksiýalar*; 4-*binýadyň üçegi*; 5-*binýadyň dabany*; 6-*teýkaryň göteriji gatlagy*; 7-*aşaky gatlaklar*.

Binýadyň aşaky üstüne (tekizligine) onuň *dabany*, ýeriň tekizlenen üstünden binýadyň dabanyňa çenli aralyga *binýadyň ýatyş çuňlugy* diýilýär. Köpgatly teýgum toplumynda binýadyň galtaşýan (üstünde durýan) gatlagyna *göteriji*, beýlekilerine bolsa *aşaky gatlaklar* diýilýär.

Köplenç teýgumlara inžener desgalaryny özünde ýerleşdirýän (direg desgalary, çuňlandyrlan we ýerasty desgalar, turbageçirijiler, kollektorlar we ş. m.) gurşaw hökmünde seredilýär. Onda taslama düzülende diňe desganyň teýguma täsirinden başga, teýgumyň desga ýetirýän täsiri hem hasaba alynmalydyr.

Köp desgalar (ýol üýşmekleri, gorag dambalary, gum gatlaklary we ş. m.) dolulygyna ýa-da köp bölegi teýgumlardan

(gurluşyk materialy)gurulýar. Bu teýgumlar öz gezeginde teýkarlardaky tebigy teýgumlar bilen özara täsirleşýärler.

Jaýdyr-desgalaryň özbaşyna däl-de şäher ýa-da senagat gurluşyk toplumynyň bir bölegi ýaly seredilýändigini bellemeli. Bu şertlerde olar bir-birine golaý gurlup, bilelikde teýkara täsir edýärler. Şäher we senagat gurluşyk toplumlarynda hojalyk maksatlary üçin ýerasty giňişlik hem giňden ulanylýar, bu bolsa, teýkarda goşmaça prosesleriň işjeňleşmesine sebäp bolýar. Bu ýagdaý hem taslamalar düzüleninde hasaba alynmalydyr.

Basyşlaryň täsiriň astynda teýgumlaryň özüni alyp baryşy çylşyrymly proseslere bagly bolup, ol konstruksion materiallardan tapawutlanýar. Bu bolsa ýarsma we synma prosesleri beýan etmek üçin teýgumlaryň mehanikasynyň ýörite eksperimental usullaryny we nazary apparatyny işläp düzmeği talap edýär.

Teýgumlaryň mehanikasy teýgumlaryň fiziki we mehaniki häsiýetlerini, teýkarlaryň dartgynly ýagdaýynyň we ýarsmalarynyň hasap usullaryny, teýgum toplumynyň durnuklylygyna baha kesilişini we desgalara teýgumyň basyşlaryny öwrenýär. Teýgumlaryň berkligi konstruksion materiallara garanynda adatça ýüzlerçe esse pes, ýarsmasy bolsa münlerçe esse artyk. Teýkardaky teýgumlaryň göterebilijilik ukyby doly ulanylmasa gurluşygyň bahasy gymmatlaýar. Eger-de teýkardaky teýgumlar ýalňyş bahalansa, desganyň ýumrulmagyna sebäp bolýar. Şonuň üçin diňe teýgumlaryň berklik we ýarsma häsiýetleri dogry bahalandyrylman, teýkara desgadan düşýän basyşyň laýyk (optimal) konstruktiv çözgüdi hem işlenilmelidir.

Şeýlelikde, teýgumlaryň mehanikasy, teýkarlar we binýatlar desrler toplumyny emele getirýär. Olar teýgumlaryň basyşyň astynda özüni alyp baryş aýratynlyklaryny hem-de desganyň täsirinden döreýän basyşy teýkara geçirmek ýollaryny öwrenýärler.

Dersiň beýleki ylymlar bilen baglanşygy

Teýgumlaryň mehanikasy inžener geologiýasy bilen berk baglanşyklydyr. Sebäbi inžener geologiýasy ýeriň gaty gabygynyň ýokarky bölegini adamyň inžener işlerinde sreda (gurşaw) hökmünde öwrenýär. Teýgumlaryň mehanikasyna düşünmek üçin mehaniki-matematiki sikliň derslerini: materiallaryň garşylygyny, maýyşgaklyk nazaryýetini, gurluşyk mehanikasyny, matematiki analiziň usullaryny bilmek zerurdyr. Taslamalar düzülende gurluşyk konstruksiýalaryny, gurluşyk önümçiliginiň tehnologiýasyny, tehniki howpsuzlygyny, gurluşygyň ykdysadyýetini we gurnalyşyny bilmelidir. Häzirki döwürde awtomatlaşdyrylan taslamalar düzülýär, şonuň üçin EHM bilen, esasan personal kompýuterler bilen işlemäni başarmaly. Bilişimiz ýaly dürli gurluşyk, esasan hem teýkardaky teýgumlar bilen bagly gurluşyk teýgumlaryň massiwinde tebigy ýagdaýy üýtgedýär. Şonuň üçin bu gurluşyk sikliniň dersleriniň wajyp düzüjisi *gurluşyk ekologiýasy* bolmalydyr. Gurluşykda daşky tebigy gurşawy aýap rejeli ulanmak, oňa ýetirilýän zyýanly täsiri düýpden aýyrmak, umuman, ekologik meseleler örän wajypdyr.

Binýat gurluşygy baradaky ylymlaryň gysgaça ösüş taryhy

Köp asyrlaryň dowamynda gurluşygyň esasynda diňe adamyň tejribesi ýatyrdy. Bu tejribäni jemlemäge çemeleşmeler ir döwürde başlanýar. Meselem, gadymyýetiň görnükli binagäri (b.e.ö. I asyr) Bitruwiý şeýle ýazýar: “Uly ymaratlaryň binýatlaryny gurmak üçin gaty jynslara çenli gazmaly..... we binýatlary desganyň möçberine laýyklykda çuňlukda gaty gatlaklaryň üstünde gurmaly”. Emma uzak wagtlap gurluşyk ylym däl-de sungat diýlip hasaplandy.

XVIII asyryň aýagynda XIX asyryň başynda senagat rewolýusiýasy tehnikaýň, ulagyň, gazylyp alynýan we beýleki senagat pudaklaryň pajarlap ösmegine getirdi. Netijede desgalaryň konstruksiýalarynyň çylşyrymlaşyp, gurluşygyň göwrüminiň düýpgöter ösmegine getirdi. Bu bolsa, adam pidaly we iri material ýitgili awariýalaryň sanynyň artmagyna getirdi. Netijede, ähli gurluşyk pudaklaryna ylmy çemeleşmäniň ýüze çykmasyna zerurlyk dörettdi.

Teýgumlaryň mehanikasy baradaky ilkinji ylmy iş diýlip, K. Kulonyň (Fransiýa, 1773 ý.) direg diwarlaryna baglanşyksyz teýgumlaryň basyşy teoriýasy hasaplanýar.

1885-nji ýylda prof. Ž. Bussineskonyň “Maýyşgak toprakda jemlenen güýçden dartgynlygyň ýaýraýşy” atly ylmy işi çap edilýär. Bu iş ilkinji gezek sowet alymlary (N.N. Iwanow we başgalar) tarapyndan teýgumlaryň mehanikasynda ulanylýar. Soňra bolsa, teýgumlardaky dartgynlygyň kesgitlenşine esas edilip goýulýar. 1915 ý. prof. P.A.Minýaýew maýyşgaklyk teoriýasyny baglanşyksyz teýgumlardaky dartgynlygyň hasabynda ulanýar. 1923 ý. bolsa, N. P.Puzyrewskiý “Ýerjimek teýgumlaryň Umumy maýyşgaklyk teoriýasyny” teklipe edýär. Şol ýyl akad. N.N.Pawlowskiý öz “Teýgum suwlaryň hereketiniň teoriýasy” atly düýpli işinde häzirki süzülme hasaplarynyň esasyny goýdy.

Teýgumlaryň mehanikasy ylmynyň ösmeginde nemes alymy prof. K.Tersaginiň “Fiziki häsiýetleriniň esasynda teýgumlaryň gurluşyk mehanikasy” we “Teýgumlaryň teoretik mehanikasy” kitaplarynyň uly ähmiýeti bolupdyr.

Häzirki teýgumlaryň mehanikasyna prof. N.M.Gersewanowyň “Teýgum massasynyň dinamikasynyň esasy” atly işi uly goşantdyr.

Teýgumlaryň aňrybaş deňagramlylyk teoriýasyna W.W.Sokolowskiý, W.G.Berezansow, M.W.Malyşew we beýleki alymlaryň aýratyn goşantlary bar.

Teýgumlaryň ýarasmagyna baha bermek we binýatlaryň çökmekliginiň hasaplary soraglaryň çözgüdine degişli uly ylmy

işleri N.M.Gersewanow, N.A.Sytowiç, W.A.Florin, N.N.Maslow, M.N.Goldşteýn, K.Ý.Ýegorow, B.I.Dalmatow we beýleki alymlar geçirdiler. Teýgumlaryň sozulyp süýşmesine degişli barlaglary S.S.Wýalow, S.R.Mesgan, Ý.K.Zareskiý, A.Ý.Budin we başga alymlar geçirdiler.

Müdümi doň teýgumlaryň ýarsmasyna degişli ylmy işleri N.A.Sytowiç, S.S.Wýalow we başgalar; lýos teýgumlaryna – Ý. M.Abelow, N.Ý Denisow, A.K.Larinow we başgalar; sarsgynly basyşyň täsirinden teýgumlaryň ýarsmasyna – D.D.Barkan, P.L.Iwanow, N.N.Maslow we başgalar geçirdiler.

Häzirki wagtda gaty belent jaýlar we agyr desgalar gurulýar. Senagat jaýlarynyň içinde ujypsyz ýarsma ýol berilmesiz enjamlar oturdylýar. Olar teýkarlara we binýatlara aýratyn talaplar bildirýärler, jaýlaryň basyşyny has aşaky gatlaklara geçirilmek zerurlygy ýüze çykýar. Bularyň hemmesi gurluşygyň gymmatlamagyna getirýär. Ýöne teýgumlaryň we guruljak desgalaryň bilelikdäki ýarsmasyny dogry çaklamaklyk talap edilýän ygtybarlylygy üpjün etmekligiň dogry çözgüdini tapmaga getirýär.

Desgalary abatlamak işlerinde basyşy esasa geçirmek meselesi gaty kyn çözülýär.

Mundan beýläk, gurluşyk işlerinde teýgumlaryň mehanikasy teoriýasynyň ylmy gazananlaryny has köp we gowy ulanmaklyk, inženerçilik işinde teýgumlaryň mehanikasynyň ähmiýetini artdyrýar.

2. Teýgumlaryň düzümi, gurluşy we ýagdaýy

2.1. Teýgumlaryň jisim düzümi

Teýgumlaryň madda düzümi

Teýgum hökmünde mukdary üýtgäp bilýän dürli jisimlerden düzülen islendik dag jynsy, toprak ýa-da adamtarapyn emele gelen gatlaklar hyzmat edip bilerler. Bu ýagdaý agzalan dag jynslaryna, topraklara, emeli gatlaklara desgalaryň teýkary, materialy ýa-da daşyny gabap alan gurşawy ýaly garalanda göz önünde tutulýar. Şeýlelik bilen teýgum, tutuş gaty jisimden düzülen madda däl-de, köpjisimlidir.

Umuman alanyňda, teýgumuň düzümindäki jisimleriň sany 5 görnüşe çenli ýetip biler: gaty jisim, howa (gazlar), suwuk jisim, süýgeşik jisim (buz) we janly jisimler.

Gaty jisimler teýgumuň süňňüni düzýänligi sebäpli, olar teýgumuň düzüminde hemişelik saklanýarlar. Howa (ýa-da gazlar) gaty jisimleriň arasyndaky boşluklary doldurýarlar. Teýgum yzgarlanda boşluklardaky howany suw bölekleyin ýa-da tutuşlygyna gysyp çykarýar we boşan ýerleri doldurýar.

Teýgumuň düzümindäki suw doňsa, ol buza (ýa-da ideal süýgeşik jisime) öwrülýär. Teýgumuň düzüminde her hili mikroorganizmler, ösüp barýan ösümlikleriň kökleri, ýer köwüji jandarlar, mör-möjekler bolup bilerler. Olar janly jisimleri düzýärler.

Teýgumuň jisim düzümi we häsiýetleri biri-birilerine ýakyn baglydyrlar, Türkmenistanyň şertlerinde teýgumlar köplenç üç jisimli görnüşde duşýarlar: gaty jisim, suw we howa. Şol sebäplere görä, bu jisimler giňişleýin seredilmäge mynasypdyrlar.

Gaty jisimleriniň mineral düzümi

Hemme teýgumlardaky gaty jisimler minerallaryň ýa-da dag jynslarynyň bölejiklerinden ybaratdyrlar. Teýgumuň häsiýetleri şol bölejikleriň mineral düzümi, möçberi, sypaty, dürli möçberli bölejikleriň mukdary, sepleşikleri bilen kesgitlenilýär.

Minerallar, umuman, öwrenilende himiki düzümi boýunça 10 synpa (klasa) bölünýärler. Inžener geologiýasynyň talaplaryna laýyklykda, minerallar himiki düzümi boýunça däl-de, kristallardaky atomlaryň arasyndaky sepleşdiriji güýçleriň esasynda dört topara bölünýärler: ilkinji silikatlar, adaty duzlar, toýun minerallary we organiki madda.

Ilkinji silikatlar

Silikatlar toparyna kremniniň birleşmelerinden düzülen minerallar degişlidirler. Ilkinji silikatlara atomlary biri-birine kowalent baglanyşyk güýçler bilen dartylýan minerallaryň hemmesi degişlidirler (şertleýin). Bu topara magma sowap gatanda döreýän örän köp sanly minerallar girýärler: almaz, kwars, meýdan şpatlary, slýudalar we ş.m. Bu toparyň minerallary gatylygy, berkligi, durnuklylygy, suwda ýumşamaýanlygy bilen bellidirler. Garagum çölüniň çägesi, irimçik “**çärjew çägesi**” tutuşlaýyn diýen ýaly şu toparyň minerallaryndan düzülenidir. Teýgumuň häsiýetlerine ilkinji silikatlar az möçberde täsir edýärler. Topardaky minerallaryň hilini, düzümini, mukdaryny seljermek üçin olary ýagtyda siňe synlamak, lupanyň, mikroskopyň kömegi bilen öwrenmek we beýleki usullar ulanylýar.

Adaty duzlar

Bu topara ion baglanyşygy bolan minerallar girýär (metallaryň kislota galyndylary bilen birleşmeleri). Toparyň minerallarynyň umumy häsiýeti olaryň durnuksyzlygy, suwda

ereýjiligidir. Duzlar bitewi gatlak görnüşinde seýrek duşýarlar. Adatça, olar teýgumuň içindeki jaýryklarda, öýjüklerde ownujak kristal görnüşinde duşýarlar.

Daşky täsire çydamsyzlygy, esasan-da, suwda ereýjiligi boýunça duzlar 3 topluma: aňsat, haýal we kynlyk bilen ereýänlere bölünýärler.

Aňsat (ýeňil) ereýän duzlara galogenleriň birleşmeleri (galit, karnallit we beýl.), natriniň sulfatlary: mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$), glauber duzy (Na_2SO_4), natriniň karbonaty we gidrokarbonaty (Na_2CO_3 , NaHCO_3) we beýlekiler degişlidirler. Bu duzlar durnuksyzdyrlar we umuman, zyýanly häsiýetlere eýedirler, mysal üçin, binýadyň sementini, armaturasyny, ýere gömlen turbalary, kabelleri iýip zaýalaýarlar. Olar ösümlikleriň gögermegine, ösmegine düýpli zyýan berýärler, duzly teýgumuň häsiýetleri yzgarlylyga görä üýtgäp duran bolýar. Bu duzlaryň yzgary howadan sorup, özüne çekijilik häsiýeti hem bar. Şol sebäpli käbir şor ýerler tomsuň jokrama yssysynda-da guraman, yzgarly, ýumşak ýa-da şepbeşik ýagdaýyny saklap bilýärler. Suw degende bolsa (ýagyş, gar suwy, suwaryş suwlary we ş.m.) olar batgalyga öwrülýärler. Bu duzlar az suwda-da çalt we köp mukdarda eräp bilýärler. Netijede, teýgum gowşaýar, duzlary ereden suw bolsa, iýijilik häsiýetine eýe bolup, galtaşan ýerindäki betonlary, metallary, kerpiçleri haraplaýar.

Haýal ereýän duzlaryň iň adaty görnüşleri kalsiniň sulfaty-zylça (gips) we angidritdir. Olaryň eremeği üçin uzak wagt we köp mukdarda suw gerek bolýar. Eger gurlan binanyň aşagyndaky gatlaklar boýunça ýerasty suwuň akymy dowamly hereket etse, zylça bölejikleri uzagyndan eräp teýgumlary gowşadyp, jaýyň çökmegine sebäp bolup biler.

Türkmenistanda duzlar, şol sanda zylça giňden ýaýrandyr. Toýun gatlaklaryň içinde zylçanyň kristallary sypaty boýunça dury jäjege, aýna gyýçagyna meňzeş, ýöne ýumşak hem port görnüşde duşýar. Tebigy şertlerde bu hili

zylça eremeýär diýen ýalydyr, sebäbi olaryň daşyny gurşap alan toýun (şykgy) suw geçirmeýär.

Garagumda duşýan “deridaşlar” gelip çykyşy boýunça zylçanyň erginden (nemden) gatap, çäge dänejiklerini sepleşdiren görnüşidir.

Eger zylça gumbaýragyň içinde ownuk garyndy görnüşde (sepelenen un ýaly) belli mukdarda duşsa, ol dag jynsyna “gež” diýilýär. Gež gury ýagdaýynda berk we gatydyr, suw degende, ol pagyş-para bolup, palçyga öwrülýär. Aşgabatdaky “Gaža” diýilýän yeriň ady şol gež sözi bilen baglydyr.

Kyn ereýän duzlara 2-3 walentli metallaryň kömürturşy duzlary-karbonatlary girýär: kalsit, dolomit, magnezit we ş.m. Bu duzlar adaty şertlerde juda kynlyk bilen ereýärler (eger ýumruk ýaly kalsiti bir bedre suwa atyp goýsaň, bir ýylda onuň 1gramy hem eremez). Eger-de ýerasty suwuň düzüminde ergin ýagdaýda kömürturşy gazy bar bolsa, karbonatlaryň eremek ukyby artýar. Bu ýagdaýda geologik wagtyň dowamynda hekdaşdan, dolomitlerden düzülen gatlaklarda köwekleriň, uly boşluklaryň döremegi mümkin (“Köwata” gowagy)

Inžener-geologik jähetden seredilende teýgumlardaky duzlaryň hilini we mukdaryny bilmek zerur. Bu maglumatlar, esasan, himiki usul bilen alynýar. Teýgumlardaky duzlar ilki suwda ýa-da suw garylan kislotada eredilip, ergin ýagdaýa geçirilýär, soň şol erginiň düzümi suwuň adaty himiki derňewi ýaly geçirilýär.

Toýun minerallary

Bu topara toýunsow jynslaryň iň maýda bölejiklerini (<0,002 mm) düzýän minerallar degişlidirler. Olar ilkinji silikatlaryň daşky gurşawyň täsiri astynda himiki dargamagy esasynda döreyärler. Şonuň üçin olara gaýtadan dörän (ikilenji) silikatlar hem diýilýär.

Bu minerallaryň esasy häsiýetleri aşakdakylardyr. Kristallaryň möçberi juda kiçi, şol sebäpli olaryň üst energiýasy bardyr. Olar biri-birilerine ýelmeşip, digirlenip, tokga tutup bilýärler. Bu minerallara süýgeşiklik, suw çekijilik, kapillýarlyk, suw saklamak, suwda ýumşamak, çişmek, suw geçirmezlik ýaly häsiýetler hem mahsusdyr. Umuman alanyňda, toýun minerallarynyň berkligi, gatylygy pes, olar durnuksyz, gysylmaga ukyply. Olar teýguma işjeň täsir edýärler, mysal üçin, çägä az mukdarda toýun minerallaryny goşsaňam, onuň häsiýeti düýpgöter üýtgeýär.

Düzümi, gurluşy boýunça toýun minerallary 3 topara: kaolinitlilere, gidroslyudalylara we montmorillonitlilere bölünýärler. Montmorillonit topary (montmorillonit, beýdellit, bentonit) ýokary süýgeşikligi, suwy köp mukdarda özüne çekip, çişip bilýänligi bilen bellidir. Kaolinitlileriň (kaolinit, nontronit, nakrit) süýgeşikligi pes, olar suwda çişmeýärler. Gidroslyuda toparyna degişli minerallaryň aram häsiýetleri bar. Gidroslyudalylar Türkmenistanyň toýunsow dag jynslarynyň düzüminde köp duşýarlar.

Inžener-geologik maksatlar üçin toýunsow minerallaryň haýsy topluma degişlidigini bilmek ýeterlik bolýar. Toýunsow minerallary jikme-jik öwrenmek üçin dürli usullaryň toplumy ulanylýar (reňklemek, elektronmikroskop usuly we ş.m.).

Organiki madda

Teýgumuň düzüminde duşýan ösümlikleriň we dürli jandarlaryň galyndylary kem-kemden çüýräp dargaýarlar, soňra çylşyrymly organiki maddalara öwrülýärler. Köplenç ýagdaýlarda olar az mukdarly garnuw bolup gaty, süýgeşik ýada suwuk jisim görnüşinde duşýarlar. Umuman alanyňda, organiki maddalar teýgumuň häsiýetlerini aktiw üýtgedýärler. Olar teýgumlaryň berkligini, suw geçirijiligini, durnuklylygyny peseldýärler, gysylmak ukybynyň möçberini we

dowamlylygyny ýokarlandyrýarlar, ýerasty suwlara iýijilik häsiýetini ýolukdyryp bilýärler.

Teýgumuň düzüminde gazlar

Teýgumuň düzümindäki gazlar olaryň häsiýetlerine ep-esli derejede täsir edýär. Olar beýleki düzümleriň bölükleri bilen özara täsirleşip, teýgumda bolup geçýän fiziki-himiki proseslere (turşama, gaýtarma, ereme) gatnaşýarlar. Teýgumuň düzüminde gazlaryň toplanmagy (mysal üçin, ýokarky gatlaklaryň dykyzlaşmagy) netijesinde onuň içinde öýjük basyşynyň döremegine sebäp bolup, berkligi peseldip bilýär.

Gazyň täsiri ýerasty suwlaryň derejesinden ýokarda-howaly zolakda uly bolýar, bu ýerde gazlar öýjükleriň, jaýryklaryň göwrüminiň belli bölegini tutýarlar. Edil şu ýerde gazlar dürli prosesleriň, şol sanda himiki weýranlaşmanyň ösmegine işjeň gatnaşýarlar.

Teýguma gazlar atmosferadan geçýärler. Teýgum gatlaklarynyň we atmosferanyň arasynda üznüksiz gaz çalşygy bolup geçýär. Bu çalşykda diffuz prosesleri, temperaturanyň, basyşyň üýtgewi, ýagynyň, ýerüsti suwlaryň siňmegi uly orna eýe bolýar. Käbir gazlar teýgumuň özünde biologik prosesleriň netijesinde hem döräp bilýär. Atmosfera bilen teýgumuň arasynda gaz çalşygynyň üznüksiz bolup geçýänligine garamazdan, teýgumdaky gazyň düzümi howanyň düzüminden tapawutlydyr. Teýgumdaky gazlaryň düzüminde kömürturşy gazyň (CO_2 -niň) mukdary ýokarydyr, kislorodyňky azdyr. Howada CO_2 -niň mukdary 0,03% bolsa, teýgumuň öýjüklerinde onuň mukdary 10%-e ýetip bilýär. Teýgumdaky howa bilen atmosferanyň howasynyň arasyndaky bu tapawut, teýgumda güýçli derejede bolup geçýän proseslerde (turşama we ş.m.) kislorodyň harçlanmagynyň we CO_2 -niň bölünip çykmagynyň bir wagtda bolup geçýänligi bilen baglydyr. Teýgumda CO_2 -niň, esasan hem, kömürturşy gazyň ergin

görnüşde bolmagy ýerasty suwlaryň iýijilik häsiýetlerini, karbonat saklaýan minerallaryň eremegini güýçlendirýär. Mundan başga-da CO_2 gaýtarma prosesine gatnaşýar, minerallaryň turşy görnüşini kem turşa öwürýär. Minerallaryň we organiki maddanyň turşama prosesi hem kislorodyň işjeň gatnaşmagynda bolup geçýär.

Teýgumdaky gazlaryň düzümi ol ýerde bolup geçýän proseslere şaýatlyk edip biler: kislorodyň, azotyň, kömürturşy gazyň bar ýerinde turşama bolup geçýär; uglewodorodlaryň, kükürtli wodorodyň bar ýerleri gaýtarma prosesine mahsusdyr. Eger dag jynsy gazyny ýitirse, mysal üçin, ondan kömürturşy gaz çyksa, onda karbonat deňagramlylygy ýitýär, gidrokarbonatlar karbonata geçip, aşak çökýärler we jynsy sementleýärler. Gatlakda kömürturşy gazyň artmagy karbonat sementiniň eräp, dargamagyna getirýär.

Teýgumuň düzümindäki gazyň iň wajyp düzümleri bolup suwuň bugy hyzmat edýär. Onuň teýgumdaky mukdary howadakydan birneme ýokarydyr. Suwuň bugy teýgumuň iň aňsat hereket edýän düzümleridir. Onuň hereketi teýgumuň aýry-aýry gatlawlarynda buguň maýyşgakylygynyň dürlüligi ýa-da temperaturanyň gradiýentiniň barlygy sebäpli bolup geçýär. Bu proses bilen bir tarapdan teýgumuň doňýan ýerinde ýa-da buglaryň goýalyp damja öwrülýän (kondensasiýa) ýerinde çyglylygyň ýokarylygyny düşündirip bolýar. Teýgumuň käbir ýerlerinde bug birmeňzeş temperaturada hem zireleriň daş keşbine baglylykda hereket edip bilýär. Bu proses W. Tompsonyň deňlemesine laýyklykda bolup geçýär: suwuň buglary güberçek üstlerden oýuk ýa-da tekiz üstlere tarap hereket edýärler.

Bug görnüşli suw teýgumdaky suwuň beýleki görnüşleri bilen hemişelik deňagramlylyk saklaýar. Eger buglar doýgun ýagdaýa geçseler, olar goýalyp damja öwrülip bilýärler. Şu usul bilen dörän suwlar mineral zireleriň üstüne ýapysýarlar ýa-da jaýryklaryň, öýjükleriň iň dar ýerlerinde toplanýarlar. Doýgun bugdan dörän damjalar ownuk çägelerde

kapillýar baglanyşyklary döredip bilýärler, olar guraksy zolakdaky çöl ösümliklerine zerur çygy yzygiderli berýärler (Garagum çägesi). Süýji suwuň ýetmezçilik edýän ýerlerinde adamlar gadymy döwürden bäri iri öýjükleri (gowalçylyklary) emele getirýän daşy ýylmanak daş üýşmekleriniň (diňleriň) kömegi bilen, howadan agyz suwuny toplam almany başarypdyrlar (şol sanda Garagum çölünde).

Gazlar teýgumda dürli ýagdaýda saklanyp bilýärler: erkin, adsorbirlenen (üstleýin sorulan) we gapjалан ýagdaýlarda. Teýgum suwlarynda gazlar ownujak düwmeler we erän görnüşde duşýarlar. Gazlar görnüşine baglylykda, teýgumlaryň häsiýetlerini üýtgedip durýarlar.

Çyglylygy az teýgumlarda (aňrybaş gigroskopik çyglylykdan pes bolanda) gazlaryň aglaba bölegi adsorbirlenen görnüşde bolýar, ýagny mineral zireleriň üstüniň ýakyn golaýynda molekulýar güýçler bilen saklanýar. CO₂, soňra N₂, O₂ we H₂ ýaly molekulalar has berk ýapyşýarlar. Teýgumuň düzümine, çyglylygyna baglylykda, adsorbirlenen gazyň her 100 g teýguma düşýän göwrümi 1-iň üleşlerinden 15 sm³-e çenli ýetip bilýär. Adsorbirlenen gaz zireler tarapyndan örän berk saklanýar, ony diňe teýgum yzgarlanda suw gysyp çykaryp bilýär. Gysylp çykarylan gaz, adatça, atmosfera gidýär. Eger gysylp çykarylýan gazyň atmosfera tarap gitjek ýoly ýapyk bolsa (mysal üçin, palçykdan guýlup ýasalýan bentler ýokarysyndan dykzlaşdyrylanda), gaz gapjалан ýagdaýda galyp bilýär. Gapjалан газ suwuň aşagyndaky läbiklerden mikrobiologik prosesleriň netijesinde bölünip çykýan gazlardan hem döräp bilýär. Gapjалан газlar teýgumuň jümmüşinde öýjük basyşyny döredip bilýär. Gapjалан газlaryň ummasyz köp mukdarda toplanan ýerlerine tebigy газlaryň ýataklary mysal bolup bilýär.

Teýgumlarda gapjалан газlaryň bolmagy olaryň häsiýetlerine uly täsir ýetirýär. Külke dagynyk jynslarda gapjалан газlar öýjük basyşyny artdyrýarlar, kapillýarlary we ownuk öýjükleri baglaýarlar, netijede, olar suw süzdürijiligi

peseldýärler, teýgumlaryň agram astynda çökmek prosesini haýalladýarlar. Şol sebäpli gapjалан gaza baý teýgumlaryň üstünde gurlan jaýlar köp ýyllaryň dowamynda çökmegini dowam edip bilýärler. Iribölekli jynslardan gurlan guýma düşekleriň, gaçylaryň, bentleriň düýbünde gapjalyp galan gazlar belli şertlerde böwsülip çykyp desganyň ýumrulmagyna sebäp bolup bilýär.

Düzüminde kislorod, käte kömürturşy gazy saklaýan ygalyň, suwaryş suwlarynyň ýere siňmegi hem teýgumlara täsir edýär. Bu gazlaryň ikisi hem teýgumlaryň beýleki düzüm bölekleri bilen aňsat özara täsirleşýärler we netijede, turşama, ereme döredip bilýärler. Bu prosesleriň täsiri ýeriň ýüzüne golaý ýerlerde (adaty, turbalaryň, kabelleriň we ş.m. gömülýän çuňluklarynda) juda işjeň bolup, aşak gitdigiňçe, gazlaryň teýguma täsiri kem-kemden gowşaýar.

Suwuk jisim

Dag jynslarynyň içinde suw aşakdaky esasy görnüşlerde duşýar:

1. Erkin suw;
2. Kapillýar suw;
3. Fiziki bagly suw;
4. Himiki bagly suw;
5. Bug görnüşli suw;
6. Buz görnüşli suw.

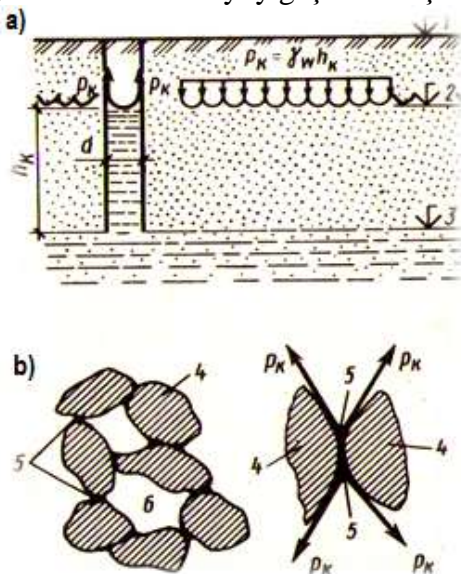
Bu suwlar özleriniň mukdary, durnuklylygy, fiziki häsiýetleri, teýguma bolan täsirleri bilen biri-birilerinden tapawutlanýarlar.

Erkin suw diýlip, diňe dartyş güýjüniň (agramyň) we basyşyň täsiri bilen hereket edýän suwlara aýdylýar. Mysal üçin, guýynyň çöwligine tarap syrygyp gelýän suwlar. Bu hili suw çagyldan, çägeden düzülen suwly gatlaklarda duşýar.

Bu suwlary öwrenmek ýerasty desgalara, gurluşyk gazmalaryna we ş.m. akyp baryp biljek ýerasty suwlaryň

mukdaryny kesgitlemek, ýerasty suwlaryň näçe bölegini çykaryp alyp boljakdygyny bilmek üçin gerek bolýar.

Kapillýar suw teýgumdaky kapillýar boşluklary dolduryp duran suwlardyr. Olar ýeriň dartyş guýjüne-de, kapillýar güýçlere hem boýun egýärler. Kapillýar güýçler dartyş guýjünden agdyklyk eden wagtynda bu suwlar aşakdan ýokary hem hereket edip bilýärler. Kapillýar suwlar toýunda, topurda, gumbaýrakda, şeýle-de az-owlak derejede kirşenli we ownuk çägelerde duşýarlar. Kapillýar suwy öwrenmek ýerasty suwuň kapillýarlar bilen näçe ýokary galyp biljegini we ýerasty suwlaryň howply (kritiki) çuňlugyny kesgitlemek üçin, ýeriň şorlanmasynyň önünden hasabyny geçirmek üçin ulanylýar.

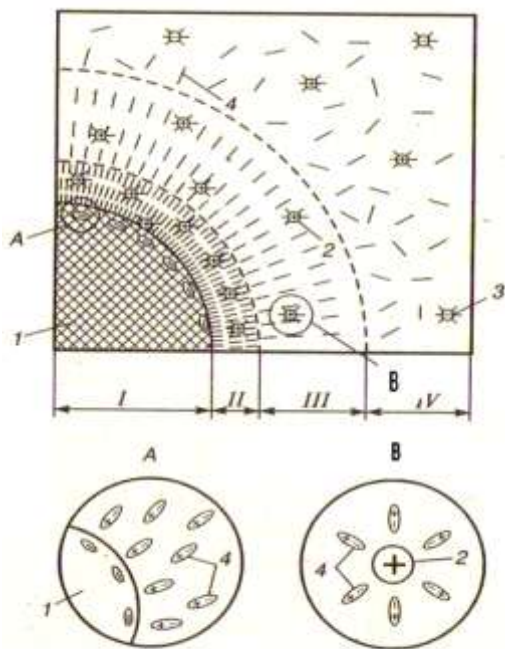


2-nji surat. Teýgumlarda kapillýar suw

1-teýgumyň üsti; 2-kapillýar gaýmanyň üsti; 3-ýerasty suwlaryň derejesi; 4-zire; 5-suw; 6-gaz.

Fiziki bagly suw (ýapyşak we örtük suwlary) dartyş, basyş güýçlere boýun egmän, diňe kolloid we toýun

bölejikleriniň üstki energiýasy arkaly saklanýar. Şonuň üçin bu hili suw diňe toýunsow jynslara mahsusdyr. Bu suwuň baglanyp saklanmagynyň düýp sebäbi toýun we kolloid bölejiklerinde otrisatel zarýadyň barlygyndadyr. Bu zarýad her bölejigiň daşynda ikigat elektrik meýdanyny döredýär. Birinji gat daşyna suwuň dipollaryny (ugrukdyrylan molekulalaryny) ýygnan kationlary özüne dartýar. Netijede, berk ýapyşan (ýapyşak) suw emele gelýär. Bu ýerde suw bilen gaty jisimiň üstüniň arasyndaky dartyş güýji 1000 MPa-a ýetýär. Şonuň üçin bu suwy teýgumdan diňe gyzdyryp (105°C) aýryp bolýar. Daşyndan gury ýaly görünýän toýunsow teýgumda berk ýapyşan suw 2-5% -e çenli mukdarda ýa-da ondan hem köp bolup biler.



3-nji surat. Gaty bölejikleriň suw bilen baglansygy

I-gaty bölejik; II-berk ýapyşan suw; III-gowşak bagly suw; IV-erkin suw; 1-zire; 2-kation; 3-anion; 4-suwuň molekulasy.

Bölejikleriň daşyna üýşen dipolly kationlar otrisatel zarýady doly doýurmaýarlar. Şol sebäpli olaryň hem daşynda gowşak dartylýan-örklenen (diffuz) ýa-da ikinji suw gatlagy emele gelýär. Örklenen suwuň galyňlygy-ýukalygy şol ýerdäki suwuň temperaturasyna, basyşyna, duzlulygyna we ş.m. bagly üýtgäp durýar. Berk ýapyşan suw hereketsizdir. Örklenen suw galyň örtükden ýuka örtüğe tarap örän haýal tizlik bilen hereket edip bilýär. Fiziki bagly suw toýunsow teýgumuň köp häsiýetlerine täsir edýär: berkligine, gysylmagyna, süýgeşikligine, çişmegine, gurap jaýryklamagyna, suw geçirijiligine we ş.m.

Fiziki bagly suwuň san bahasyny kesgitlemek üçin 2 görkeziji ulanylýar: aňrybaş gigroskopik suwsygyň, aňrybaş-molekulýar suwsygyň. Gigroskopik suwsaklaýyşy bilmek üçin teýgum ownudylýar, soňra jaýyň içinde stoluň üstünde serlip (bir gije-gündiziň dowamynda) guradylýar. Şondan soň teýgumda galan çyglylyga **aňrybaş gigroskopik suwsygyň** diýilýär. Bu çyglylygy kesgitlemek teýgumuň zire dykzlygyny, zire düzümini öwrenilende zerur bolýar.

Örklenen (diffuz) suw aýratynlykda mukdar taýdan kesgitlenilmeýär. Eger-de ýapyşak we örtük (diffuz) gatlak suwlary bilelikde göz önünde tutsaň, olara aňrybaş **molekulýar suwsygyň (AMS)** diýilýär. AMS-u öwrenmek üçin teýgumdaky suwuň mukdaryndan erkin (hem-de kapillýar) suwy aýryp, soň çyglylyk tapylýar. Erkin suwy aýyrmak üçin çägede beýik sütünler usuly (метод высоких колонн), toýunsow jynslarda bolsa, suwy siňdirip ýa-da çalt pyrlap aýrylýan usullar (методы влагоемких сред и центрифугирования) ulanylýarlar.

Dag jynslaryndaky suwlaryň beýleki görnüşleri

Himiki bagly suwuň, buzuň, buguň teýguma täsiri Türkmenistanyň şertlerinde onçakly uly dälidir.

Himiki bagly suw mineralyň göni himiki düzümine girýär. Muňa mysal bolup zylça hyzmat edip biler ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ýagny himiki bagly suw mineralyň-gaty jisimiň jümmüşinde bolanlygy üçin, olary suwuk jisime diňe şertleýin goşup bolar. Şol sebäpli bu suw teýgumuň mehaniki häsiýetlerine täsir etmeýär diýen ýalydyr. Teýgumuň çyglylygy resmi usul bilen 105°C çenli gyzdyrylyp kesgitlenende himiki bagly suw göz önünde tutulmaýar. Emma himiki bagly suw 80°C gyzgynlykda zylçanyň kristallaryndan çykyp ugraýar (dolulykda 180°C -da çykyp gutarýar). Şonuň üçin eger çyglylyk gyzdirmek usuly bilen (TDS - 5180-84) kesgitlenilýän bolsa, zylçaly teýgumda çyglylyk bolmalysyndan ep-esli artykmaç çykýar.

Bug görnüşli suwuň mukdary teýgumuň düzüminde juda ujypsyzdyr (gaty jisimiň agramynyň 0,01%-inden hem azdyr). Şol sebäpli ol teýgumuň häsiýetlerine täsir etmeýär.

Buz görnüşli suw diňe teýgumuň temperaturasy 0°C -a deň bolanda ýa-da ondan hem pes bolanda duşýar. Eger çygly teýgum şol temperatura çenli sowasa, onda erkin, kapillýar we örtük suwlary suwuk ýagdaýdan, şertleýin gaty ýagdaýa, has takygy, ideal süýgeşik jisime geçýär. Şol sebäpli buz gaty jisime-de, suwuk jisime-de degişli bolman, teýgumy düzýän dördünji - **ideal süýgeşik jisime** degişlidir. Suwuň buza öwrülmeği teýgumuň göwrüminiň 9-11% -e çenli ulalmagyna getirýär. Doňan teýgum doňmadyk bilen deňeşdirilende hemme häsiýetini diýen ýaly üýtgedýär. Esasan hem, teýgumuň berkligi, durnuklylygy, umumy çyglylygy üýtgeýär.

Doňy çözülen teýgumuň häsiýetleri birden üýtgeýär; esasan hem, onuň berkligi peselýär. Bu özgerişler toýunsow jynslarda has uly derejede bolýar. Çäge, çagyl jynslary ilki doňup, soň doňy çözüleni bilen häsiýetlerini az üýtgedýärler.

Teýgumlarda janly jisim

Teýgumlaryň düzüm bölekleriniň içinde janly organizmler (biota) aýratyn orun eýeleýärler. Biota ýa-da janly jisimler teýgumlaryň iň ýokarky gatlagyny düzýän toprakda we biologik şejereli jynslar bolan torflarda (gemrelerde) we saprofellerde giň ýaýrandyrlar. Topragasty ösümlikleriň we jandarlaryň öwrenilişi pes derejededir.

Biotanyň (janly jisimleriň) düzümine: 1) organiki maddany döredýän ýokary ösümlikler; 2) organiki maddadan iýmitlenýän oňurgasyz we oňurgaly haýwanlar; 3) organiki maddany hem döredip hem ulanyp bilýän mikroorganizmler girýärler.

Ýokary ösümlikler teýgumda ölen (guran) galyndylar, janly kökler, kök önümleri görnüşde duşýarlar. Olaryň umumy göwrümi uludyr. Mysal üçin, her köküň günde kök haltajyklarynyň 10000 kletkasyny ýitirip, 200 km-e çenli köki we 10^8 çenli kök tüýjagazlaryny döredip bilýänligi kesgitlenen.

Dagynyk teýgumlaryň içinden oňurgasyzlaryň (ýagys gurçuklarynyň, mör-möjekleriň) we oňurgalylaryň (gemrijileriň, köralakalaryň) hinleri terslin-oňlyn geçýärler. Olaryň içinde esasy orun ýagys gurçugyna degişlidir, olaryň sany topragyň her gektarynda ýüz münlerçeden millionlarça çenli bolup bilýär.

Mikroorganizmleriň aýratyn topara bölünip çykarylmagynyň sebäbi olaryň möçberleriniň juda kiçiligi bolýar. Bu organizmleri ýönekeý göz bilen görüp bolmaýar, olaryň ortaça möçberleri 0,5-3,0 mkm barabar hasaplanylýar. Emma aýry-aýry mikroorganizmleriň ululygynyň 55 mkm-e (kükürt bakteriýalary), hatda 100 mkm-e (diatom suwotulary) ýetýänleri bar. Ýaşayş üçin energiýany olar Günüň

şöhlesinden däl-de, organiki däl birleşmeleriň turşamagyndan, organiki maddalary ulanmakdan alýarlar. Bir gram toprakda mikrobaryň sany birnäçe milliarda ýetýär diýip çaklanýar. Sürülýän ýeriň bir gektarynda olaryň agramy 300 kg-dan 3000 kg-a çenli ýetýär. Mikroorganizmleriň umumy agramy ýeriň ýüzündäki ähli (iri) jandarlaryň agramyndan 25 esse köpdür.

Ýerasty suwlarda bakteriýalar birnäçe km çuňluga çenli duşýarlar. Olaryň sany her ml suwda onlarça müňden milliona çenli bolup bilýär. Bu sanlar suwuň temperaturasynyň ýokary galmagy bilen azalýar. Ýerasty suwlarda köplenç aerob (kislorodly ýerde ýaşayan), anaerob (kislorodsyz ýerde ýaşap bilýän), sulfatdikeldiji, metandörediji we başga bakteriýalar duşýarlar. Müçesiniň kiçiligi sebäpli mikroorganizmler geosferanyň hemme ýerinde ýaýrandyrlar (Arktikada, atmosferanyň ýokary gatlarynda, 3000m aşakdaky ýerasty suwlarda). Umuman alanyňda biosferanyň çäklerini olaryň duşýan ýerleri bilen anyklaýarlar.

Mikroorganizmleriň janyňyň berkligi, juda ýowuz şertlere çydamlylygy haýran galarlyklydyr. Olar -7°C -dan $+90^{\circ}\text{C}$ -a çenli temperaturada, pH-y 0,6-a deň bolan şahta suwlarynda hem ýaşap bilýärler. Olar osmos basyşyna hem örän çydamly bolup, 0,1-10% duzly gurşawda, sulfatdikeldiji bakteriýalar 20% duzly köllerde ýaşap bilýärler. Olar 100 MPa gidrostatik basyşa çydaýarlar, bary-ýogy birnäçe paskala deň basyşda olar özüni örän gowy duýýarlar. Gaýnap duran duz kislotasynda 20 minutlap ölmän (ýanman), hatda absolýut 0-a golaý temperatura çydap bilýän bakteriýa sporalarynyň (sporowikleriň) barlygy anyklandy.

Mikroorganizmler gurluşyga, inžener-geologik şertlere düýpli täsir edip bilýärler. Yere gömlen turbalaryň zaýаланmagynyň sebäbiniň 50%-i sulfatdikeldýän bakteriýalar bilen baglydyr. Suwly çägede bakteriýalar bilen bagly döreýän gazlar, sülekeýler teýgumuň süýşmek ukybyny ep-esli artdyryp bilýär. W.W. Radinanyň (1972) barlaglaryna görä,

mikroorganizmleriň emele getirýän gazlary öýjük nemlerinde 0,4 MPa goşmaça basyşy döredip bilýär. Onuň netijesinde gurluşyga örän uly zyýan ýetirip bilýän suwýarsuw hadysasy döräp bilýär.

2.2. Teýgumlaryň zireleriniň arsyndaky struktur baglanyşyklar

Inžener geologiýasynda ulanylýan struktura we tekstura hakdaky düşüňjeler A.N.Zawariskiniň (1932, 1956), M.M.Filatowyň (1936), I.W.Popowyň (1941-1949), W.A.Priklonskiniň (1950-1958), A.K.Larionowyň (1966), Ý.M. Sergeýewiň (1973, 1983) işleriniň esasynda kämilleşdi.

Struktura (içki gurluş) diýlip, teýgumlary düzýän minerallaryň möçberleri, keşbi, ululy-kiçili bölejikleriň özara mukdar gatnaşygy we sepleşigi kabul edilýär.

Tekstura (içki ýerleşiş) teýgumy düzýän bölejikleriň giňişlikde ýerleşiş kadasydyr.

Bu adalgalaryň ikisi-de teýgumlary düzýän gaty jisimleriň we howa boşlugynyň gatnaşygyny, belli bir derejede häsiýetlendirýär.

Struktura we tekstura teýgumlaryň, esasan-da, berk sepleşiksiz teýgumlaryň, hemme häsiýetlerine uly täsir edýär. Strukturanyň esasy görkezijisi - **zire düzümi** mukdarlaýyn ölçelýänligi üçin, inžener geologiýasynda giňden ulanylýar we aşakda aýratyň seredilýär. Strukturanyň beýleki görkezijileri we tekstura gysgaça häsiýetlendirilýär.

Teýgumlaryň strukturasy we struktur baglanyşyklar

Teýgumlary düzýän bölejikleriň keşbi, üst nätekizlikleri biçak köp dürlüdür. Bu keşpler ummany öwrenilende, toparlananda ýöntemleşdirme, sadalaşdyrma usullary ulanylýar, mysal üçin, olar togalak, süýnmek, ýargaklaç we

ş.m. keşplere, ýylmanak, büdür-südür, burçlak we ş.m. üstlere bölünýärler.

Teýgumlary düzyňan bölejikleriň (zireleriň) möçberi boýunça, gyradeňliligi ýa-da dürlüligi zire (granulometrik) düzümi bilen häsiýetlendirilýär.

Teýgumy düzyňan mineral bölejikleriniň arabaglanyşgy seplesik güýçleriň tebigy döreyşine we berkligine görä, esasan, 3 topara bölünýär: kristallaşan baglanyşyk, sementleýin baglanyşyk, düwürleýin (suw-kolloid) baglanyşgy.

Kristallaşan (bile bitişen) baglanyşyk mineral zireleri biri-birine jebis galtaşanda ýa-da şol zireleriň arasynda galan boşlugy doldurýan sement mineralyň kristal gözenegi bilen himiki baglanyşanda döreyär. Kristal baglanyşgy teýgumlaryň struktur baglanyşygynyň iň berkidir. Emma şonda-da ol mineral zireleriniň hut öz berkligidan kän pesdir. Aýry-aýry mineral bölejikleriniň berkligi onlarça, ýüzlerçe mün MPa-a ýetýär. Iň berk kristal baglanyşykly magmatik, metamorfik jynslaryň (granit, bazalt, kwarsit) berkligi 100-1000 MPa-a çenlidir.

Suw ergininden çöküp dörän, bile bitişen baglanyşykly jynslar (zylça, dolomit, nahar duzy) onça berk däldirler, has hem beter durnuksyzdyrlar.

Umuman, bile bitişen sepler portdurlar we döwülenden soň täzedan dikelmeýärler, öňki kaddyna gelmeýärler.

Sementli baglanyşyk zireleýin jynslaryň (çagyl, jyglym, çäge, gumbaýrak we ş.m.) boşluklaryny tebigy sementiň doldurmagynyň netijesinde döreyär. Sementi döredýän sebäpler öýjüklerdäki dürli düzümlü erginleriň bugarmagy bilen ýa-da kolloidleriň ötüşip (durguşyp), gaty hala geçmegi bilen bagly bolup biler.

Netijede, çagyldeş, çägedaş, kirşendaş ýaly berk baglanyşykly jynslar emele gelýärler. Olar özgerişinden öňki ene jynslardan üzül-kesil ýokarlanan berkligi, peselen suwsüzdürilijiligi we juda az çöküjiligi bilen tapawutlanýarlar. Şu tüýsli jynslar Köpetdagyň, Balkanyň, Köýtendagyň

gerişlerini tutýarlar. Umuman, sementli baglanyşykly jynslaryň berkligi sementiň düzümine baglydyr. Baglanyşyk portdyr, synandan soň dikelmeyär.

Düwürleýin (suw-kolloid) baglanyşyk diňe juda ownuk zirelerden (toýun we kolloid bölejiklerden) düzülen jynslarda bolýar. Kolloid we toýun zireleri suwda, yzgarda biri-birlerine ýelmeşip (düwürlenip), öňki möçberden onlarça, ýüzlerçe, müňlerçe esse uly bölejikleri emele getirýärler. Ulalan düwürler suwuň düýbüne has çalt çökýärler, agramyna gysylýarlar, baslygyp dykyzlanýarlar. Galtaşýan meýdan köpeldigiçe, zireleriň arasynda molekulýarara çekiji güýçler artyp, düwürleýin baglanyşyk emele gelýär. Şu hilli baglanyşyk Türkmenistanyň düzlüklerinde giň ýaýran toýunsow jynslaryň hemmesine mahsusdyr.

Düwürleýin baglanyşygyň berkligi azdyr, gury ýagdaýda 10-20 kPa-dan 100-200 kPa-a çenlidir, öl ýagdaýynda onlarça essä çenli peselýändir. Düwürleýin baglanyşyk gowşak berkligi sebäpli, aňsat synýar, emma döwüji güýjüň täsiri aýrylandan soň berkligini ýene-de täzeden kem-kemden dikeldýär. Düwürleýin baglanyşyk teýgumlara süýgeşiklik häsiýetini berýär, şol sebäpli toýunsow jynslara (çygly ýagdaýynda) uly möçberli galyndyly ýarsma (deformasiýa) mahsusdyr.

Düwürleýin baglanyşyk, adaty, ynsanly (çetwertik) döwrüň toýunsow jynslarynda bolýar. Gadymy toýunsow jynslaryň baglanyşygy sementli baglanyşyga golaýdyr. Olaryň berkligi, ötüşen kolloidleriň gatanlygy sebäpli, ýaş jynslaryňkydan onlarça esse köpdür we ep-esli durnuklydyr.

Teýgumlaryň teksturasy

Teksturanyň teýgumlary düzyän zireleriň - minerallaryň ýerleşiş kadasydygyny öň belläpdik. Teksturasyna görä teýgumlaryň häsiýetleri gyradeň (izotrop) ýa-da ugurlaýyn (anizotrop) bolýar.

Türkmenistanyň çöküdi jynslarynyň teksturalaryny birnäçe toparlara bolmek bolar:

- arakesmeli (tygaly) çökýän çökündileriň teksturasy (galyň gatlakly, ýuka gatlakly, gytak gatlakly teksturalar);

-toýunsow jynslaryň guranda jaýrylmagy bilen bagly teksturalar (takyrlyaryň gyrmançaly, jaýrykly teksturasy);

-giçki özgeriş teksturalary. Bu teksturalar jynslar emele gelenden soň döreyärler. Muňa toýunsow toprak gatlagynda we lýosjymak teýgumlarda köp duşýan, dikligine gidýän şahaly öýjükler: dürli mör-möjekleriň hinjagazlary, guran ösümlikleriň kökleri çüýränden soň emele gelen boşluklar we başgalar mysaldyrlar;

- ýel süýşüren çägeleriň tygasyz gyrađeň teksturasy we ş.m. Inžener geologiýasynda teksturanyň ähmiýeti teýgumlaryň dürli ugurlar boýunça dürli häsiýetlere eýe bolýanlygy ýa-da bolmaýanlygy bilen baglydyr.

Tygaly jynslarda tyga bilen ugurdaş tarapa suw süzdürijilik uludyr, berklik weli pesdir. Edil şol häsiýetleriň üýtgewi tygany dik kesýän ugurda tersinedir. Jandarlar we ösümlükler tarapyn döreyän giçki özgeriş teksturasy, toýunsow jynslaryň öl bolup, guramagy bilen bagly jaýryklaýyn teksturalar jynslarda dikligine gowşaklyk, gowalçlyk döredýär, suw süzdürijiligi artdyryýar, berkligi peseldýär. Keseligine şol häsiýetler tersine üýtgeýärler.

Gyrađeň teksturaly ýel süýşüren çägeleriň häsiýetleri islendik ugur boýunça bir kybapdaşdyr.

Häzirki döwre çenli teksturany mukdarlaýyn öwrenýän usul ýok. Teksturanyň aýratynlygy diňe ýazgy üsti bilen beýan edilýär.

Teýgumlaryň zire (granulometrik) düzümi

Dagynyk (dispers) teýgumlar dürli möçberli, keşpli we madda düzümlü böleklerden, bölejiklerden (zirelerden)

düzülýär. Teýgumuň düzümi bölekleriniň möçberleri ençeme metrden mm-in ülüşlerine çenli bolýar. Teýgumuň şol düzümi böleklerine möçberine garamazdan, şertleýin **zire** diýilýär we teýgumuň düzümi **zire düzümi** diýlip atlandyrylýar.

Zire düzümi (könelişen adalga – „mehaniki düzümi“) teýgumy düzyän dürli möçberli bölekleriň deňeşdirme mukdarydyr. Zire düzümi teýgumlaryň süýgeşiklik, öýjükliklik, şüýsmä garşylyk, gysylma ukyby, çişme, ýygrylma ukyplary, kapillýarlar boýunça ýokary galyş, suw süzdürijilik ýaly häsiýetlerine düýpli täsir edýär. Zire düzüminiň üýtgewi teýgumuň häsiýetleriniň üýtgewine getirýär. Mysal üçin, eger arassa çagylyň suw süzdürijiligi ýokary, çäğäniňki pes bolsa, toýnuňky nola golaý diýen ýalydyr.

Zire düzümi iş ýüzünde möhüm ähmiýete eýe bolup, şu meseleleri çözmek üçin zerurdyr:

- 1) teýgumlary zire düzümi boýunça synplamak;
- 2) baglanyşyksyz gowşak teýgumlaryň (esasan, çägelere) suw süzdürijiligi ýasama (empirik) formulalaryň üsti bilen hasaplamak;
- 3) teýgumlaryň ýollaryň emeli düşegi, gumdan galdyrylýan gaçylar, bentler üçin ýaramlylygyna baha kesmek;
- 4) buraw guýularyna goýulýan süzgüçleriň öýjük-deşikleriniň amatly diametrlerini hasaplamak;
- 5) suw bentlerinde, hendekleriň diwarlarynda we ş.m. teýgumlarda süzülme zerarly hokurdanlaşma döreme howpuna baha kesmek we terslin süzgüçleri hasaplamak;
- 6) teýguma gurluşyk materialy hökmünde baha kesmek (kerpiç guýmak, betona garmak we ş.m.).

Zire düzümini kesgitlemek üçin zire derňewi (granulometrik analiz) geçirilýär. Zire derňewinde möçberleri boýunça biri-birilerine golaý bolan bölekleriň (zire parçalarynyň) mukdary kesgitlenýär. Şol zireleriň möçberleri olaryň ortalaşdyrylan diametri görnüşde kesgitlenýär we mm-de aňladylýar.

Inžener-geologlaryň 1940-njy we 1957-nji ýyllarda bolup geçen Maslahatlarynda teýgumlaryň zire düzümi köpçülikleýin kesgitlenende esasy zire derňewleri hökmünde eleme we areometrik usullaryny ulanmak hödürlendi. Bu usullar boýunça ýörite standart TDS-12536-79 hem işlenip düzüldi. Şol resminamada zire düzümini kesgitlemek üçin eleme, areometrik we damdyrgyç usullaryny ulanmak hödürlenilýär.

Türkmenistanda sebitleýin işlerde we taslama üçin geçirilýän inžener-geologik gözleglerde teýgumlaryň zire düzümi eleme we damdyrgyç usullary bilen kesgitlenýär. Bu usullaryň doly ýazgylary TDS-12536-79 resminamada we dürli kitaplarda we gollanmalarda berilýär.

Çägeleri we toýunsow jynslary düzýän gaty bölejikler minerallaryň, dag jynslarynyň zirelerinden, deslapky bölejikleriň biri-birilerine ýelmeşip, tokga tutan agregatlaryndan (digirlerinden) hem bolup bilýärler. Bu dürli möçberli digirler (agregatlar) digirleşme (koagulyasiýa), sementleşme, gaýtadan kristallaşma prosesleriň netijesinde döräp bilýärler. Toýun zireleriniň digirleri derňew üçin ýasalan suspenziýada hem döräp bilýärler (erän duzlaryň elektrolitleriniň täsiri zerarly).

Zire derňewi wagty suwda durnuksyz agregatlar has ownuk digirlere ýa-da asyl zirelere bölünýärler, suwda durumly digirler öňki möçberinde galýarlar.

Agregatlaryň döremegi, şol sanda derňew wagty döremegi, zire derňewiniň netijelerine täsir edýär – has ownuk zireleriň çykymyny azaldýar, uly möçberli zireleriň çykymyny köpeldýär. Bu bolsa parçalaryň hakyky mukdaryny ýoýýar, dag jynslarynyň adynyň nädogry kesgitlenilmegine sebäp bolýar.

Zireleriň möçberleýin parçalary

Eger-de teýgumuň düzümindäki bölejikleri (zireleri) bir meňzeş möçberli toplumlara bölseň, onda olaryň köp

häsiýetleri hem meňzeş bolýar (boşluk-öýjükliligi, gysylmak ukyby, suw geçirijiligi we ş.m.). Möçber diýip, bu ýerde bölejikleriň daşky sypatyna (togalaklygyna, ýasylygyna, süýnmekligine) garamazdan, olaryň ortalaşdyrylan diametri göz önünde tutulýar.

1-nji tablisa

Inžener-geologik maksatlar üçin zireleriň parçalara bölünişi

T.b.	Zireleriň möçberi, mm	Parçalaryň ady	
1.	> 200	Harsaň daşlar	Iribölek parçalar
2.	200 – 40	Iri çagyl	
3.	40 – 2	Ownuk çagyl	
4.	2 - 0,05	Çäge zireleri	
5.	0,05 - 0,002	Kirşen (tozan) zireleri	
6.	< 0,002	Toýun zireleri	

Iribölek parçalar daşa dönen dag jynslaryň öwnukly-irili böleklerinden düzülip, ýokary suw geçirijiligi, berkligi, agramdan juda az gysylýanlygy we durnukly häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar.

Çäge zireleri düzümi boýunça mineral bölejikleridirler. Olar möçberine baglylykda azda-kände kapillýar häsiýete eýedirler, durnukly agramda az gysylýarlar, sarsgynly agramda gysylmagy ýokarlanýar.

Kirşen zireleri suwy az we kynlyk bilen geçirýärler, agramdan gysylmagy, berkligi çyglylygyna bagly, kapillýarlygy bar, süýgeşikligi ýok diýen ýalydyr.

Toýun zireleri diňe toýun minerallaryndan düzülendirler. Olaryň häsiýetleri öňki agzalanlaryňkydan düýpgöter üýtgeşikdir. Olar ýokary işjeňligi (az mukdarda bolsa-da, köp täsirliligi), suw geçirmezligi, suwy özünde saklap, yzyna bermezligi, ýokary kapillýarlygy, süýgeşikligi, suwda çişip bilmegi, berkliginiň, gysylmak ukybynyň örän uly derejede çyglylygyna baglylygy, bölejikleriň biri-birine

ýelmeşip, tokga tutup bilmegi, häsiýetleriniň durnuksyzlygy we ş.m. bilen tapawutlanýarlar.

Agzalan zire parçalarynyň atlary, möçber çäkleri aýry-aýry işlerde, kitaplarda, gollanmalarda (dürli pudaklaryň teýgumlaryň zirelerine bildirýän talaplaryna görä) başgaça bolup biler.

Dagynyk teýgumlar synpynyň Türkmenistanda zire düzümi boýunça toparlanyşy

Oňki SSSR-de we soňra Russiýa Federasyýasynda ulanylýan synplamalar boýunça toýunsow teýgumlar görnüşlere süýgeşiklik sany boýunça bölünýärler. Bu resminamalar ulanylanda Türkmenistanyň teýgumlarynyň kaolinitli, gidroslýudaly düzümi, pes kolloid işjeňliligi, kirşenliligi we duzlulygy sebäpli, näsazlykly kynçylyklar döreýärdi. Zire düzümi boýunça (Ohotiniň synplamasy, 1940) at berlen toýunlar süýgeşiklik sany boýunça topura, topur – gumbaýraga, gumbaýrak – çägä geçmegi zerarly, teýgumlar özüne mahsus bolan häsiýetlerinden jyda düşýärdiler. Dagynyk teýgumlar synplananda döreýän bu näsazlyklary aradan aýyrmak üçin ýurtda oňki ulanylýan TDS-25100-95 standarta goşmaça hökmünde aýratyn sebitleýin synplama işlenip düzüldi we ol “Türkmenstandartlary” Baş döwlet gullugy tarapyndan tassyklandy we 2003-nji ýyldan başlap “TDS 609-2003”. Teýgumlar dagynyk. Toparlama” at bilen işe girizildi. Resminama diňe bir synpa (dagynyk teýgumlar synpyna) degişli bolany üçin, onda “toparlama” diýen adalga ulanyldy. Şu ýerde şol standartyň esasy tablisalaryndan iki sanysy gysgaldylan görnüşde getirilýär (2-nji we 3-nji tablisalar).

**Dagynyk teýgumlaryň adyny kesgitlemek üçin
ulanylýan resmi toparlama (TDS 609-2003)**

Teýgumuň ady	Esasy şert (dürli bölejikleriň agramy boýunça mukdary, %)
1. Harsaň teýgumy	Eger diametri 200 mm-den uly bolan bölekleriň agramy > 50% bolsa
2. Iri çagyl teýgumy	Eger $d > 10$ mm bölekleriň agramy > 50% bolsa
3. Ownuk çagyl teýgumy	Eger $d > 2$ mm > 50% bolsa
4. Çägeler	Eger $d < 2$ mm bölejikleriň agramy > 50% we 0,002 mm-den kiçi bölejikleriň agramy 3%-den az bolsa
Şol sanda:	
4.1. Daşly cage	Eger $d > 2$ mm bölejikler > 25% bolsa
4.2. Iri cage	Eger $d > 0,5$ mm bölejikler > 50% bolsa
4.3. Aram möçberli çäge	Eger $d > 0,25$ mm bölejikler > 50% bolsa
4.4. Ownuk cage	Eger $d > 0,1$ mm bölejikler > 75% bolsa
4.5. Kirşenli cage	Eger $d > 0,1$ mm bölejikler < 75% bolsa

Bellik: Teýgumuň ady kesgitlenende esasy şert ýokardan aşaklygyna barlanýar.

Toýunsow dag jynslaryny biri-birinden aýyl-saýyl etmek (seljermek) üçin Türkmenistanda uzak wagtdan bäri W.W.Ohotiniň synplamasy ulanylyp gelinýär. Aşakda şol synplamanyň esasynda işlenip düzülen TDS 609-2003 resminamadan göçürme getirilýär.

Toýunsow teýgumlaryň adynyň kesgitlenilişi

Teýgumuň ady	Toýun bölejikleriň ($d < 0,002 \text{ mm}$) % hasabyndaky mukdary
1. Toýun	> 30
2. Topur	$10 - 30$
3. Gumbaýrak	$3 - 10$
4. Çäge	< 3

Teýgumlaryň zire düzüminiň çyzgylaryň üsti bilen aňladylyşy

Dagynyk teýgumlaryň zire derňewiniň netijeleri dürli parçalaryň göterimde aňladylan mukdary görkezilen tablisalarda berilýär. Emma tablisada berlen zire düzümiň görnetin äşgärligi bermeyänligi üçin bu usul ýeterlik bolmaýar. Şol sebäpli inžener-geologik barlaglarda teýgumlaryň zire düzümleri goşmaça çyzgy (grafik) üsti bilen aňladylýar. Iş ýüzünde şeýle çyzgylaryň 2 görnüşi ulanylýar: üçokly çyzgy we ýarymlogarifmik çyzgy.

Üçokly çyzgy (üçburçlyk çyzgy) zire parçalarynyň üçüsini bir nokadyň üsti bilen şekillendirmäge mümkinçilik berýär (3-nji surat). Bu usul deňtaraply üçburçlukda üçburçlugyň islendik nokadyndan taraplara göýberlen perpendikulýarlaryň jemleriniň beýiklige deň bolýanlygyna esaslanandyr. Bu usul onlarça, ýüzlerçe teýgum – nusgalarynyň zire düzümi boýunça birmeňzeşligini aýdyňlaşdyrmaga, şeýlede barlanýan teýgumuň amatly garnuwa golaý-daşlygynyň san bahasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Zire düzümini üçokly çyzgyda ýeke-täk nokat görnüşde görkezmek üçin hemme parçalar 3 topluma birikdirilýär. Adatça, şol toplumlara çäge parçalary ($2-0,05 \text{ mm}$), kirşen

parçalary (0,05-0,002 mm) we toýun parçasý (<0,002 mm) jemlenýärler.

Zire parçalarynyň gönüburçly ýarymlogarifmik oklarda gurulýan jemleýji egrisi has köp ulanylýar. Bu usul çägeleriň we toýunsow jynslaryň zire düzümi boýunça dürlülük koeffisiýentini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Jemleýji egrini gurmak üçin iň kiçi zire parçalaryndan başlap, olaryň belli bir möçberden kiçileriniň göterimleýin mukdary yzygiderli jemlenýär. Jemleýiş jem uly parçany öz içine alyp 100%-e ýetýänçä dowam edilýär.

Aşakda zire düzüminiň tablisa görnüşinde berlişine, tablisadaky maglumatlaryň üçokly çyzgysy we jemleýji egri çyzygy gurmak üçin taýýarlanyşyna mysallar getirilýär (4-nji tablisa a, b, ç).

4-nji tablisa

**Teýgumlaryň zire düzüminiň tablisa görnüşini we onuň
üçokly çyzgysyny we jemleýji egrisini gurmak üçin
taýýarlanylyşynyň mysaly**

a) zire düzüminiň tablisa görnüşü

Zire düzümi, %								
Zire parçalarynyň möçberleri, mm								
10 -2	2- 1	1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,002	<0,002
0	0	3,2	6,0	65,5	9,3	2,8	4,2	9,0

b) şol nusganyň zire düzümini üçokly çyzgyda görkezmek
üçin parça toplumlaryna jemlenişi

Çäge parçalary, 2-0,05 mm	Kirşen parçalary, 0,05-0,002 mm	Toýun parçasý, <0,002 mm
3,2+6,0+65,5+9,3=84,0	2,8+4,2=7,0	9,0

ç) şol nusganyň zire düzümini jemleýji egrini gurmak üçin taýýarlanyp jemlenişi

Zire parçalarynyň toplumlarynyň jemlenen düzümi, %								
Zire parçalarynyň möçberleri, mm								
<10	<2	<1	<0,5	<0,25	<0,1	<0,05	<0,01	<0,002
–	–	100	96,8	90,8	25,3	16,0	13,2	9,0

Jemleýji egrini ýarymlogarifmik masştabda (masştabda) gurmak üçin kese okda zireleriň möçberleriniň onluk logarifmleri görkezilýär. Dik okda zire parçalarynyň jemlenen mukdary görterim hasabynda berilýär. Zire düzüminiň jemlenen çyzgylary köplenç çägesow, käte toýunsow teýgumlaryň zire düzümi boýunça dürlülük koeffisiýentini tapmak üçin ulanylýar (4-nji surat).

Dürlülük koeffisiýenti (C_u) şeýle formula bilen kesgitlenilýär:

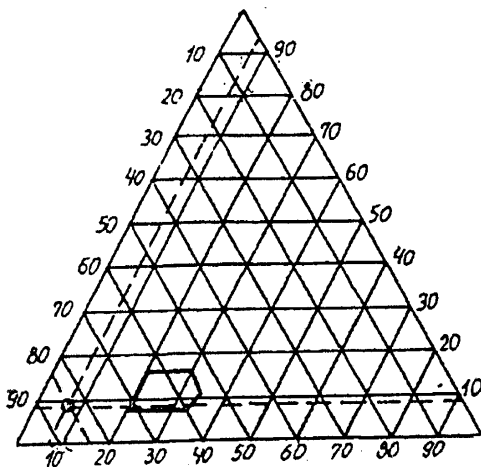
$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

bu ýerde:

d_{60} we d_{10} - hersi öz gezeginde, teýgumdaky bölejikleriň (zireleriň) özünden kiçileriniň agramy boýunça mukdary 60% we 10% bolan ýagdaýyndaky diametrleri.

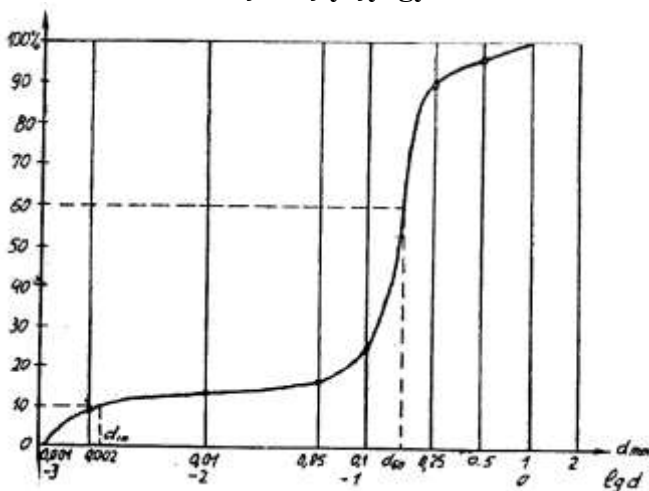
Bu diametrleri tapmak üçin jemleýji egriniň 60%-e we 10%-e gabat gelyän nokatlaryndan kese oka perpendikulýar göýberilýär. Logarifmik masştabda gurlan oka düşen nokatlar boýunça agzalan diametrleri tapmak üçin ilki bilen şol diametrleriň logarifmlerini şeýle formulalar bilen anyklap bolýar:

100% toýun parçalary ($<0,002$ mm)



çäge 100%
 100% kirşen
 parçalary (2-0,05 mm)
 parçalary (0,05-0,002 mm)

4-nji surat. Teýgumlaryň zire düzümini şekillendirýän üçburçly çyzgy



5-nji surat. Zire düzüminiň ýarymlogarifmik çyzgysy

$$\lg d_{10} = \frac{L_{10}}{40}$$

$$\lg d_{60} = \frac{L_{60}}{40} ,$$

bu ýerde:

L_{10} we L_{60} - hersi öz gezeginde, jemleýji egriniň 10%-lik we 60%-lik mukdarda kese oka düşen nokady bilen logarifmiň çep tarapdaky bitin san böleginiň aralygy, mm-de;

40 – kese okda logarifmiň her bitin san bölegi üçin alnan aralyk (bu ýerde ol 40 mm-e deň diýlip alynýar).

d_{10} we d_{60} görkezijileriň hut öz bahalary soňra Bradisiň tablisasy ýa-da kalkulýator boýunça tapylýar. Garalan mysalymyzda:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,18\text{mm}}{0,0022\text{mm}} = 81,8$$

Eger çägelerde $C_u \leq 3$ we toýunsow jynslarda $C_u \leq 5$ bolsa, teýgum birmeňzeş düzümlü hasaplanylýar. Eger-de $C_u > 3$ (çägelerde) we $C_u > 5$ (toýunsow jynslarda) bolsa, teýgumlaryň zire düzümi dürli diýilýär. Biziň mysalymyzdaky gumbaýragyň dürlüligi örän ýokarydyr ($C_u > 5$).

3. Teýgumlaryň esasy fiziki häsiýetleri we synplanýşy, teýkarlaryň gurluşy

3.1. Teýgumlaryň esasy fiziki häsiýetleri

Dagynyk teýgumlaryň esasy fiziki häsiýetlerine çyglylyk, dykzylyk we öýjüklilik degişli. Bu häsiýetler özara bagly bolup, teýgumlaryň tebigy ýatan ýerindäki we emeli desgalardaky (gaçylardaky bentlerdäki we başg.) fiziki durkuny kesgitleýärler. Esasy fiziki häsiýetleri boýunça, toýunsow we çägesow teýgumlaryň berkligine, ýarsma ukybyna, durnuklylygyna baha berip bolýar. Fiziki häsiýetleriň goşmaça görkezijilerine toýunsow jynslarda ýaýylma görkezijisi, çägelerde dykzylyk derejesi degişli. Fiziki häsiýetleriň esasy we goşmaça görkezijileriniň sanawy 6-njy tablisada berilýär.

Teýgumlaryň çyglylygy

Dagynyk teýgumlaryň iň möhüm häsiýetleriniň biri çyglylykdyr. Ol teýgumuň öýjüklerindäki suwuň mukdaryny aňladýar. Öýjükleriniň suwdan

5-nji tablisa

Çägesow we toýunsow jynslaryň fiziki häsiýetleriniň görkezijileri

T/ b N N	Görkezij iniň ady	Bel gi	Hasaplanýş formulasy	Ölçeg Birligi
1	2	3	4	5
1	Gaty (mineral) bölejikler iň dykzlyg y	ρ_s	$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$	g/sm^3
2	Dykzlyk	ρ	$\rho_s = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_{\ddot{o}}}$	g/sm^3 , t/m^3
3	Gury haldaky Dykzlyk	ρ_d	$\rho_d = \frac{m_s}{V_s + V_{\ddot{o}}} = \frac{\rho}{1 + 0,01W}$	g/sm^3 , t/m^3
4	Suwasty dykzlyk	ρ_u	$\rho_u = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}$	g/sm^3 , t/m^3
5	Udel agram	γ	$\gamma \approx \rho \cdot 10$	kH/m^3
6	Agram çyglylyg y	W	$W = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100\%$	%
7	Göwrüm	$W_{g\ddot{o}}$	$W_{g\ddot{o}w} = W \cdot \rho_d$	%

	çyglylyg y	w.		
8	Doly suwsygy m (agram öýjüklilig i)	W_d	$W_d = \frac{n}{\rho_d}$	Ölçegsi z
9	Çyglylyk derejesi	S_r	$S_r = \frac{V_s}{V_{\ddot{o}}} = \frac{W \cdot \rho_s}{100 \cdot e \cdot \rho_w}$	Ölçegsi z
10	Öýjüklili k	n	$n = \frac{V_{\ddot{o}}}{V_s + V_{\ddot{o}}} \cdot 100\% = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \cdot 100\%$	
11	Öýjüklili k koeffisiý enti	e	$e = \frac{V_{\ddot{o}}}{V_s} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	Ölçegsi z
12	Suwdan doýgun jynsyň öýjüklilik koeffisiý enti	e_w	$e_w = W \cdot \rho_s$	Ölçegsi z
13	Ýaýylyş çägi	W_p		%
14	Akgynly k çägi	W_L		%
15	Süýgeşik lik sany	I_p	$I_p = W_L - W_p$	%
16	Ýaýylma görkezijis i	I_L	$I_L = (W_0 - W_p) / (W_L - W_p)$	Ölçegsi z

17	Toýunsow jynslaryň dykzlyk derejesi	K_d	$K_d = \frac{e_L - e_0}{e_L - e_p}$	Ölçeği z
----	--	-------	-------------------------------------	-------------

Bellikler: m_s , m_w – gaty bölejikleriň we çygyň (suwuň) agramy;

V_s , V_0 , V_w – gaty bölejikleriň, öýjükleriň we öýjüklerdäki suwuň göwrümi;

ρ_w – suwuň dykzlygy ($\rho_w=1\text{ g/sm}^3$);

W_0 , e_0 – teýgumuň tebigy ýagdaýdaky çyglylygy we öýjüklilik

koeffisiýenti;

e_L , e_p – toýunsow teýgumlaryň akgyňlyk çägendäki we ýaýylma

çägendäki çyglylyklarda öýjüklilik koeffisiýentleri.

doluş derejesine baglylykda toýunsow teýgumlaryň durky, berkligi, ýarsma ukyby, durnuklylygy üýtgäp durýar.

Çyglylygyň san bahasyny aňlatmak üçin, adatça, agram çyglylygy ulanylýar. Agram çyglylygy (W) (ýa-da gysgaça çyglylyk) teýgumdaky çygyň (suwuň) agramynyň (m_w) gaty bölejikleriň agramyna (m_s) gatnaşygydyr.

Çyglylyk köplenç göterimde, käte birligiň üleşlerinde aňladylýar:

$$W = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100\%$$

Teýgumlaryň çyglylygy klimata, relýefe, howa şertlerine, dag jynslarynyň düzümine, öýjüklilikine – jaýryklygyna, ýatýan çuňlugyna, ýerasty suwlaryň derejesine,

adamyň hojalyk işlerine we ş.m. baglylykda örän giň gerimde üýtgeýärler. Çägeleriň çyglylygy howaly zolakda 4-5% çemesi bolsa, kapillýar yzgarlan ýa-da suwdan doýgun çägeleriň çyglylygy 25-30%-e ýetýär. Toýunsow jynslaryň çyglylygy has giň gerimde üýtgeýär: kölleriň, deňizleriň düýbüne çöken läbikleriň çyglylygy 80-90%-den hem geçip bilýär. Az-owlak ýa-da aram derejede dykyzlaşan toýunlaryň çyglylygy 10-15%-den 50-60%-e çenli, has dykyzlaşyp demrigen toýunlaryň (toýundaşlaryň) çyglylygy bolsa, 3-5%-e çenli azalyp bilýär.

Gaýry şertleri meňzeş bolan çägeleriň çyglylygy olaryň zire parçalarynyň kiçelmegi bilen, düzüminde kirşen, toýun parçalarynyň, organiki maddalaryň mukdarynyň artmagy bilen köpeliýär. Toýunsow jynslarda çyglylyk toýun zireleriniň ownuklygyna, mineral düzümine, ýuwudyjylyk ukybyna, kation çalşygyna, organiki maddalaryň düşnügine baglylykda üýtgeýär.

Inžener-geologik işlerde agram çyglylygynyň deregine köplenç çyglylyk derejesi (başgaça, suwdan doýgunlyk koeffisiýenti) ulanylýar. **Çyglylyk derejesi** (S_r) – öýjükleriň suwdan doluş derejesiniň birligiň ülüşlerinde berlen görnüşidir. Onuň san bahasy teýgumdaky suwuň göwrüminiň öýjükleriň umumy göwrümine gatnaşygydyr. Çyglylyk derejesi şeýle formula boýunça kesgitlenýär:

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{100 \cdot e \cdot \rho_w},$$

bu ýerde:

ρ_s – gaty bölejikleriň dykyzlygy, g/sm³;

ρ_w – suwuň dykyzlygy ($\rho_w=1,00$ g/sm³ diýlip alynýar);

W – agram çyglylygy, %-de;

e – öýjüklilik koeffisiýenti.

Iribölekli jynslaryň doldurgyçlary we çägeler çyglylyk derejeleri boýunça şeýle görnüşliklere bölünýärler (TDS 609-2003):

$S_r \leq 0,5$ – az çygly; $0,5 \leq S_r \leq 0,8$ – aram çygly (çygly); $S_r > 0,8$ – suwdan doýgun. Çyglylyk derejesi çägeleriň we toýunsow jynslaryň berkligi bilen ýakyn baglydyr. Bu ýerde şeýle ýagdaýlar bolup bilýär:

1. **$S_r=0$** . Teýgum absolýut (aňrybaş) gurudyr, ol diňe iki fazadan – gaty jisimden we öýjükleri dolduryp duran howadan düzülýär. Şeýle ýagdaýy diňe laborator şertlerinde $105-106^\circ\text{C}$ temperaturada (termostatda) hemişelik agrama çenli guradylan teýgumda alyp bolýar.

2. **$S_r=0\div 0,1(0,2)$** . Bu ýagdaýda howada guradylan dag jynsy üç fazadan: gaty jisimden, öýjüklerdäki howadan we gaty zireleriň üst güýji bilen sorulyp saklanýan fiziki bagly suwdan ybarat. Bagly suwuň mukdary howanyň çyglylygyna we dag jynsynyň gigroskopikligine (howadaky buglary çekijilik - sormak ukybyna) bagly. Şeýle çyglylygy laborator şertlerde teýgumy howada guradyp (stola ýazylan kagyzyň üstünde guradyp) kesgitläp bolýar. Şu çyglylykda çägeler ürgün, akyp duran bolýarlar, toýunsow jynslaryň weli, bu ýagdaýda in ýokary berkligi, gatylygy we baglanyşygy bolýar.

3. **$S_r=0,1-0,5$** . Teýgum az çygly ýa-da çala çygly, üç fazadan: gaty jisimden, zireleriň üst güýji bilen saklanýan fiziki bagly suwdan we öýjükleri, kapillýarlary azda-kände doldurýan suwdan we howadan ybarat. Şeýle jynslar howaly zolakda, käte kapillýar gaýmada örän köp duşýarlar. Çala çygly çägeler käbir baglanyşyga, berklige eýe bolýan ýaly bolýar, emma bu hyýaly berklik çygyň bugaryp gitmegi bilen doly ýitýär. Toýunsow jynslar bu çyglylykda gaty, gataňsy we zordan ýaýylýan durkunda bolýarlar. Olaryň baglanyşygy, berkligi dykyzlaşmanyň derejesine görä has ýokary hem bolup bilýär.

4. $0,5 < S_r < 0,8-0,95$. Jynslar çygly ýa-da örän çygly, üç fazadan – gaty jisimden (jynsyň süňňünden), öýjükleri dolduran suwdan we gaty bölejikleriň üstüne ýapyşan howadan we gapjалан howadan ybarat. Şeýle jynslar howaly zolakda-da, ýerasty suwlaryň derejesinden aşakdaky dürli çuňluklarda hem duşup bilýärler. Olaryň fiziki haly (gaty - ýumşaklygy) dykyzlyga, çyglylyga, demrikme derejesine baglylykda, dürli bolup bilýär. Mysal üçin, ýokary dykyzlykly toýunlar (örän dykyz toýunlar), demrigen toýunlar (toýundaşlar) öýjükleriniň suwdan dolulygyna garamazdan ($S_r=0,8-0,95$), agram çyglylygyny pes derejede saklaýarlar. Şol sebäpli olar gaty, gataňsy, zordan ýaýylýan durkuny, pes bolmadyk berkligini saklamaga ukyply bolýarlar. Şeýle toýunsow teýgumlara Aşgabat şäheriniň aşagyndaky gurulýan zeý-akabaly tonnel üçin geçirilen gözleglerde suwuň derejesinden 15-25 m aşakda duşulan ýerleri bar.

5. $S_r=1$. Teýgum suwdan doýgun we iki fazadan: gaty jisimden we öýjükleri dolduryp duran suwdan ybarat. Şeýle teýgumlar tebigatda örän giňden ýaýrandyrlar, mysal üçin, suwly gatlaklaryň çäklerinde, kapillýar gaýmada we ş.m. Teýgum suwlarynyň derejesinden aşakda ýatan jynslar, galapyn, suwdan doýgun halda bolýarlar. Suwdan doýgun toýunsow teýgumlaryň fiziki durky olaryň dykyzlygyna, demrikme derejesine bagly bolýar.

Türkmenistanda dagynyk teýgumlaryň tebigy çyglylygy ýer ýüzüniň relýefine, ýerasty suwlaryň ýatýan çuňlugyna we emeli şertlere baglydyr. Belent gyrlary, baýyrlary, depeleri düzýän lýoslarda, gumbaýraklarda uly çuňluklara çenli çyglylyk 3-4%-den ýokary geçmeýär we diňe ygaldan soň in ýokary gatlak (0,-0,5 m) gysga wagtyk çala çygly ýagdaýa geçýär. Üsti ot – çöp, ýylak örtükli süýşmeýän çägeler ýylboýy 3-5% çemesi çyglylygyny saklaýarlar. Çäge öýjüklerine siňen gyzgyn howadaky suw buglarynyň sowap, damja öwürilmegi zerarly, döreýän bu çyglylyk diňe süýşýän çägelere bolmaýar.

Sebäbi siňen nemi şemal bugardýar. Amatly şertlerde howur buglary yzygiderli damja öwrülip, aşakdaky şor suwlaryň ýüzünde linza şekilli süýji ýerasty suw ýatagyny emele getirýär (Ýasha, Jynlyköl suw ýataklary we ş.m.).

Suwarymly ýerlerde, şorlarda zeýleme zerarly howaly zolak köplenç ýuka bolýar, az çygly zolagyň galyňlygy 1-2 m-den geçmeýär. Aşakdaky suwdan doýgun zolakda teýgumlaryň suwdan doýgunlygy doly we hemişelik bolýar, emma aşak gitdigiňçe, dykzlygyň artmagy bilen, tebigy çyglylyk azalýar.

Teýgumuň çyglylygynyň ähmiýeti örän uludyr: çyglylyk ulaldygyça teýgumuň dykzlygy, çöküjiligi, iýijiligi artýar, berkligi, durnuklylygy peselýär. Şeýle-de çyglylyk derňew üçin alnan teýgumuň sap agramy kesgitlenende, öýjüklilik hasaplananda ulanylýan wajyp görkezijidir. Şol sebäplere görä sebitleýin gözleglerde, jaý-desga taslanýan ýerlerde çyglylygyň öwrenilmegi örän wajypdyr.

Çyglylygyň öwreniliş usullary köpsanly hem bolsa, iş ýüzünde resmileşdirileni **guradyp çekme usuly** (TDS 5180-84) ulanylýar. Usulyň gysgaldylan beýany şeýledir:

Alýuminiý gutujygynyň boş agramy çekilýär (m_0);

Gutujyga 20-25 g çemesi teýgum salnyp, agramy çekilýär (m_1);

Çygly teýgumly gutujygy gapagy açyk ýagdaýda termostat (birsydyrgyn gyrgyznylykly) peje salnyp, 105°C temperaturada 6 sagatlap guradylýar we agramy çekilýär (m_2).

Şeýle usul bilen guradylan teýgumuň düzümindäki erkin, kapillýar we fiziki bagly suwlar doly bugaryp aýrylýar. Çyglylygy (W) kesgitlemek üçin aşakdaky formula ulanylýar:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100\% ,$$

Teýgumlaryň dykzlygy

Dag jynsynyň **dykzlygy** onuň göwrüm birligindäki massasydyr. Halkara (SI) ulgamynda dykzlygy kg/m^3 -de ölçemek hödürlenýär, emma inžener geologiýasynda dykzlygynyň ölçeg birligi hökmünde g/sm^3 we t/m^3 ulanylýar.

Teýgumlaryň göwrüminiň gaty (mineral) bölejiklerden (süňňünden) tutuşlygyna ýa-da bölekleyin suw bilen doldurylan öýjüklerden, jaýryklyrdan we köweklerden düzülenligi sebäpli, dag jynslarynyň dykzlygyny häsiýetlendirmek üçin üç görkeziji ulanylýar: gaty bölejikleriň dykzlygy (ρ_s), dykzlyk (ρ), gury haldaky dykzlyk (ρ_d).

Gaty bölejikleriň dykzlygy (ρ_s)

Teýgumuň **gaty bölejikleriniň dykzlygy** (teýgumuň süňňüniň dykzlygy) – teýgumy düzýän mineral, organiki we organiki-mineral maddalaryň ortaça dykzlygydyr. Onuň san bahasy gaty bölejikleriň massasynyň (m_s) şolaryň hut öz göwrümüne (V_s) gatnaşygydyr:

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad \text{g/sm}^3$$

Aýry-aýry teýgumlaryň mineral düzüminiň adaty şertlerde durnuklylygy sebäpli, gaty bölejikleriň dykzlygynyň üýtgew gerimi giň bolmaýar. Şol sebäbe görä ýokary takyklygy talap etmeýän hasaplamalarda teýgumuň süňňüniň dykzlygynyň tablisa bahalaryny ulanmak bolýar (g/sm^3): toýun – 2,74; topur – 2,71; gumbaýrak – 2,69; çäge – 2,68. Käbir şertlerde teýgumuň düzüminde agyr minerallaryň bolmagy bu dykzlygyň san bahasyny ulaldyp, ösümlik galyndylarynyň bolmagy bolsa, kiçeldip bilýär.

Gaty bölejikleriň dykzlygy diňe kömekçi görkeziji hökmünde öýjüklilik hasaplananda ulanylýar. Bu dykzlygyň tejribe üsti bilen kesgitleniş usullarynyň içinde resmileşdirileni piknometr usulydyr.

Dykzlyk (ρ)

Çygly teýgumuň dykzlygy ýa-da **dykzlyk** diýlip, alnan teýgumuň umumy massasynyň (m) onuň umumy göwrümüne (V) gatnaşygyna aýdylýar:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_{\delta}}, \text{ g/sm}^3$$

bu ýerde:

m_s we m_w – gaty bölejikleriň we çygyň agramy, g;

V_s we V_{δ} – gaty bölejikleriň we öýjükleriň göwrümi, sm^3 .

Dykzlyk teýgumuň mineral düzümine, çyglylygyna we öýjükliligine bagly. Dykzlyk göni we goşmaça hasaplamalarda örän giňden ulanylýar. Aşakdaky ýagdaýlarda dykzlyk göni hasap görkezijisidir:

- 1) gatlaklaryň söýget diwaryna basyşy hasaplananda;
- 2) eňňitleriň we ýapylaryň durnuklylygy hasaplananda;
- 3) binýatasty teýkary düzýän teýgumlardaky dartgynlygyň ýaýrawy hasaplananda;
- 4) desganyň çökmesi hasaplananda;
- 5) ýer-gazuw işleriniň möçberi hasaplarda we ş.m.

Mundan başga-da dykzlyk gury haldaky dykzlyk we öýjüklilik hasaplananda ulanylýar. Çägesow, toýunsow jynslaryň dykzlygyna esaslanyp, olaryň öýjükliligini, mehaniki häsiýetlerini çaklap bolýar.

Türkmenistanda çägesow-toýunsow jynslaryň dykzlygy olaryň öýjükliligine we çyglylygyna baglylykda, 1,30-2,30 g/sm^3 aralygynda üýtgeýär.

Dykzlyk birnäçe usul bilen kesgitlenýär (kesgir halkalar usuly, parafinleme usuly, tutuş nusga usuly, radioaktiw usul we başg.). Çygly çägesow-toýunsow jynslarda ulanylýan kesgir halkalar usuly, jaýrykly gaty toýunlarda, käbir bitewidäşlerde ulanylýan parafinleme usuly resmi usullara degişli.

Gury haldaky dykyzlyk (ρ_d)

Bu dykyzlyk teýgumuň gury ýagdaýyndaky massasynyň onuň umumy göwrümine bolan gatnaşygydyr:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} = \frac{m_s}{V_s + V_{\text{ö}}},$$

Teýgumuň gury halyndaky dykyzlygy diňe öýjüklilik hasaplananda ulanylýar. Ol dagynyk teýgumlarda öýjüklilige we mineral düzümine baglylykda, 1,30-2,25g/sm³ aralykda üýtgeýär. Bu dykyzlyk tejribe üsti bilen däl-de, dykyzlygyň (ρ) we çyglylygyň (W) üsti bilen hasaplanyp tapylyar. Ýagny:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01W},$$

Suwasty dykyzlyk (ρ_u). Käbir ýagdaýda teýgumlaryň ýerasty suwlaryň derejesinden aşakda ýatandaky, ýagny hemme öýjükleriň suwdan dolan şertindäki dykyzlygyny bilmek zerurlygy ýüze çykýar.

Suwasty dykyzlyk teýgumuň ýerasty suwlaryň derejesinden aşakdaky birlik göwrüminiň massasydyr. Onuň san bahasy gury haldaky dykyzlygyň teýgumuň süňňüniň göwrüminiň gysyp çykaran suwunyň massasyna barabar azaldylanyna deňdir (5-nji tablisa). Bu dykyzlyk ýerasty suwlaryň derejesinden aşakda teýkarlaryň we ýapylaryň durnuklylygy hasaplananda adaty dykyzlygyň deregine ulanylýar.

Teýgumlaryň öýjükliligi

Dag jynslary gaty mineral bölejiklerinden we olaryň arasyndaky boşluklardan düzülýärler. Ol boşluklaryň möçberi uly gowak-köweklerden başlap, mikroskopda-da görünmeýän öýjüklere çenli kiçi bolup bilýär.

Dag jynslarynyň öýjükliligi barada umumy maglumatlar

Inžener geologiýasynda **öýjüklilik** diýlip, dag jynsynyň göwrüm birligindäki hemme boşluklaryň (olaryň möçberine we suwdan dolulyk derejesine garamazdan) jemi göwrümüne aýdylýar. Möçberi boýunça öýjükler üç hili bolýar:

kapillýardan ulular ($>0,5$ mm) – göze ilýän iri öýjükler, jaýryklar;

kapillýar öýjükler (0,5-0,002 mm) – ownuk, kirşenli çägelerdäki, toýunsow jynslardaky öýjükler;

kapillýardan kiçiler ($<0,002$ mm) – bu öýjüklerdäki bagly suwlar gaty bölejikleriň üstüne molekulýar we elektrostatik güýçler bilen berk ýapyşýarlar.

Gelip çykyşy boýunça öýjükler iki hili bolýar: 1) ilkinjiler – dag jynsy bilen bilelikde döränler we diagenetizatsiýa döwründe üýtgänler; 2) ikilenjiler – eýýäm kemäla gelen dag jynsynda ereme, weýranlaşma, tektonik, biologik prosesler zerarly dörän öýjükler.

Inžener geologiýasynda öýjüklilik mukdar taýdan iki görkeziji: öýjüklilik (**n**) we öýjüklilik koeffisiýenti (**e**) bilen häsiýetlendirilýär. Olaryň ikisi hem diňe öýjükleriň umumy göwrümüne häsiýetlendirip, olaryň möçberi we ýerleşiş kadasy barada maglumat bermeýär.

Öýjüklilik (n) – öýjükleriň göwrümüneň teýgumun umumy göwrümüne gatnaşygyna deň bolup, adatça %-de

aňladylýar, emma birligiň ülüşlerinde aňladylýan wagtlary hem bar.

$$n = \frac{\text{Öýjükleriň göwrümi (V}_\delta\text{)}}{\text{Teýgumuň umumy göwrümi (V)}} \cdot 100\% = \frac{V_\delta}{V_s + V_\delta} \cdot 100\%$$

Öýjüklilik teýgumlaryň kysymyna, weýranlaşma derejesine, zireleriniň möçberine, daşky sypatyna, möçberi boýunça gyrađenligine, mineral düzümine, çyglylygyna we başgalara baglylykda, çägesow-toýunsow jynslarda 30-55%, çagyllarda 15-30%, bitewidaş jynslarda 0-25% aralygynda üýtgeýär.

Inžener hasaplamalarynda, taslamalarda köplenç öýjükliliğiň deregine öýjüklilik koeffisiýenti (e) ulanylýar. Onuň san bahasy öýjükleriň göwrüminiň gaty bölejikleriň göwrümine gatnaşygyna deňdir:

$$e = \frac{\text{Öýjükleriň göwrümi}}{\text{Gaty bölejikleriň göwrümi}} = \frac{V_\delta}{V_s}$$

Öýjüklilik gös-göni hasaplama görkezijisi bolup hysmat etmese-de, dürli kömekçi hasaplarda, görkezme çyzgylarda ulanylýar: kompressiýa egrisi gurlanda, çyglylyk derejesi, dykzlyk derejesi hasaplananda, teýgumlaryň hasap garşylyklary TGN boýunça kesgitlenende we başgalar. Öýjüklilik şeýle-de teýgumlaryň süzülme koeffisiýentine, gysylma ukybyna, berkligine uly täsir edýär.

Öýjükliliği käbir çägelerde gös-göni tejribe geçirip, siňdirme usuly bilen kesgitläp bolýar. Emma dagynyk teýgumlarda geçirilýän gözleg-barlaglaryň aglaba köpüsinde öýjüklilik diňe hasaplanyp tapylýar:

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \cdot 100\%$$

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

Öýjükliligiň (n), öýjüklilik koeffisiýentiniň (e) şol bir görkezijilere gös-göni (göniçyzykly) baglylygy sebäpli, olaryň birini beýlekiniň üsti bilen kesgitläp bolýar:

$$e = \frac{n}{100 - n} ;$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100\% ,$$

Hasaplamalar öýjüklilik üçin oturdan soňky birinji sana, öýjüklilik koeffisiýenti üçin oturdan soňky üçünji sana çenli geçirilýär.

Fiziki häsiýetleriň görkezijilerinden **tejribe üsti bilen** dykzlyk, gaty bölejikleriň dykzlygy, çyglylyk kesgitlenýär. Gury haldaky dykzlyk, suwasty dykzlyk, öýjüklilik, öýjüklilik koeffisiýenti, çyglylyk derejesi **hasaplanyp** tapylýar.

Çägeleriň öýjükliligi boýunça goşmaça maglumatlar

Çägeleriň berkligi diňe çäge zireleriniň özara sürtülmä garşylygyna esaslanýar. Şol sebäpli çägeleriň dykzlygynyň, öýjükliliginiň iş ýüzünde ähmiýeti uludyr.

Çägeler öýjüklilik koeffisiýenti boýunça dykz, aram dykzlykly we küpürsek çägelere bölünýärler (6-njy tablisa).

6-njy tablisa

Çägeleriň öýjüklilik koeffisiýenti (e) boýunça görnüşliklere bölünişi

Çägeleriň görnüşligi	Öýjüklilik koeffisiýenti, e		
	Daşly, iri we aram möçberli cage	Ownuk çäge	Kirşenli çäge
Dykyz	$e < 0,55$	$e < 0,60$	$e < 0,60$
Aram dykyzlykly	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$0,60 \leq e \leq 0,80$
Küpürsek	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Çägeleriň dykyzlaşma derejesine baha kesmek üçin dykyzlyk derejesi I_D ulanylýar (7-nji tablisa). Öl şeýle formula arkaly kesgitlenilýär:

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}},$$

bu ýerde:

e – tebigy ýa-da emeli ýagdaýdaky öýjüklilik koeffisiýenti;

e_{\max} – aňryçäk küpürsek ýagdaýdaky öýjüklilik koeffisiýenti;

e_{\min} – aňryçäk dykyz ýagdaýdaky öýjüklilik koeffisiýenti.

7-nji tablisa

Çägeleriň dykyzlyk derejesi boýunça görnüşliklere bölünişi

Çägeleriň görnüşlikleri	Dykyzlyk derejesi, I_D
Gowşak dykyzlaşan	$I_D < 0,33$
Aram dykyzlaşan	$0,33 \leq I_D \leq 0,66$

Aşa dykyzlaşan	Id > 0,66
----------------	-----------

Çägeleriň çäk (kritiki) öýjükliligi aýratyn ünse mynasypdyr. Desgalaryň teýkaryndaky çägeler süýşende, küpürsek (gowşak dykyzlaşan) çäge dykyzlanýar, dykyz (aşa dykyzlaşan) çägäniň weli, süýşme zolagynda öýjükliligi artýar. Süýşme wagty üýtgemeyän öýjüklilige **çäk öýjükliligi** diýilýär. Bu öýjüklilik çägäniň strukturasyna, düzümine we süýsmäniň önüsrasyndaky dartgynly-ýarsmaly ýagdaýyna bagly bolýar. Eger suwdan doýgun çägäniň öýjükliligi çäk öýjüklilikden has ýokary bolsa, sarsgynly ýükde ýa-da süýşme prosesi wagty şeýle çäge suwgalyp bilýär, suwly çäge gysga wagtlyk goýy suwuklyga öwrülýär, şu ýagdaýda çäge zireleri biri-birine daýanmaýarlar, süýkenmeýärler, olaryň arasynda suw gatlagy bolýar. Bu şertde teýgum akyp, bir ýana (ýerasty desga, ýapynyň böwrüne, binýadyň gapdaly bilen ýokaryk we ş.m.) çogup çykýar. Eger çägäniň çykalgasy ýok bolsa (üsti durnukly galyň gatlakly bolsa), onda çäge bahym önki kaddyna barýar.

Toýunsow teýgumlaryň süýgeşikligi

Toýunsow teýgumlaryň düwürli (koagulirlenen) sepleşiginiň tebigaty toýun zireleriniň möçberleriniň juda kiçi we udel üstüniň ummasyz ululygy sebäpli, olaryň daşynda ikigat elektrik meýdanynyň döreýänligi bilen baglydyr. Düwürleýin sepleşik güýçleriniň toýunsow jynslara ep-esli derejede berklik we bitewilik berýändiginiň öň agzalypdy. Düzümindäki suwuň mukdary köpeldigiçe toýunsow jynslar ilki süýgeşik hala, soňra suwuk ýagdaýa geçýär. Bu jynslaryň belli bir çyglylyk çäklerinde daşky güýjüň täsiri astynda bitewiligini ýitirmän ýarsyp (maşşaryp, süýnüp, tovlanyp) bilmegine olaryň **süýgeşikligi** diýilýär.

Süýgeşiklik diňe toýunsow jynslara mahsusdyr. Çäge hiç hili çyglylykda-da tokga tutmaýar, ýaýylmaýar.

Süýgeşiklik inžener geologiýasynda toýunsow jynslary goşmaça toparlamak, olaryň dürli çyglylykdaky mehaniki häsiýetlerini çaklamak üçin ulanylýar.

Süýgeşikligiň çäkleri

Süýgeşiklik 3 görkeziji bilen häsiýetlendirilýär: ýaýylyş çägi (W_p), akgyňlyk çägi (W_L), süýgeşiklik sany (I_p).

Ýaýylyş çägi toýunsow jynslaryň gaty halyndan süýgeşik halyna geçýän araçägindäki çyglylykdyr. Eger çyglylyk ýaýylyş çäkden sähelçe-de pes bolsa, toýunsow jyns agramdan, güýçden süýnmeýär, ýaýylmaýar, maşsarmaýar, diňe owranýar, mynjyraýar, pytraýar.

Akgyňlyk çägi toýunsow jynslaryň süýgeşiklik halyndan akgyň halyna geçýän araçägindäki çyglylykdyr. Eger çyglylyk akgyňlyk çäğinden pes, ýaýylyş çäğinden ýokary bolsa, onda toýunsow jyns süýgeşik halyndadyr (hamyr ýaly ýa-da has golaýy galyba salyp, kerpiç guýulýan palçyk ýaly, laýdan pagsalap diwar salnanda ussanyň diwaryň üstüne urýan logalasy ýaly). Eger çyglylyk akgyňlyk çäğinden ýokary galsa, onda toýunsow teýgum diňe daşky güýjüň täsirine däl-de, hut öz agramyny hem göterip bilmän (bulamak ýaly, suwag üçin ulanmaga niýetlenen laý ýaly), gapdala süýşüp (akyp) gidýär. Akgyň toýunsow jyns diňe daşy çäklendirilen ýerde (gapda, çukurda) öz durkuny saklap biler.

Dürli toýunsow jynslary gaty haldan süýgeşik hala, süýgeşik haldan akgyň ýagdaýa geçirýän çyglylyklaryň san bahalary dürli-dürlüdürler, emma şol bir teýgum üçin wagtyň geçmegi bilen üýtgemeýän ululykdyrlar. Şol sebäpli, eger belli kysymly, görnüşli, toýunsow jynslaryň süýgeşiklik çäklerini (aşaky çägi - ýaýylyş çägi, ýokarky çägi-akgyňlyk çägi) öňünden öwrenip, tapyp goýsaň, şol teýgumlaryň haýsy çyglylykda nähili hal-ýagdaýa geçjekdigini hasaplap bolýar.

Taslamada, işde giňden ulanylýan görkeziji **süýgeşiklik sanydyr** (I_p), ýagny toýunsow jynslaryň süýgeşik ýagdaýyna

mahsus çyglylyk aralygydyr. Bu sany tapmak üçin akgyňlyk çäginde (W_L) ýaýylyş çäginde (W_p) aýyrmak ýeterlikdir:

$$I_p = W_L - W_p$$

Süýgeşiklik çäkleriniň işde ulanylyşy

Süýgeşikligiň çäkleri, süýgeşiklik sany teýgumdaky toýun zireleriniň mukdaryna, külkeligine we mineral düzümine, teýgumuň duzlulygyna, çalşyk kationlarynyň sanawyna, sygymyna baglydyr. Mysal üçin, Türkmenistanyň gurluşykda ulanylýan meýdanynyň agramly bölegini tutýan ynsanly döwrüne (Q) degişli gidroslýuda düzümlü toýunlarynyň süýgeşiklik sany 10-20 aralygynda bolsa (8-nji tablisa), montmorillonit düzümlü paleogen toýunlarynyň (Baharly, Oglanly) süýgeşiklik sany 30-45 aralygyndadyr. Kaolinit-gidroslýuda düzümlü, duzly we kirşensow toýunlarynyň süýgeşikliginiň pesligi sebäpli, Türkmenistanda GDA ýurtlaryň arasynda ilkinji bolup, toýunsow teýgumlaryň adyny resmi taýdan kesgitlemekde süýgeşiklik sanynyň deregine toýun zireleriniň mukdary ulanylyp başlandy.

Süýgeşiklik sany 2003-nji ýyla çenli “TDS-25100-82. Teýgumlar. Synplama” (rus dilinde), “TDS-25100-95. Teýgumlar. Synplama” (rus dilinde) resminamalara laýyklykda, toýunsow teýgumlaryň atlaryny (görnüşlerini) kesgitlemek üçin synplaýjy görkeziji hökmünde ulanylýardy. “TDS 609-2003.

8-nji tablisa

Toýunsow teýgumlaryň ýaýylma görkezijisi (I_L) boýunça görnüşliklere bölünişi (TDS 609-2003 boýunça)

Toýunsow teýgumlaryň görnüşlikleri	Ýaýylma görkezijisi, I_L
---	--

Gumbaýrak: gaty süýgeşik akgyn	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 1$ $I_L > 1$
Topurlar we toýunlar: gaty gataňsy zordan ýaýylýan ýumşak ýaýylýan akgyn ýaýylýan akgyn	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,50$ $0,50 < I_L \leq 0,75$ $0,75 < I_L \leq 1,0$ $I_L > 1$

Teýgumlar dagynyk. Toparlama” laýyklykda, süýgeşiklik çäkleri diňe tebigy çyglylyk bilen bilelikde, toýunsow teýgumlaryň durky-halyny, görnüşliklerini kesgitlemek üçin ulanylýar (10-njy tablisa). Munuň üçin, teýgumlaryň ýaýylma görkezijisi diýip atlandyrylýan (I_L) görkeziji ulanylýar. **Ýaýylma görkezijisi** toýunsow teýgumuň tebigy çyglylygyndaky (W_0) gaty-ýumşaklygyny görkezýär we şeýle formula boýunça kesgitlenilýär:

$$I_L = (W_0 - W_P) / (W_L - W_P)$$

bu ýerde:

W_L – akgyňlyk çägi;

W_P – ýaýylyş çägi.

Bu görkeziji toýunsow teýgumlaryň ýarsma we berklik görkezijilerini synplaýjy görkezijileriniň üsti bilen kesgitlelenende ulanylýar. Toýunsow teýgumlar howaly zolakda köplenç gaty halda, suwdan doýgun şertde bolsa, süýgeşik ýa-da akgyň ýagdaýda duşýarlar.

Teýgumlaryň beýleki fiziki häsiýetleri barada düşünje

Teýgumlaryň diňe ýöriteleşdirilen barlaglarda öwrenilýän birnäçe fiziki (fiziki-himiki) görkezijileri bardyr. Olara ýylylyk, magnit, elektrik, diffuz, osmos häsiýetleri we başgalar degişlidirler. Bu ýerde olaryň käbirleri hakda gysgaça maglumat berilýär.

Ýylylyk häsiýetleri teýgumuň ýylylyk režimini häsiýetlendirýär. Bu häsiýetlere ýylylyk sygymy, ýylylyk geçirijilik, ýylylykdan giňelmek, temperatura geçirijilik degişlidir. Bu görkezijiler teýgumlaryň mineral düzümine, öýjükliiligine, çyglylygyna bagly. Olar teýgumlaryň weýranlaşmasy, doňmasy, doňy çözülmese bilen bagly barlaglarda kesgitlenilýärler.

Elektrik häsiýetleri teýgumlaryň elektrik toguny geçirmek we özüne siňdirmek ukyby bolup, geofiziki işlerde, turbageçirijileri üçin gorag çäreleri kesgitlenende we başgalarda ulanylýar. Teýgumlaryň iň möhüm elektrik häsiýetlerine olaryň elektrik toguny geçirijiligi we dielektrik görkezijileri degişlidir. Bu häsiýetler teýgumlaryň mineral düzümine, çyglylygyna, öýjük suwuklygynyň duzlulygyna baglydyr. Minerallaryň içinde geçirijiler, ýarymgeçirijiler we dielektrikler bar. Soňky topara ýaýraw minerallaryň aglaba bölegi degişlidir.

Daň jynslarynyň elektrik-kinetik häsiýetleri diffuz gabygynyň granula (zirä) görä süýşmegi zerarly döreýän potensial bolup, 2 hadysa: elektroosmos we elektroforez bilen baglydyr.

Elektroosmos teýgumuň öýjüklerinde suwuň elektrik meýdanynyň täsiri bilen hereketlenmegidir. Köplenç bu hereket anoddan katoda tarap bolýar. Toýunda elektroosmos hereketi bilen süýşýän suwuň tizligi süzülme tizliginden düýpli ýokary bolýar. Şol sebäpli bu usul suwdan doýgun toýunlary çalykdymak üçin ulanylýar.

Elektroforez suwuklykda ýüzüp ýören ownujak gaty bölejikleriň elektrodalaryň birine tarap hereketidir. Köplenç şeýle hereket anoda tarap bolýar (adadça, otrisatel zarýadly

kolloid we toýun zireleriniň položitel elektroda tarap hereketi). Bu usul bilen toýunsow jynslary dykyzlandyryp bolýar.

Teýgumlaryň diffuz we osmos häsiýetleri. Diffuziýa ulgamdaky konsentراسiýanyň öz-özünden deňlenmesidir. **Osmos** dürli konsentراسiýaly suwuklygyň arasyndaky ýarymgeçiriji ýorkanyň (bardanyň) üsti bilen maddanyň (adatça, erediji suwuklygyň) diffuziýasydyr. Diffuziýa we osmos toýunsow teýgumlardaky suwuň ionlarynyň we molekulalarynyň orun çalşygyna getirýär. Toýunda osmos çişme we ýygrylma hadysalaryna sebäp bolup bilýär. Eger duzly toýnuň bitewi nusgasyny süýji suwa salsaň, ol suwy özüne sorup çişer. Eger suwuň duzlulygy teýgumuň öýjüklerindäki suwuklygyň duzlulygyndan ýokary bolsa, onda toýundaky öýjük nemleri daşyna sorular we toýun dykyzlanar. Osmos basyşy yüzlerçe kPa-a ýetip bilýär.

Teýgumlaryň iýijilik (korroziýa) häsiýetleri hem diffuziýa we osmos ýaly fiziki-himiki häsiýetlere degişlidir. **Korroziýa** (poslama, zeňleme, iýilme) diýlip, materiallaryň daşky gurşaw bilen himiki we elektrohimiýa täsirleşmeginden weýranlaşyp çüýremegine aýdylýar. Teýgumlarda iýilme 3 sebäbe görä bolup bilýär:

ýere gömlen demir-metal materiallaryň teýgumdaky çygyň täsiri bilen poslap çüýremegi;
turbageçirijileriň elektrik geçirijileriň aşagyndan geçýän ýerlerinde teýguma düşen azaşan toklaryň döreden elektrolitlerinden elektroliz hadysasy zerarly zaýalanmagy;
teýgumdaky mikroorganizmleriň teýgumdaky gurluşyk materiallaryny biokorroziýa sezewar etmegi.

Metallaryň ýeriň aşagynda poslap-çüýremegi çylşyrymly bolup geçýär. Teýgumlaryň iýijilik (korroziýa) işjeňligi (aktiwligi) olaryň himiki düzümine, çyglylygyna, howa geçirijiligine, elektrik toguny geçirijiligine biokorroziýanyň täsirine bagly bolýar. Adatça, çyglylyk 10-12%-den 20-25%-e çenli bolsa, iýijilik ýokary bolýar. Teýgumlar suwdan doýgun ýagdaýda bolsa, metallaryň

poslamagy gowşaýar (kislorod ýetmezçiligi sebäpli). Aňsat ereýän duzlaryň Cl^- , SO_4^{2-} ýaly ionlary iýijiligi artdyrýar. Kationlar (Ca^{2+} , Na^+), esasan, teýgumuň suw we howa geçirijiligine täsir edýärler. Ýeriň aşagynda metallar üýtgäp durýan çyglylykda (kislorodyň we suwuň bilelikde täsir etmegi zerarly) örän çalt poslap çüýreýärler.

Teýgumlaryň iýijilik aktiwligine (TIA) mukdar taýdan hem baha kesilýar, ýagny **TIA** diýlip, $d = 300$ mm we galyňlygy 9 mm bolan turbanyň deşilmän saklanyp bilýän möhleti (ýyl hasabynda) düşünilýär. Bu meseläni ýörite öwrenen Pritulanyň synplamasy boýunça (1985 ý) teýgumlaryň iýijilik aktiwligi 25 ýyla deň bolsa – pes, 5-10 ýyl bolsa – ýokary, 1-3 ýyl bolsa – örän ýokary hasaplanýar.

3.2. Teýgumlaryň synplanysy

Teýgumlaryň synplamalary aşakdaky maksatlar üçin ulanylýar:

- 1) teýgumlara inžener-geologik jähetten baha kesmek üçin;
- 2) inžener-geologik kartalary we kesimleri düzmek üçin;
- 3) inžener-geologik gözlegleriň düzümini, möçberini we usulyýetini kesgitlemek üçin;
- 4) teýgumlaryň amatsyz häsiýetlerini gowulandyrmak usulyny saýlap almak üçin.

Teýgumlaryň synplamalarynyň ösüp kämilleşmegi

Ylmyň ösmeginiň belli tapgyrynda esasy meseläniň biri synplamany esaslandyryp gurmakdyr. Bu tapgyryň döremegi ylym pudagy boýunça toplanan maglumatlar kesgitli derejä ýeten wagty, öwrenilýän zatlaryň içki baglanyşyk kanunlary äşgär edilenden soň mümkin bolýar. Inžener geologik jähetten

synplamany düzmek işi dag jynslarynyň düzümi, gurluşy we häsiýetleri boýunça uly göwrümlü maglumatlar ýygналандan soň başlandy. Ilkinji synplamalar XX asyryň başlarynda düzüldi. Şeýle synplamalary düzmek we soňra kämilleşdirmek rus alymlary F.P.Sawarenskiý, I.W.Popow, W.A.Priklonskiý, P.N.Panýukow, Ý.M.Sergeýew, L.D.Belyý we beýlekiler tarapyndan geçirildi.

Ilkinji resmi umumy synplama 1982-nji ýylda neşir edildi. Bu synplama öňki Sowet Soýuzy dagaýança (1991 ý) we ondan soň ençeme ýyllap hemme pudaklarda, esasan-da, gurluşyk üçin gözleg-taslama işlerini geçirýän guramalarda we kärhanalarda ulanyldy. 1995-nji ýylda Russiýada teýgumlaryň synplamasy boýunça täze döwlet standarty (ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация) düzüldi. Ol standart soňra Garaşsyz döwletleriň arkalaşygyna (GDA) girýän döwletlerde (sol sanda Türkmenistanda) döwletara resminama hökmünde kabul edildi.

2003-nji ýylda dagynyk teýgumlar synpyna girýän teýgumlary Türkmenistanyň şertlerinde toparlamak üçin resminama - TDS 609-2003 kabul edildi.

Synplamalaryň görnüşleri

Teýgumlaryň synplamalarynyň umumy, bölek, sebit we pudak synplamalary ýaly görnüşleri bar.

Umumy synplamalaryň maksady iň köp ýaýran dag jynslarynyň kysymalarynyň hemmesini öz içine almak we olary teýgum görnüşde häsiýetlendirmekdir. Bu synplamalarda dag jynslary gelip çykyşy ýa-da aýgytly häsiýetleri boýunça aýry-aýry synplara, toparlara bölünýärler we her bölünip çykarylan synp, topar häsiýetleri boýunça beýlekilerden tapawutlanýarlar. Öňki agzalan synplamalar ГОСТ 25100-82, ГОСТ 25100-95 umumy synplamalara degişlidirler. Beýleki synplamalaryň hemmesi umumy synplamalaryň bir bölegidir.

Bölek synplamasy teýgumlaryň aýry-aýry toparlaryny belli görkezijileri ýa-da belli bir häsiýeti boýunça has ownuk

toparçalara, kysymlara, görnüşlere, görnüşliklere bölýär. Dagynyk teýgumlaryň zire düzümi boýunça ýa-da çyglylyk derejesi boýunça bölünişi şeýle synplama degişlidir. Bu synplamalar umumy synplamanyň ýa bir bölegidir, ýa-da ösdürimidir.

Sebit synplamasy aýry-aýry sebitleriň özboluşlygyny nazarda tutýan synplamadyr. Agzalan TDS 609-2003 şol bir wagtda hem sebit (Türkmenistan), hem bölek (dagynyk teýgumlaryň zire düzümi) synplamasyna degişlidir.

Pudak synplamasy hojalyk pudaklarynyň aýry-aýrylary üçin niýetlenýän synplamadyr (ýol gurluşygy üçin, toprak öwreniş üçin we ş.m.). Olaryň ulanylyşy çäklidir.

TDS – 25100-95. Teýgumlar. Synplama

Bu synplama Russiýada işlenip düzülen umumy synplamadyr. Ol gurluşygy standartlaşdyrmak we tehniki normalaşdyrmak boýunça halkara ylmy-tehniki topar tarapyndan 1995-nji ýylyň aprel aýynyň 19-ynda kabul edildi. Bu synplama Ermenistanyň, Gazagystanyň, Gyrgyzystanyň, Russiýanyň, Täjigistanyň, Özbegistanyň wekilleri tarapyndan goldandy. 1999-njy ýylyň dekabry aýynyň 31-inde bu synplama TDS – 25100 – 95 belgi bilen Türkmenistanda hem işe girizildi.

Bu synplamada taksonomik birlikler şeýle alamatlara görä bölünýär:

- 1) **synp** – jisimara gurluş baglanyşyklaryň umumy häsiýeti boýunça;
- 2) **topar** – teýgumlaryň jisimara gurluş baglanyşygynyň hili boýunça (olaryň berkligi göz önünde tutulyp);
- 3) **toparça** – teýgumlaryň gelip çykyşy (şejeresi) we emele geliş şertleri boýunça;
- 4) **kysym** – teýgumlaryň madda düzümi boýunça;

5) **görnüş** –teýgumlaryň atlary boýunça (jisim bölejikleriniň möçberleri we häsiýet görkezijileri göz önünde tutulyp);

6) **görnüşlik** – teýgumlaryň madda düzüminiň häsiýetleriniň mukdar görkezijileri we jisimara gurluşy boýunça.

Bu synplama boýunça ähli teýgumlar 4 sany synpa: bitewidaşlara, dagynyk teýgumlara, doň teýgumlara we emeli teýgumlara bölünýärler.

Bitewidaşlar synpy **bitewidaş** we **ýarymbitewidaş** toparlara, çogma (magmatik), dönen (metamorfik), çökündi bitewidaş toparçalara bölünýär. Bu synpa degişli teýgumlaryň görnüşlerine granitleri, dioritleri, gabbrolary, bazaltlary, andezitleri, liparitleri, kwarsitleri, mermerleri, çägedaşlary, çagyldaşlary, hekdaşlary, toýundaşlary, hekgumdaşlary, hekleri, zylçalary, nahar duzuny mysal getirip bolar.

Dagynyk teýgumlar bu synplama boýunça şeýle **görnüşlere** bölünýärler: toýunsow teýgumlar, läbikler (suwdan doýgun gyrmançalar), çägeler, iribölekliler we başgalar. Ýagny köp ýagdaýlarda dürli häsiýete eýe bolýan gumbaýraklar, topurlar, toýunlar bir görnüşe degişli hasaplanyp, diňe aýry-aýry görnüşliklere süýgeşiklik sanyna laýyklykda bölünýärler.

9-njy tablisa

Tebigy dagynyk teýgumlaryň synpy

Synp	Top ar	Toparça	Kysym	Görnüş	Görnüşlikler
1	2	3	4	5	6
Dagynyk (mehaniki we suw-kolloid jisimara baglanyşykly)	Baglanyşyksyzlar	Çökündiler	Iribölekçiler	<p>Zire düzümi boýunça bölünýärler:</p> <p>Harsaň (daşy ýylanmadyk daşlar agdyklyk etse - läheň) teýgumy – 200 mm-den uly bölekler agramy boýunça 50 göterimden köp bolsa;</p> <p>Çagyl (daşy ýylanmadyk daşlar agdyklyk etse - jyglym) teýgumy – 10 mm-den uly bölekler agramy boýunça 50 göterimden köp bolsa;</p> <p>Ownuk çagyl (daşy ýylanmadyk daşlar agdyklyk etse – ownuk jyglym) teýgumy - 2 mm –den uly bölekler agramy boýunça 50 göterimden köp bolsa.</p>	<p>Bölünýärler:</p> <p>1.doldurgyjyň düzümi boýunça;</p> <p>2.zire düzüminiň dürlülük derejesi boýunça;</p> <p>3.duzlulyk derejesi boýunça;</p> <p>4.suw süzdürijilik derejesi boýunça;</p> <p>5.çyglylyk derejesi boýunça.</p>
			Minerallylar	<p>Zire düzümi boýunça bölünýärler:</p> <p>Daşly çäge – 2 mm-den uly zireler agramy boýunça 25 göterimden köp bolsa;</p> <p>Iri çäge – 0,5 mm-den uly zireler agramy boýunça 50 göterimden köp bolsa;</p> <p>Aram möçberli çäge – 0,25 mm-den uly zireler agramy boýunça 50 göterimden köp bolsa;</p> <p>Ownuk çäge – 0,1 mm-den uly zireler agramy boýunça 75 göterime deň ýa-da köp bolsa;</p> <p>Kirşenli çäge – 0,1 mm-den uly zireler agramy boýunça 75 göterimden az bolsa.</p>	<p>Bölünýärler:</p> <p>1.zire düzüminiň dürlülük derejesi boýunça;</p> <p>2.dykzlyk derejesi boýunça;</p> <p>3.çyglylyk derejesi boýunça;</p> <p>4.duzlulyk derejesi boýunça;</p> <p>5.organiki maddalaryň deňeşdirme mukdary boýunça;</p> <p>6.yzgarlap çökmäniň deňeşdirme bahasy boýunça;</p> <p>7.öýjüklilik koeffi-siyenti boýunça;</p> <p>8.suw süzdürijilik derejesi boýunça.</p>

Dagynyk	Baglanyşyksyzlar	Çökündiler	Toýunsowlar	Minerallylar	<p>Zire düzümi – toýun parçalarynyň (< 0,002 mm) mukdary (Mc, %) boýunça (2 mm-den uly zireleriň mukdarynyň 50 göterimden az bolmak şerti bilen):</p> <p>1)Gumbaýraklar... $3 \leq Mc \leq 10$</p> <p>2)Topurlar... $10 < Mc \leq 30$</p> <p>3)Toýunlar ... $Mc > 30\%$</p>	<p>Böölünýärler:</p> <p>zire düzümi boýunça;</p> <p>iribölek parçalaryň garyndylary boýunça;</p> <p>ýaýylma görkezi-jisi boýunça;</p> <p>organiki maddala-ryň deňeşdirme mukdary boýunça;</p> <p>ýüksüzkä yzgarlap çişmäniň deňeşdirme bahasy boýunça;</p> <p>yzgarlap çökmäniň deňeşdirme bahasy boýunça;</p> <p>suw süzdürijilik derejesi boýunça;</p> <p>duzlulyk derejesi boýunça.</p>
---------	------------------	------------	-------------	--------------	---	--

Bellik: Topraklar ekerançylyk hajatlary babatda Türkmenistanda “Toprak öwreniş” üçin kabul edilen synplamalara görä toparlanýarlar. Inžener geologiyasynda we gurluşyk işlerinde topraklara dagynyk teýgumlar ýaly garalýar we olar degişli görkezijiler boýunça toparlanýarlar.

TDS 609-2003. Teýgumlar dagynyk. Toparlama

Öňki Sowet Soýuzynyň umumy meýdany üçin niýetlenen ГОСТ - 25100-82 (TDS-25100-95) Türkmenistanyň kolloid aktiwligi pes we duzly teýgumlary üçin gabat gelmeýärdi. Şol sebäpli agzalan döwletara standartyň üsti TDS 609-2003 synplama bilen ýetirildi (düzüjiler Nurgeldiýew N. we başg.). Bu synplama bir sebitiň bölek synplamasydyr, ýagny diňe bir synpa – dagynyk teýgumlar synpyny toparlara, kysymlara, görnüşlere bölmek üçin niýetlenendir. Şonuň üçin onuň adyna “synplama” diýilmän “**toparlama**” diýildi. Bu synplamanyň gurluşy, ýörelgesi TDS-25100-95 döwletara synplamasyna doly gabat gelýär. Toparlama boýunça dagynyk teýgumlar synpy iribölekliler, çägeler, baglanyşyklylar toparyna, toparlar mineral düzümi boýunça kysymlara bölünýärler. Öňki agzalan döwletara synplamadan tapawutlylykda, TDS 609-2003 boýunça kysymlar görnüşlere zire düzümi boýunça bölünýärler. (9-njy tablisa).

Teýgumlaryň görnüşliklerini kesgitlemek üçin bu ýerde olaryň süzülme koeffisiýenti, dykzlygy, ýaýylma görkezijisi, deňeşdirme yzgarlap çişmesi we çöküşi, çyglylyk derejesi, duzlulygy we başgalar ulanylýarlar.

TDS 609-2003 resminama boýunça dagynyk teýgumlaryň esasynda dörän emeli (tehnogen) teýgumlaryň toparçalara, kysymlara, görnüşlere bölünişi hem berilýär (10-njy tablisa)

Tehnogen teýgumlaryň synpy

Topar	Toparça		Kysym	Görnüş	Görnüşlikler
Sementleşmedik çökündi teýgumlar	Tebigy ýatan ýerinde üýtgedilenler	Fiziki täsir bilen üýtgedilenler	Tebigy dagy-nyk teýgumlaryňky ýaly	Tebigy dagynyňky teýgumlaryňky ýaly	Tehnogen teýgumlaryň düzümi we häsiýet aýratynlyklary göz önünde tutulyp, tebigy teýgumlaryň görnüşlikleriniň bölünişine kybapdaş bölünýärler
		Fiziki we himiki täsir bilen üýtgedilenler			
	Tebigy ýatan ýerinde n gozgananlar	Süýsürilen teý-gumlar			
		Akdyrylan teý-gumlar			
	Adamta rapyn dörentgiler	Dökülen zibiller	Önümçiligiň we adamyň hojalyk işleriniň galynyň dylary	Durmuşy zibiller, senagat zibilleri, gurluşyk galynyň dylary, şlaklar, şamlar-küller, külşlaklar we başg.	
		Akdyrylan zibiller			

Bitewidaş teýgumlar synpy

Bitewidaş (ýa-da berk struktur baglanyşykly) teýgumlar 2 topadan – bitewidaşlardan we ýarymbitewidaşlardan düzülýärler.

Bitewidaşlara bir ýa-da birnäçe minerallaryň bile bitißen kristallaryndan düzülen örän berk jisimara baglanyşykly teýgumlar degişli bolýar. Olara çogma (magmatik) jynslaryň hemmesi diýen ýaly (gabbrolar, diabazlar, dioritler, granitler, siýenitler, bazaltlar, andezitler we başgalar), dönen (metamorfik) jynslaryň hemmesi: silikatlylar (gneýsler, kwarsitler, slanesler), karbonatlylar (mermerler, rogowikler, skarnlar), berk baglanyşykly çökündi jynslardan: silikatlylar (çägedaşlar, çagyldaşlar), karbonatlylar (berk hekdaşlar, dolomitler) degişlidirler.

Ýarymbitewidaşlara gaty kristal bölejikleri, esasan, sementleşmek arkaly birleşip, gaty baglanyşyga eýe bolan teýgumlar degişlidirler. Olara çogma (magmatik) jynslardan diňe gyzgyndan erän maddalary ýokary galanda sowap, eremedik jynslar bilen garyşyp doňanda döreyänleri, berk baglanyşykly çökündi jynslaryň köpsanly görnüşleri degişlidirler:

- 1) silikatlylar-toýundaşlar, kirşendaşlar, gowşak çägedaşlar;
- 2) kremnililer-opokalar, diatomitler, trepeller;
- 3) karbonatlylar-hekler, gowşak hekdaşlar, hekgumdaşlar;
- 4) sulfatlylar-zylçalar, angidritler;
- 5) galoidliler – nahar duzlary (galit).

Bitewidaş we ýarymbitewidaş teýgumlaryň şertleýin araçağı hökmünde olaryň suwdan doýgun ýagdaýyndaky birokly basyşa (gysyşa) çydaýan R_c berklik çägi ulanylýar: $R_c \geq 5$ MPa – bitewidaş teýgumlar; $R_c < 5$ Mpa- ýarymbitewidaş teýgumlar.

Umuman alanynda, bitewidaşlar synpyna degişli teýgumlaryň aglaba köpüsiniň aýgytlaýjy häsiýetleri amatly – berkligi ýokary, çöküjiligi ýoga golaý, durnukly, suw süzdürijiligi juda pes bolýar. Bu ýerde bitewidaşlar synpyna degişli aýry-aýry toparlara, Türkmenistanda giň ýaýran bitewidaş teýgumlaryň görnüşleriniň käbirlerine gysgaça häsiýetnama berilýär.

Çogma (magmatik) jynslar Türkmenistanda juda seýrek duşýarlar. Olaryň hemmesiniň diýen ýaly häsiýetleri şeýledir: berkligi ýokary, örän ýokary ($R_c \geq 100$ MPa); gysylmak ukyby az, ýoga golaý, ýagny çökmeyärler; suw süzdürijiligi ýok, sebäbi öýjüksiz; bu häsiýet diňe weýranlaşan, jaýrylan teýgumlarda bolup bilýär; durnuklylygy ýokary, suwda eremeýärler, ýumşamaýarlar.

Çogma jynslaryň berkligi aýry-aýry kristallaryň arasyndaky baglanyşygyň otly ergin (magma) sowap doňanda bile bitişip döränligi bilen bagly. Şol sebäpli granitleriň öýjükliligi 0,1-0,3%, suwdan doýgun ýagdaýyndaky birokly gysyşda berkligi 300 MPa-dan ýokary bolýar.

Bitewidaş teýgumlaryň (şol sanda çogma jynslaryň) amatsyz häsiýetleri, adatça, diňe weýranlaşma hadysasynyň netijesinde bolup bilýär. Weýranlaşma derejesi **weýranlaşma koeffisiýenti (K_w)** bilen kesgitlenýär. Bu görkezijiniň san bahasy weýranlaşan teýgumuň dykzylygynyň weýranlaşmadyk teýgumuň dykzylygyna bolan gatnaşygy bilen aňladylýar. Weýranlaşma koeffisiýenti weýranlaşmadyk teýgumda 1-e, çala weýranlaşanda 1-0,90-a, weýranlaşanda 0,9-0,8, güýçli weýranlaşanda 0,8-den aza deň bolýar.

Metamorfik (dönen) jynslar çogma jynslaryň, bitewidaş çökündi jynslaryň örän uly basyşyň, gyzgynlygyň täsiri astynda başga jynsa (adatça, has berk, durnukly jynsa) öwrülmegi, dönmegi netijesinde döreýärler. Mysal üçin, çägedaşdan-kwarsitler, hekdaşlardan-mermerler, toýundaşlardan – toýun slanesleri, granitlerden – gneýsler emele gelýärler.

Ýurdumyzda bu jynslar ýeriň ýüzüne golaý çuňluklarda çogma jynslardan hem seýrek dusýarlar.

Dönen jynslaryň häsiýetleri şeýledir:
berkligi köplenç ýokary, käte pes hem bolup bilýär: kwarsitler-örän berk, mermerler-berk, toýunsow slanesleriň berkligi aramdan pese çenli;
gysylma ukyby çogma jynslaryňka meňzeş;
suw süzdürijiligi jynslaryň ýygirtlylygyna we jaýryklylygyna bagly, umuman, ýoga golaý;
durnuklylygy dürli: kwarsitler – örän durnukly, toýunsow slanesler – çalt weýranlaşýarlar.

Bu ýerde dönen jynslaryň bir wekiline – soňky döwürde ýurdumyzda diwar örtügi üçin giňden ulanylýan mermer hakda aýratyn häsiýetnama berilýär.

Mermer – doly kristallaşan dag jynsy bolup, kalsitiň we dolomitiň zirelerinden düzülýär. Mermer ýumşak, ýylmamagy aňsatlygy üçin örtük bezeg daşy görnüşde ulanylýar. Iň gowy mermerler deňölçegli ownuk zireli, gatlaksyz, öýjüksiz, jaýryksyz bolup, düzüminde piritiň, slýudanyň garyndysyny saklamaýar. Emma şeýle mermerler seýrek duşýarlar, köplenç olaryň düzüminde köp mukdarda dolomit, azda-kände kwars, slýuda bolýar. Mermerlerde belli bir çuňluga çenli ýagtylyk geçirijilik (içi görünmek) ukyby bolýar, şu häsiýeti onuň bezeg hilini artdyrýar.

Gelip çykyşy boýunça mermerler 2 hili bolýarlar:

1. Mermerleşen hekdaşlar sebitleýin metamorfizmde uly çuňluklardaky basyşyň we gyzgynlygyň täsiri bilen döreýärler. Olaryň strukturasy doly we köplenç deňölçegli kristallaşan, teksturasy-zolakly bolýar.

2. Gyzgyn magmanyň karbonat jynslaryň içinden geçen zolagynda döreýän galtaşma mermerleri iri kristally, zolaksyz, reňki we strukturasy çalt üýtgeýän görnüşde bolýarlar.

Mermerleriň berkligi, durnuklylygy olaryň struktura-tekstura aýratynlyklaryna bagly bolýar. Umuman, mermerleşen hekdaşlaryň häsiýetleri giň gerimde üýtgegen bolýar.

Mermerleriň dyklyzlygy 2,67-2,86 g/sm³, birokly gysyşda berkligi 75-197 MPa aralygynda üýtgeýär.

Klimatyň, howa şertleriniň täsirine mermerler durnuklydyrlar. Emma düzüminde pirit, organiki maddalar bolan mermerleriň durnuklylygy peselýär. Mermer düzüminde kömürturşy gazyny saklaýan suwlaryň täsirine durnuksyz bolýar, senagat merkezlerinde köp duşýan tüsse gazlary hem mermerleri çalt zaýalaýar.

Bitewidaş çökündi jynslar Türkmenistanyň daglyk ýerlerini tutuşlaýyn diýen ýaly tutýarlar. Bitewidaş çökündi jynslar jaý-desgalaryň teýkary görnüşinde seýrek ulanylýan hem bolsalar, olardan dörän iribölekli jynslar (harsaňlar, çagyllar, jyglymlar) teýkar hökmünde hem, gurluşyk materiallary hökmünde hem ýurdumyzda giňden ulanylýarlar. Bu topar iki toparça: ululy-kiçili böleklerden düzülen zireli (terrigen) bitewidaşlara we agramly bölegi karbonat düzümlü – karbonatly bitewidaşlara bölünýärler.

Çökündi bitewidaşlaryň madda düzümi teýgumuň zirelerini düzýän minerallaryň düzüminden başga, garyndylaryň we sementiň düzümine baglydyr. Garyndylaryň täsiri karbonat jynslarda has wajypdyr, sementiň hiliniň ähmiýeti zireli bitewidaşlarda uludyr. Mysal üçin, karbonat jynslar esasy mineral bolan kalsitden, dolomitden we beýleki karbonatlardan başga köplenç kremnezýomy, toýun maddalaryny, zylça garyndylaryny saklaýarlar. Kremnezýom hekdaşlaryň ereýjiligini azaldýar, berkligini artdyrýar. Şol sebäpli kremnili hekdaşlar köplenç berk, durnukly bolup, hut bitewidaşlara degişli bolýarlar. Toýun garyndyly hekdaşlaryň ereýjiligi kemelýär, şeýle-de olaryň berkligi hem peselýär, yzgarlanda bolsa-ýumşayarlar. Şol sebäpli hekdaşlar düzüminde toýunsow maddalaryň artmagy bilen karbonatly-toýunly jynslara öwürülýärler: ilki toýunsow hekdaşlara, soňra hekgumdaşlara (mergellere) we ş.m. Bu berkligi peselen karbonatly jynslar ýarymbitewidaşlara degişli bolýarlar.

Hekdaşlaryň düzüminde dolomit bar bolsa, onda ereýjilik peselip, berklik artýar. Desganyň aşagyndaky ýa-da gurşawyndaky karbonat jynslarda zylçanyň, angidritiň ýa-da karbonatlara degişli bolmadyk sada duzlaryň bolmagy, berk baglanyşykly teýgumun durnuklylygyny düýpli peseldýär, bu ýagdaý gurluşykçylary aladalandyrmalydyr.

Karbonatly jynslaryň fiziki-mehaniki häsiýetleri olaryň strukturasyna, teksturasyna we düzümine baglydyr. Mysal üçin, paleozoý eýýamynyň kremnileşen, mermerleşen hekdaşlary, mezozoý, kaýnozoý eýýamlarynda emele gelen öýjükli balykgulakdan düzülen hekdaşlardan tapawutlylykda berkdir. Hekdaşlaryň dykzlygy ortaça $2,0-2,6 \text{ g/sm}^3$, kremnileşen dykz hekdaşlaryňky $2,8-2,9 \text{ g/sm}^3$ -e ýetýär. Hekdaşlaryň öýjükliligi $1,0-15,0\%$, birokly gysyşda berkligi birligiň ülüşlerinden 250 MPa -a çenli üýtgeýär. Arçabil, Gökdepe, Kelif ýataklaryndaky hekdaşlaryň öýjükliligi $1-7\%$, howada gysylma berkligi $110-140 \text{ MPa}$ aralykda üýtgeýär. Balykgulakdan düzülen hekdaşlaryň öýjükliligi ýokarydyr ($30-38\%$), birokly gysyşda berkligi ($R_c = 6-26 \text{ MPa}$), ýumşajylyk koeffisiýenti ($K_y = 0,6-0,8$) pesdir.

Karbonatly jynslarda suw süzdürijilik esasan, jaýryklylyk bilen bagly. Jaýryklar boýunça hereket edýän suwuň düzüminde iýji kömürturşulygy bolsa, karbonatlaryň ereýjiligi düýpli artyp, köwekler, gowaklar döreyärler.

Karbonat kysymly bitewidaşlaryň ýaýran ýerlerinde gurluşyk işleri taslananda olaryň fiziki-mehaniki häsiýetlerinden başga gowaklaşma prosesine meýilliligi göz önünde tutulmalydyr.

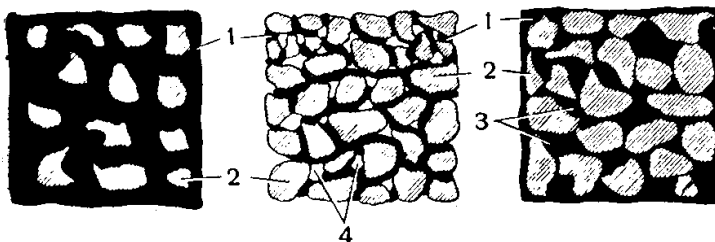
Sementleşen zireli teýgumlar Türkmenistanyň daglyk ýerlerinde giň ýaýrandyr. Düzümindäki deslapky zireleriň möçberine laýyklykda, olar şeýle kysymlara bölünýärler: iridaşlylar (çaгылдаşлар), ownuk zireliler (çägedaşлар), kirşen zireliler (kirşendaşлар), toýun zireliler (toýundaşлар). Agzalanlaryň içinde çägedaşlar tebigatda köp duşýarlar.

Çägeleriň **çägedaşlara** öwrülmegi öýjük nemlerinden duzlaryň çökmegi arkaly diagenез tapgyrynda we çäge çökündileriň ýeriň gabygynyň aşaky böleklerine çökmeginiň netijesinde, epigenez tapgyrynda bolup geçýär.

Sementleşen jynsyň berkligi zireleriň düzümine, şeýle-de sementleşmäniň kysymyna we sementiň düzümine bagly. Sementleşmäniň esasy görnüşleri guýma (bazal), galtaşma we öýjükli kysymlara degişlidir (6-njy surat). Guýma kysymda çäge bölejikleri sementiň içine siňip, biri-birilerine degmeýärler (6-njy surat, a). Bu kysymda çägedaşıň berkligi sementiň berkligi bilen kesgitlenýär. Galtaşma sementleşmesinde sementleýji madda diňe zireleriň galtaşýan ýerlerinde bolýar (6-njy surat, b). Bu şertde berklilik ýokary bolmaýar. Çägedaşlaryň iň berki öýjükli sementleşme kysymyna mahsusdyr, bu ýerde biri-biri bilen galtaşýan çäge zireleriniň arasyndaky öýjükler sement bilen doldurylgy bolýar (6-njy surat, ç).

Sement hökmünde toýun maddasy, kremniniň suwsuz we suwly oksidleri (kwars, halsedon, opal), demir oksidleri, kömür kislotasynyň duzlary, kalsiniň sulfaty hyzmat edip bilýärler. Agzalanlaryň arasynda kremnili, demirli sementler örän berkdir. Geosinklinal (daglyk) sebitde zireleriň mineral düzümi hem, sementiň düzümi hem dürlüdür.

Çägedaşlaryň gaty bölejikleriniň dykyzlygy 2,60-2,70 g/sm³, dykyzlygy 2,20-2,70 g/sm³ aralygynda üýtgeýär. öýjükliligi 0,5-40% aralykda bolup, köplenç 20-25%-den ýokary çykmaýar.



6-njy surat. Çökündi jynslaryň sementleşmesiniň görnüşleri:

a – guýma (bazal); b – galtaşma; ç – öýjükli

1 – sementleşdiriji madda; 2 – bölejik (zire); 3 – sement bilen doldurylan öýjükler; 4 – sement bilen doldurylmadyk öýjükler

Çägedaşlaryň mehaniki häsiýetleri olaryň strukturasyna, teksturasyna, zireleriniň ýylmanaklygyna, sementiň düzümine, sementleşmäniň kysymyna baglylykda giň gerimde üýtgeýär. Gysylma berkligi 1-2 MPa-dan 250 MPa-a çenli üýtgeýär. Dartyлма berkligi gysylma berkliginiň 2-5%-ini, epilme berkligi – 6-20%-ini, süýşmä garşylygy – 11-12%-ini düzýär (M.P. Lysenko, 1972). Kwarsite çalymdaş we kremnili çägedaşlaryň gysylma berkligi ýokary (70-200 MPa), hek sementli çägedaşlaryňky ep-esli pesräk (20-100 MPa) bolýar.

Toýun, hekgumdaş, zylça sementli çägedaşlar berk hem, durnukly hem bolmaýarlar we ýarymbitewidäşlere degişlidirler. Garagumda köp dusýan deridaş – zylçaly çägedaşdyr. Otda birneme gyzdyrylyp, zylça sementi gowşadylandan soň, bu daşlar eýlenýän deriniň iç ýüzüni arassalamak üçin gadymdan bäri ulanylýar.

Çägedaşlaryň aýaza çydamlylygy ýokary däldir. Mysal üçin, hatda kwarsite çalymdaş çägedaşlary 25 gezek doňdurylyp (aýazladylyp) we soňra doňy çözülende olar berkligini 1%, beýleki çägedaşlar 4-40%-e çenli azaldýarlar.

Çagyldaşlar (konglomeratlar, brekçiler) çägedaşlardan seýrek duşýarlar. Olaryň berkligi, durnuklylygy düzümindäki daşlara, semente bagly bolýar, emma çägedaşlaryňkydan pesdir we köplenç ýarymbitewidaşlara goşulýarlar.

Kirşendaşlar, toýundaşlar uly göwrümlü we birsydyrgyn düzümlü görnüşde seýrek duşýarlar. Köplenç olar çägedaş we karbonatly bitewidaşlaryň arasynda ýuka gatlak görnüşde duşýarlar. Strukturasyna, teksturasyna, sementiniň düzümine baglylykda, olaryň dykzlylygy $1,34-2,10 \text{ g/sm}^3$, berkligi 10-50 MPa aralykda üýtgeýär. Köplenç bu jynslaryň berkligi gatlaklylyga perpendikulýar gysylanda 15-20 MPa, ugurdaş gysylanda – 10-15 MPa çemesidir. Bu jynslar aýaza, temperaturanyň, çyglylygyň üýtgemegine durnuksyzdyrlar. Inžener-geologik jähetden toýundaşlaryň, kirşendaşlaryň hili çägedaşlaryňkydan pes hasaplanýar. Olar ýapylarda aňsatlyk bilen weýranlaşyp, dökülmeleri emele getirýärler (Arçabil – Gökdere ýolunyň ýakalarynda we ş.m.).

Teýkarlaryň geologik gurluşy we durnuksyz struktur baglanyşykly teýgumlar

Amatsyz diýlip, häsiýetleriniň ýaramazlygy sebäpli, resmi kadalar boýunça üstünde jaý, desga gurulmagy maslahat berilmeýän, zerurlyk çykan şertlerde bolsa, diňe düýpli abatlaýyş işleri geçirilip, zyýanly häsiýetleri aradan aýrylandan soň, gurluşyk üçin ulanylmaga rugsat berilýän teýguma aýdylýar.

Özboluşly diýlip, gurluşyga ýetirýän zyýanly täsirleri boýunça, beýleki adaty teýgumlardan bir ýa-da birnäçe häsiýet görkezijileri bilen düýpli tapawutlanýan teýgumlara aýdylýar.

Türkmenistanyň gurluşyk normalarynda dürli teýgumlaryň ýaýran ýerlerinde geçirilýän inžener-geologik gözlegleriň aýratynlyklary seljerilip, özboluşly teýgumlaryň sanawyna: yzgarlanda çökyän, çişýän, gowşak, duzly (şorlaşan), elýuwial we emeli teýgumlar goşulýarlar. Başga

amatsyz teýgumlara şeýle-de doň, dökülen teýgumlar, torf (gemre) we torflaşan jynslar goşulýarlar.

Bu ýerde agzalan teýgum toparçalarynyň käbirleri barada gysgaça maglumat berilýär.

Doň teýgumlar

Temperaturasy 0°C-a deň ýa-da ondan hem pes (otrisatel) bolan we düzüminde buz saklaýan islendik teýguma **doň teýgum** diýilýär. Temperaturasy 0°C-dan pes bolsa-da, düzüminde buz saklamayan jynslara (gury çäge, çagyl, bitewidaş we ş.m.) **aýazly teýgum** diýilýär. Aýazly teýgumlaryň häsiýetleri temperaturanyň üýtgemegine bagly bolmaýar. TDS-25100-95 boýunça doň teýgumlar özbaşdak synpy emele getirýärler.

Düzümindäki suwuň buza öwrülip, teýgumuň doňmagy onuň fiziki durkuny, ýarsma ukybyny, berkligini, suw süzdürijiligini, elektrik toguny we ýylylygy geçirijiligini üýtgedýär. Bu üýtgeşmeler teýgum doňandan soň hem, aýazyň güýçlenmegi bilen dowam edýär. Bulardan başga-da, teýgumlaryň doňmagy birnäçe doňaklyk prosesleriniň we hadysalarynyň döremegine getirýär: teýgumuň strukturasyňyň, teksturasynyň üýtgemegi, teýgumdaky çygyň göçmegi, doňup çişme, doňup jaýrylma, ýeriň ýüzünde, desganyň çäginde buzlaryň toplanmagy, doňy çözlende göwrümiň kiçelmegi we ş.m.

Sowuk klimatly ýokary guşaklyklarda (Sibir, Uzak Gündogar we ş.m.) doň ýagdaýyny müňlerçe ýyl saklap gelýän teýgumlaryň galyňlygy onlarça, hatda yüzlerçe metre ýetýär. Ol ýerlerde diňe tomus möwsümünde ýeriň ýüzüniň ýokarky gatlagy (1-1,5 m-e çenli) wagtlaýyn ereýär. Orta guşaklyklarda ýerleşen Türkmenistanda hemişelik doň teýgumlar ýokdur, diňe gys möwsümi ýeriň ýüzi 0,5-0,8 m çuňluga çenli doň ýagdaýa geçip bilýär. Şol sebäpli bu ýerde doň teýgumlary we

doňaklyk hadysalaryny düýpli öwrenmek zerurlygy döremeýär. Emma bu ugurdan toplanan maglumatlaryň käbirlerini bilmek amatlydyr:

1. Suw buza öwrülende göwrüminiň 11% artýanlygy sebäpli, çygly teýgumlar doňanda öz göwrümini ulaldyp çişýärler, güberýärler. Bu häsiýet has hem kirşensow, toýunsow jynslarda güýçli. Doňup çişmäniň (морозное пучение) iri çägede, çagylda bolmaýanlygy sebäpli, dürli düzümlü teýgumlaryň üstünde binýatlar, demir ýoluň relsleri näsaz ýokary galyp bilýärler. Bu amatsyz ýagdaýy aradan aýyrmak niýeti bilen, Türkmenistanda taslanýan jaýlaryň, desgalaryň binýatlarynyň düýbi (düşegi) teýgumlaryň şol ýerdäki doňma çuňlugyndan aşakda ýerleşdirilýär. Şeýle bolanda binýadyň gapdalyndaky teýgumuň doňan bölegi çişip ýarssa-da, binýat öňki durkuny saklaýar. Eger şeýle çäre, başga sebäplere görä, amatsyz bolsa (ýeriň ýüzünden ýokarda gurnalýan emeli teýkarlar we ş.m.), onda doňanda çişmäge meýilli jynslar, doňanda-da, doňy çözülen-de häsiýetlerini üýtgetmeýän, doňaklyga parhsyz jynslar bilen (mysal üçin, çagyl bilen) çalşyrylýar.

2. Aýratyn gazaply sowuk ýyllar akabaly kanallardaky, derýalardaky suwlar galyň doňýar. Ýazyna howa gyzyp başlanda buzlar eräp, herekete gelip, süýşüp, köprüleriň sütünlerine zeper ýetirer howpy döräp bilýär. Eger buzy yzygiderli döwüp, akdyrylmaly diýlen netijä gelinse, buzlary akabanyň, derýanyň aýak ujundan döwüp başlasaň, suw döwlen buzlary akdyryp äkidip ýetişer.

3. Doň ýagdaýa geçen teýgumuň berkligi wagtlaýyn artýar (çägelerde 6-14 MPa-a, toýunlarda 2-5 MPa-a çenli), doňy çözülen teýgumuň çyglylygy deslapkysyndan hem artyk bolýar, esasan-da, toýunsow jynslarda (sebäbi doňma prosesi wagtynda doňýan üste tarap gurşawdaky suwlar dartylýar). Netijede, doňy çözen teýgumuň berkligi birden aşa peselýär, öň doňka üstünde jaý-desga gurlan teýkary düzýän teýgumlar akgyn halyna geçip, gapdala süýşýär, käte binýadyň aşagyndan

ýokarylygyna çogup çykýar. Şeýle ýagdaýlar desganyň durnuklylygyny, abatlygyny bozýar we köplenç onuň doly hatardan çykmagyna sebäp bolýar. Doň teýgumlaryň uly galyňlykda ýatan ýerlerinde bu hadysanyň garşysyna 2 görnüşli göreş çäreleri alnyp barylýar: 1) teýkardaky doň teýgumlaryň doňy hiç wagt çözülmez ýaly şert döredilýär. 2) doň teýgumlaryň ilki doňy çözlüp (eger olar juda galyň bolmasa), dykzlandyrylyp, soňra desga gurulýar.

Gowşak teýgumlar

Gowşak teýgumlara aşa çyglylygy zerarly, goşmaça ýük düşmezden, öz agramyny göterip bilmeýän toýunsow jynslar, şol sanda deňizleriň, kölleriň düýbüne çökýän häzirki zaman çökündiler – läbikler, ýerasty suwlaryň derejesinden aşakda akgyň halynda duşýan gumbaýraklar, käte topurlar we toýunlar degişlidirler.

Läbikleriň şeýle häsiýetleri bar:

örän gowşak we küpürsek (gury halyndaky dykzlygy 1 g/sm^3 çemesi, käte $0,8-0,9 \text{ g/sm}^3$ -e ýetýär, öýjükliligi 60%-den hem geçip bilýär);

suwdan doýgun, çyglylygy 80-90%-e çenli;

zire düzümi boýunça: gumbaýrak, topur, toýun, käte kirşenli çäge;

organiki galyndylar ýokarky böleginde 10-12%, aşakda 2-3%-e çenli;

galyňlygy 0,5-1,0 m-den 10-20 m-e çenli we soňra aşakdan başlap, diogeneziň dowamynda adaty dag jynslaryna öwrülýärler.

TDS-20522-96 standartyň talaplaryna laýyklykda, galyňlygy az hem bolsa, özbaşdak kybapdaş häsiýetli gatlak (inžener-geologik element) hökmünde bölünip çykarylmalý gowşak jynslara Türkmenistanda seýrek duşmaýan akgyň gumbaýraklar ($I_L > 1,0$), akgyň we akgyň ýaýylýan topurlar we toýunlar ($I_L > 0,75$) degişlidirler. Adatça, olaryň çyglylygy 20-

30%-den, öýjükliligi 43-45%-den pes bolmaýar, içki sürtülme burçy 20-25°, ilişmesi 5-10 kPa çemesidir.

Gowşak teýgumlaryň üstünde jaýlary, desgalary gurmak diňe şeýle şertler berjaý edilen ýagdaýynda mümkindir:

1) teýgumlaryň häsiýetleri gowulandyrylanda (dykyzlandyрма, berkidilme, dikligine ornaşdyrylan çägeli zeýkeşler bilen çalykdyrylanda);

2) desganyň näsaz çökmelere parhsyzlygy gazanylanda (gaty guşaklar, çöküş sepleri ulanylanda);

3) gowşak teýgumlar kakma (sütünli) binýatlar bilen geçilende, olaryň içi harsaň daşlary çümdürilip doldurylanda;

4) gowşak teýgumlaryň çydap bilýän ýüklerini dogry kesgitläp, şol howply çäklere ýetilmedik ýagdaýynda;

5) gowşak teýgumlary sarsgyna sezewar etmän olaryň tebigy ýagdaýy saklananda.

Şorlaşan (duzly) teýgumlar

Düzüminde ýeňil ereýän duzlary belli bir mukdardan artyk saklaýan teýgumlara **duzly teýgumlar** diýilýär. Duzly we duzsuz teýgumlaryň araçägi dürli resmi we okuw kitaplarynda birmeňzeş berilmeýär. Türkmenistanda ulanylýan dagynyk teýgumlara degişli resminamada düzümi SO_4^{2-} ionyň hasabyna geçirilen ýeňil ereýän sulfatlaryň ýa-da Cl^- hasabyna geçirilen hlوريدleriň agramy 0,25%-e deň we ondan köp bolsa, teýgum duzly hasaplanýar. GDA girýän döwletlerde ulanylýan halkara standartda düzüminde suwda ereýän duzlary 2%-den az saklaýan teýgumlar duzsuz hasaplanýar.

Duzly teýgumlar Türkmenistanda örän giň ýaýrandyrlar we inžener-geologik jähedden amatsyz ýagdaýlary döredýänligi sebäpli, içgin öwrenilmegini talap edýärler. Düzümindäki duzlar erände teýgumlaryň dykyzlygy, ýarsmasy, baglanyşygy, berkligi, durnuklylygy, suw süzdürijiligi üýtgeýär, iýijilik

ukyby güýçlenýär, öýjük nemleriniň duzlulygynyň artmagy topragyň hasyllygyny peseldýär, teýgumuň aýazda doňma nokadyny pese gaçyrýar. Duzly teýgumuň suwda ýumşajlylygy örän ýokary bolýar, yzgarlanda (ygaldan we başg.) olaryň kolloidleri ergin halyna geçýär, berklilik juda pese düşýär, ýeriň ýüzi uzak wagtlap guramaýan, ýelmeşip duran palçyga öwrülýär.

Ergin halyna geçmedik duzlar teýgumuň baglanyşygyny ep-esli artdyrýar, has hem haýal ereýän sulfatlar (mysal üçin, gežde). Emma kristallaşanda özüne howadan suwy dartýan käbir duzlaryň (Na_2SO_4 we MgSO_4) göwrüminiň ulalyp, gübreň şorluga geçýänligi sebäpli, olarda baglanyşygyň artmasy ujypsyzdyr. Öýjükleri duzdan doly teýgumlar yzgarlanda çökýärler. Gurluşykda şorlaşan (duzly) teýgumlaryň esasy ýetirýän zyýanly täsiri olaryň ýere gömlen ýa-da duzly teýgum bilen galtaşýan binýatlary, gurluşyk materiallaryny, kabelleri, turbageçirijileri iýip, çüýredip, zaýalamagydyr.

Şorlaşan teýgumlaryň öwrenilişi suw dartuw derňewleriniň üsti bilen amala aşyrylýar. Netijede, aşakdaky soraglar aýdyňlaşdyrylýar:

teýgumlaryň duzlulyk derejesi;

ýeňil we haýal ereýän duzlaryň düzümi;

teýgumlaryň şorlaşmasynyň sebäpleri, olaryň çyglylygynyň we duzlulygynyň üýtgew kadasy.

Teýgumlaryň duzlulyk derejesiniň gurluşyga täsiri TGN 2.03.11-99 resminama laýyklykda kesgitlenýär (11-nji tablisa).

Howaly zolakdaky teýgumlaryň düzümindäki SO_4^{2-} we Cl^- ionlaryň mukdar derejesine baglylykda, betondan we demir-betondan ýasalan gurnamalara iýijilik täsiriniň howplulyk derejesi (betonyň suw geçirmeýänligi boýunça markasy W_4 , ýagny $K_s=(2-7)10^{-9}\text{sm/s}$ bolan şertde) (TGN 2.03.11-99 boýunça sadalaşdyrylyp alynýar)

Teýgumuň düzümindäki ionlaryň (mg/kg) iýijiliginiň howplulyk derejesi				Teýgumuň beton we demir-beton gurnamalara howply täsir ediş derejesi
SO_4^{2-} ionlaryň betonlara täsiri			Hloridleriň (Cl^-) betona täsiri	
Adaty portlandsement (TDS-10178-85)	Şlak goşulyp gowulandyrylan portlandsement	Sulfata çydamly sement (TDS-22266-94)	Portlandsement, şlakly portlandsement, sulfata çydamly sement	
500-1000 1000-1500 1500-den köp	3000-4000 4000-5000 5000-den köp	6000-12000 12000-15000 15000-den köp	400-750 750-7500 7500-den köp	çala howply orta howply örän howply

Bellik: Hloryň mukdary boýunça howpsuzlygyň görkezijileri suw geçirmeýänligi boýunça markasyna garamazdan diňe demir-beton gurnamalar üçin hasaba alynýar. Eger teýgumuň düzüminde hem hlorid (Cl^-), hem sulfat (SO_4^{2-}) bar bolsa, sulfatyň mukdary 0,25-e köpeldilip, hloruň üstüne goşulýar.

Duzly, esasan-da, şor (düzüminde duzlary 2-3%-den köp saklaýan) teýgumlaryň bar ýerlerinde gurluşyk geçirmek

çäklendirilýär. Şorlaşan teýgumlara garşy göreş çäreleri gurluşykda teýgumlaryň häsiýetlerini gowulandyrmak (duzuny aýyrmak), desganyň goraga mätäç böleklerini duzuň täsirine durnukly we duz erginini geçirmeýän materiallar bilen örtmek arkaly amala aşyrylýar.

Adamtarapyn (tehnogen) dörän-dökülen teýgumlar hakda düşünje

Uly şäherleriň, has hem gadymy şäherleriň tutýan meýdanynyň, olaryň ýakalarynyň, ýerden gazylyp alynýan käbir magdanlaryň ýataklarynyň ýerleşen ýerleriniň üstki gatlagy tebigy ýatan ýerinden gozgalan jynslardan düzülýär. Geologik nukdaýnazardan olar **adamtarapyn jynslar**, tehniki teýdan **tehnogen** teýgumlardylar. Bu teýgumlar has giç öwrenilip başlandy (Kotlow F.W., Krutow W.I. we başg.). Türkmenistanda bu teýgumlar heniz ýeterlik derejede öwrenilmedik teýgumlaryň hataryna girýärler. Bu teýgumlaryň esasy alamatlaryna ýaýrawynyň sebitleýin çäkliligi, ýerleşişiniň topbak-topbaklygy degişlidir. Olaryň galyňlygy 1-2 m-den 5-6 m-e, käte 15-20 m-e çenli ýetýär. Tehnogen teýgumlar şeýle toparlara bölünýärler:

1. Senagat we gurluşyk önümçiliginiň galyndylaryndan düzülen jynslar: şlak, kül, ýerinden gozgalan toýunlar, çägeler, kerpiç döwürükleri, betonyň, demriň, demir-betonyň, aýnanyň bölekleri. Irimçik düzümler bölekler teýgumuň 10%-e çenli göwrümini tutup bilýär. Şeýle teýgumlaryň ortaça (aram) dykzlygy bolýar, olaryň bar ýerinde gurluşyk işleri (hendek gazmak, ýerleri tekizlemek) kynçylykly geçýär.

2. Önümçilik galyndylaryndan we durmuşy zibillerden düzülen jynslar: agaç ýonuşgaly, kesindileri, çöp-çalam, kagyz. Olarda iri garyndylar (bölekler) ujypsyz göwrümi tutýarlar. Şeýle teýgumuň häsiýeti gatlagyň dörän wagtyna, çüýrüntgä öwrüliş derejesine bagly, umuman, amatsyz.

3. Dökülen gumlar, guýlan laýlar. Köplenç olaryň düzümi çägesow-toýunsow jynslardan ybarat bolýar. Düzümi birmeňzeş, dykyzlandyrmasy kyn bolmaýar.

4. Aşakda ýatan peýdaly magdany çuň karýerler, şahtalar bilen alnanda ýokardaky gatlaklaryň gazylyp-çykarylyp, bir ýere üşürilmegi netijesinde dörän teýgumlar. Bu hili teýgumlaryň häsiýetleri dürli bolýar.

Dürli ýurtlarda toplanan tejribä görä, agzalan tehnogen teýgumlardan düzülen meýdançalarda düýpli gurluşyk geçirmek bähbitsiz hasaplanýar. Köplenç şeýle teýgumlaryň üsti tekizlenip, zerur şertlerde üstüne toprak düşelip, ol ýerleri baglyk-tokaýlyga öwürmek amatly hasaplanýlar. Eger guruljak jaýyň aşagynda şeýle teýgumlaryň galyňlygy uly bolmasa (2-3 m-e çenli), olar aýrylyp, ýerine amatly teýgum düşelýär.

Teýgumlaryň häsiýetlerini emeli ýollar bilen gowulandyrmagyň usullary

Usullaryň toparlanyşy. Tebigatda duşýan teýgumlaryň dykyzlygynyň, berkliginiň, durnuklylygynyň pes ýerleri, çyglylygynyň, suwlulygynyň, suw süzdürijiliginiň, ýarsma ukybynyň yokary ýerleri seýrek duşmaýar. Şeýle amatsyzlyklar taslanýan desgalaryň durnuklylygyna, gurluşyk işleriniň geçirilişine, geologik prosesleriň ösüşine täsir edýärler. Eger gurluşyk meýdançasyny başga amatly ýere geçirmek mümkinçiligi bolmasa, öňki bar bolan teýgumlaryň häsiýetlerini zerur ugra gönükdirip, üýtgedýän emeli usullar ulanylýar.

Teýgumlaryň amatsyz häsiýetlerini gowulandyrmak üçin häzirki günlere çenli onlarça usul işlenip düzüldi. Olary şertleýin üç topara bölüp bolýar:

1) mehaniki usullar (dykyzlama, sarsgynly synçgama we başg.);

2) fiziki usullar (çalykdyrma, elektroosmosly çalykdyrma, gyzdyryp bişirme, doňdurma, toýunlama, bitumlama);

3) himiki usullar (sementleme, silikatlama we başg.).

Bu usullary saýlap-seçip alyp ulanmak:

- a) teýgumuň kysymyna we tebigy durkuna;
- b) teýguma gurluşygyň bildirýän talaplaryna;
- ç) degişli şertlerde ulanyp boljak tehniki mümkinçiliklere;
- d) usulyň ykdysady bähbitliligine baglydyr.

Abatlaýyş usullaryň sanawynyň teýgumlaryň kysymyna görä bölünişi aýratyn üns berilmegine mynasypdyr.

Bitewidaş we ýarymbitewidaş jynslaryň amatsyz taraplary köplenç olaryň jaýryklylygy, köwekliligi we weýranlaşanlygy bilen bagly bolup bilýär. Olaryň bitewiligini dikeltmek, dykyzlygyny, durnuklylygyny ýokarylandyrmak, ýarsmasyny, suw süzdürijiligini peseltmek üçin sementleme, toýunlama, bitumlama, wagtlaýyn çäre hökmünde doňdurma ulanylýar.

Baglanyşyksyz teýgumlaryň (çägeleriň, çagyllaryň) amatsyz häsiýetleri olaryň gowşaklygy (küpürsekligi), suw süzdürijiliginiň ýokarylygy, suwdan doýgunlygy, durnuksyzlygynyň pesligi (suwýarsuwa meýilliligi) bilen bagly bolup bilýär. Bu amatsyz häsiýetleri düýpli gowulandyrmak üçin çalykdyrma, mehaniki dykyzlandyrma, tamponaž (synçgalap toýun dykmak) we kolmataž (toýunlama, toýun bulamagyny siňdirip, öýjükleri ýapmak), zire parçalaryny goşup berkitmek, bitumlama, sementleme, iki erginli silikatlama, sintetik şepbik (smola) bilen berkitmek, doňdurma ýaly usullar ulanylýar.

Baglanyşykly (toýunsow) jynslaryň amatsyz häsiýetlerine berkliginiň, basyşa çydamlylygynyň pesligi, çöküjiliginiň ýokarylygy, suwuň täsirine durnuksyzlygy, yzgarlanda çökýänligi mysal bolup bilýär. Bu amatsyz häsiýetleri gowulandyrmak üçin mehaniki dykyzlandyrma, zire parçalaryny goşup berkitme, teýgum sütünlerini ulanyp

dykyzlandyrma, gyzdyryp bişirme, elektroosmosly çalykdyrma, iňňepisint süzgüçler bilen çalykdyrma, çuňaldylan, uzaldylan we kese goýlan süzgüçler bilen çalykdyrma, bir erginli silikatlama, doňdurma ýaly usullar ulanylýar.

Bu ýerde agzalan usullaryň käbirleri hakda gysgaça maglumat berilýär.

1. **Dykyzlandyrma** gurluşykda teýkaryň berkligini artdyrmak niýeti bilen iň köp ulanylýan usuldyr. Ol baslykdyrma, synçgama, sarsdyrma, sarsdyryp synçgama, partlama görnüşinde ulanylýar. Teýgumlaryň, käte dökülen gumlaryň hut öz agramy astynda ýa-da üstüne gymyldaman duran wagtlaýyn ýük goýlup, dykyzlandyrylýan wagtlyry hem bolýar.

Baslykdyrma teýgumuň üstünden agyr ýüki togalamak (katoklary sürmek) arkaly geçirilýär. Teýguma düşýän ýük gytak bolup, ol togalanyp sürülýän enjamyň (каток) agramyndan düşýän dik ýükden we aýlanýan tigirden (barabandan) döreyän kese güýçden düzülýär. Bu ýerde dykyzlanma esasy täsir togalanýan tigirden düşýän gytak güýçdür. Bu usul ýol gurluşygynda köp ulanylýar.

Synçgama (трамбование) esasy iş guraly bolan synçgynyň (трамбовка) belli beýiklige ýokary galdyrylyp göýberilende döreyän urgudyr. Teýgumuň dykyzlanmasy onuň üstüne düşýän urgy energiýasynyň täsiri bilen teýgumuň bölekleriniň dikligine we keselegine süýsmegi zerarly bolup geçýär. Urgy energiýasynyň diňe bir bölegi dykyzlanma sarp edilýär, galan bölegi teýgumuň maýyşgak gysylmagyna harçlanýar. Usulyň täsirliligini artdyrmak üçin, dykyzlandyrma amatly çyglylykda alnyp barylmaladyr.

Synçgylyr ýa-da küdüňler (trambowkalar) demirden ýa-da demirbetondan ýasalyp dürli agramda bolýar. 7 tonna agramly synçgylyr yzgarlanda çökyän lýos jynslaryny 3,0-3,5

m çuňluga çenli dykyzlandyrýar. Soňky döwürde dörän aşa agyr synçgylar (agramy 80-100 t çenli) ulanylanda, dykyzlanma has aşaky çuňluklara hem aralaşýar.

Sarsgynly we sarsgynly-urguly usullar ulanylanda iş enjamyndan teýguma yrgyldyly we urguly täsir barýar, netijede, teýgum has jebis dykyzlaşýar. Sarsgynly we sarsgynly-urguly usullar biri-birinden yrgyldylaryň ýygylgy we gerimi bilen tapawutlanýarlar. Ýygylgyň azalyp, gerimiň ulalmagy bilen, sarsgynly täsir sarsgynly-urguly täsire öwrülýär.

Baslykdyrma, synçgama, sarsdyrma usullary desganyň binýadyny ýa-da ýerasty bölegini ýerleşdirmek üçin gazylyan ganawlaryň we hendekleriň düýbünü dykyzlandyrma (вытрамбование) üçin giňden ulanylýar.

Zire parçalaryny goşup dykyzlandyrma agzalan usulyň bir görnüşidir. „Teýgum düşegi“ diýip atlandyrylýan bu usul gowşak teýgumlary dykyzlandyrmak, ýer titremäniň gurulýan desga ýetirjek zyýanly täsirini azaltmak üçin Türkmenistanda örän giňden ulanylýar. Ýörite işlenip düzülen kadalara we gurluşyk normalarynyň talaplaryna görä, işleriň sadalaşdyrylan yzygiderligi şeýle alnyp barylýar:

1) hendegiň düýbi taslama belgisinden aşaklygyna, gurulmaly düşegiň galyňlygyna baglylykda, çuňaldylýar;

2) hendegiň düýbüne zerur ýagdaýda galyňlygy 15 sm yzgar äkidiji jyglym ýazylýar;

3) daşly - çägelini garyndy taýýarlanylýar, onuň düzüminiň (agramy boýunça) 60-65%-i 5-2 mm diametrli ownuk çagyldan, galan 35-40%-i $d < 2$ mm çäge, gumbaýrak-toýun doldurgyçdan ybarat bolýar;

4) ýasalan garyndynyň çygylgy amatly derejä (15-17%-e) ýetirilip, öňki düşelen jyglymyň üstüne 15 sm galyňlykda ýazylýar we agramy 6-8 t sarsgynly katok bilen baslykdyrylýar. Katogyň öwrän-öwrän gatnamasy düşegi düzüň emeli teýgumuň gury halyndaky dykyzlygy $\rho_d \geq 2,1$

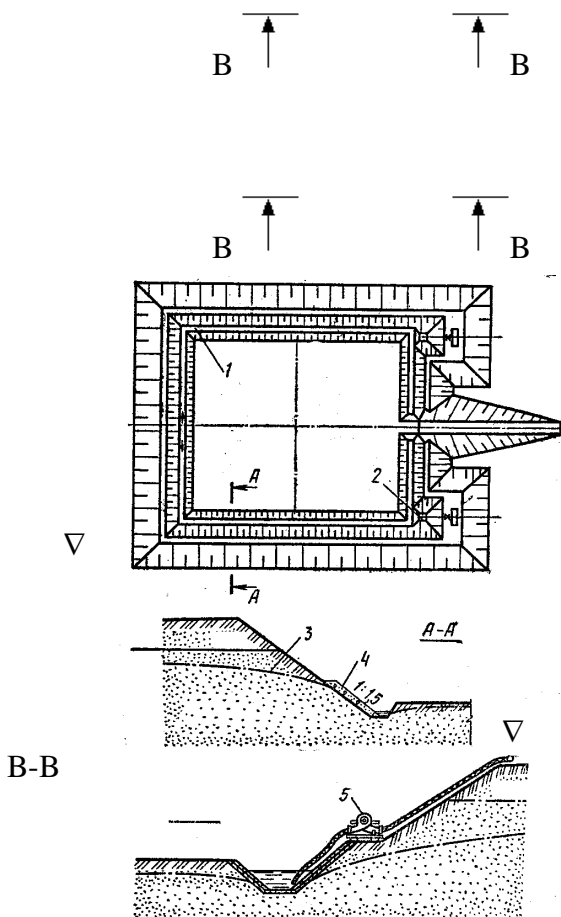
t/m³-e, berklik we ýarsma görkezijileri: içki sürtülme burçy 40°-a, ilişme 12 kPa-a, ýarsma moduly 70 MPa-a, hasap garşylygy R=500 kPa-a ýetýänçä dowam etdirilýär (zerur şertlerde agzalan sanlar başgaça bolup biler);

5) dykyzlandyrylan gatlagyň üstüne ýene 15 sm galyňlykda garyndy düşelýär we 4-nji punktda görkezilen işler gaýtalanýar;

6) 4-nji we 5-nji punktdaky işler tä dykyzlanýan gatlagyň galyňlygy teýgum düşeginiň taslamada bellenen galyňlygyna ýetýänçä dowam etdirilýär.

Teýgum sütünleri (грунтовые сваи) bilen dykyzlandyрма köplenç yzgardan çökýän teýgumlaryň galyň düşen ýerlerinde dykyzlandyрма geçirilende ulanylýar. Ilki belli çuňluga çenli uly diametrli guýy burawlanýar, onuň içine 2-3 metr galyňlykda ownuk çagyl, iri çäge guýulýar we soňra suw guýlup, çaglyň töweregi yzgarladylýar. Soňra öňki agzalan synçgama usuly ulanylýar. Guýuda çagyl, çäge gapdala süýşüp, töwregini dykyzlaşdyrandan soň, ýene-de çagyl guýlup we suw göýberilip, synçgama geçirilýär we ş.m.

Partlama usuly has çuň ýatan gatlaklary dykyzlandyrmak üçin ulanylýar. Türkmenistanda bu usul ilki yzgarladylan lýos jynslary dykyzlandyrmak üçin Gäwers düzlüginde (Ýaşyldepe obasy) synag görnüşinde ulanyldy.



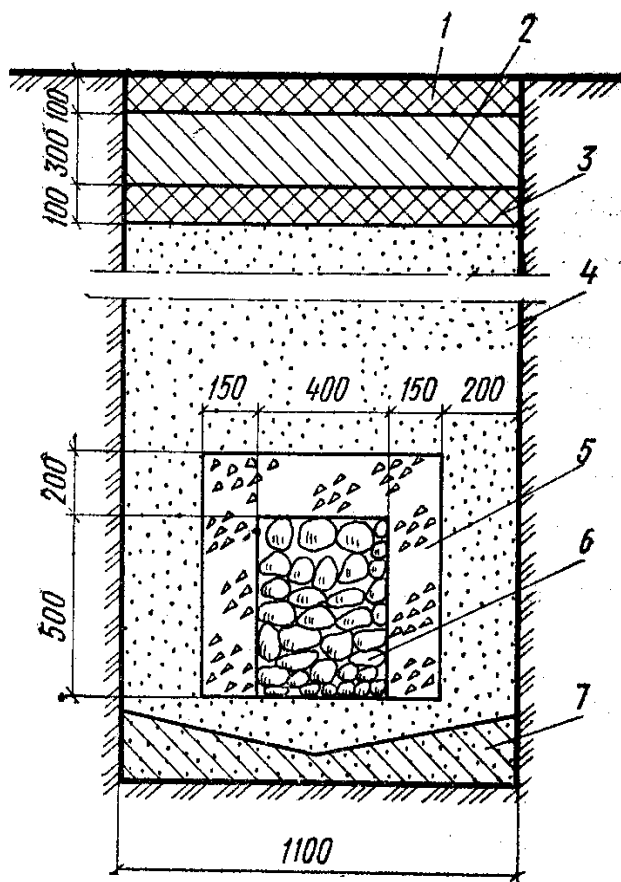
7-nji surat. Açyk usul bilen suwy akdyryp aýyrmanyň sudur şekil

1 – suw ýygnaýjy joýajyk; 2 – suw toplaýjy çukur (zumpf); 3 – peseliş oýtumy; 4 – endegiň raýyşynda goýlan zeý ugrukdyryjy ýük; 5 – nasos enjamy.

2. **Çalykdyrma**, başgaça, **suwpeseldiş** ýerasty suwlaryň derejesini emeli akdyryp ýa-da sordurylyp çykarmak arkaly pese düşürmek bolup, dowamlylygy boýunça iki topara bölünýär. Hendeklere, ýerasty desgalara gelýän ýerasty suwlary gurluşyk döwründe aýrylmaly bolsa, oňa **gurluşyk suwpeseldişi**, oba, şäher hojalygynyň bähbitleri üçin suwuň derejesi hemişelik peseldilmeli bolsa, oňa **ulanyş suwpeseldişi** diýilýär. Ýerasty suwlaryň derejesini peseltme-akdyryp aýyрма, zeýkeş, açyk we ýapyk (wakuumly) suwpeseldiji guýular, iňňepisint süzgüçler arkaly, käte elektroosmos usuly we başgalar bilen amala aşyrylýar.

Suwy akdyryp aýyрма usuly, köplenç, gurluşyk hendeklerine gelýän suwuň derejesini peseltmek üçin ulanylýar (7-nji surat). Hendegiň düýbünde gazylan çukura (zumpfa) ýa-da joýajyga toplanan suw nasos bilen ýokary çykarylýar. Bu usuly suwdan doýgun teýgumlaryň islendik görnüşlerini çalykdyrmak üçin ulanyp bolýar.

Zeýkeşli çalykykdyrma gurluşyk döwründe suwuň derejesini peseltmek üçin, desgalary ýerasty suwlardan, ekin ýerlerini zeýlemeden goramak üçin ulanylýan ýapyk zeýkeşler ulgamydyr. Ýapyk zeýkeşleriň turbasyz (8-nji surat) we turbaly görnüşleri (9-njy surat) bolýar.



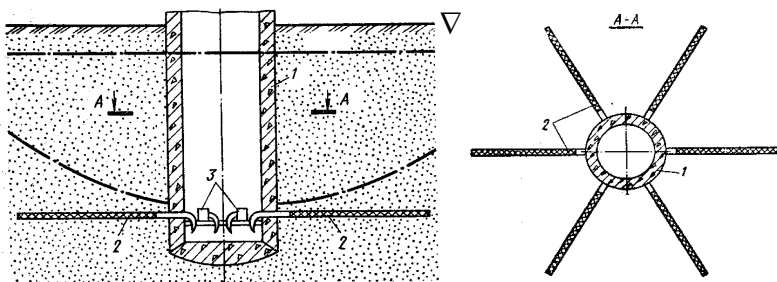
8-nji surat. Turbasyz ýapyk zeýkeş

1 – köki aşakda ýerleşdirilen gyrtyç; 2 – dykzlandyrylan toýun; 3 – köki ýokarlygyna goýlan gyrtyç; 4 – ýerli çäge; 5 – jyglym; 6 – laýsyz örülen harsaň daşlar; 7 – toýun-beton garyndysy görnüşde goýlan düşek

94

tonnele çatylýar. Aşgabat şäheriniň zeýlän ýerlerini çalykdyrmak üçin gurulýan zeýakabaly tunnel ulgamyna zeý suwlary tonneliň iki gapdalynda gurnalan şöhlepisint kese zeýkeşli şahtalardan öz akymyna barmaly.

Ýerasty suwlaryň derejesi peseldilip, çalykdyrylan ýerde ýer-gazuw işlerini geçirmek, dürli desgalary gurmak we olary aladasyz ulanmaga mümkinçilik bermek bilen bir hatarda, birnäçe amatsyz ýagdaýlar hem döräp bilýär. Suwuň alnyp çykarylýan tarapyna (guýa, zeýkeşe we başg.) ugrugýan süzülme akymy teýguma gidrodinamik basyş bilen täsir edýär, zireara baglanyşyklar gowşaýar we suw bilen ownujak bölekleriň alnyp çykmak howpy döreýär. Suwuň derejesiniň peselmegi suwuň ýokary galdyryjy (iteriji) basyşyny azaldýar, netijede, teýgum ýene goşmaça çökýär. Bulardan başga-da çykýan suw bilen suwda erän gazlar, himiki maddalar äkidilýär, çalykdyrylan ýere howa girýär, netijede, desgalaryň daş-töweregini tutup duran gurşaw üýtgeýär. Taslamada we gurluşykda agzalan prosesler göz önünde tutulmalydyr.



10-njy surat. Şöhlepisint suwalgýç

1 – şahta; 2 – şöhle kysymly kese guýular; 3 – suw çykaryjy nasoslar

3.Sementleme iri öýjükli we jaýrykly teýgumlaryň häsiýetlerini gowulandyrmak üçin ulanylýar. Hususan-da, bu usul teýgumlaryň berkligini artdyrýar, suw süzdürijiligini düýpli peseldýär, ýerasty desgalara gelýän suwuň öňüni bekleyär, emeli raýýşlary, hendekleriň, karýerleriň diwarlaryny berkidýär. Sementleme usuly öýjük-jaýryklarynyň giňligi 0,15 mm-den az bolmadyk teýgumlarda amatly.

Işin geçirilişi şeýleräk: 0,5-1 m-den 2-3 m-e çenli aralygy bolan guýular burawlanýar. Buraw ergininden arassalanandan soň, guýulardan 50-5000 kPa (0,5-50 atm) basyş bilen sement ergini teýguma siňdirilýär; sement ergininiň şepbeşikligini azaltmak üçin, käte semente toýun hem goşulýar.

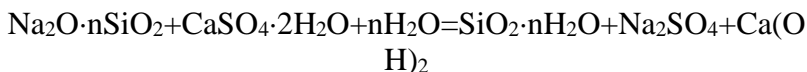
4. Silikatlama iki görnüşde bolýar: iki erginli we bir erginli.

Iki erginli silikatlama süzülme koeffisiýenti 2-80 m/g-g aralykda bolan çägeleriň berkligini, durnuklylygyny we suw geçirmezlik ukybyny artdyrmak üçin ulanylýar. Burawlanan guýa basyş bilen, ilki suwuk aýna, soňra hlorly kalsiniň ergini siňdirilýär. Suwuk aýna suwy gysyp çykarýar, hlorly kalsiý bolsa - suwuk aýnany. Çäge zireleriniň daşynda galan suwuk aýna hlorly kalsiý bilen reaksiýa girip, çalt doňýan geli ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) emele getirýär we çäge sementlenýär:



Netijede, dörän emeli çägedaşyň berkligi 5-6 MPa-a ýetýär.

Bir erginli silikatlama yzgarlanda çökýän lýos jynslaryny berkitmek üçin ulanylýar. Bu ýerde suwuk aýna lýosdaky önden bar bolan kalsiniň suwda ereýän duzlary bilen täsirleşýär we çalt doňýan geli emele getirýär. Doňmany çaltlandyrmak üçin suwuk aýnanyň düzümine berkligi 2,5% bolan nahar duzynyň (NaCl) ergini goşulýar:



Netijede, teýgum suwuň täsirine çydamly (yzgarlasa-da, çökmeýän), suw geçirmeyän bolýar, berkligi 0,6 MPa-a çenli artýar. Bu usul yzgarlanda çökyän gatlagy doly doňdurmak üçin silikatlandyrylan sütünler görnüşinde ulanylýar.

5. **Toýunlama** getirilen (udel) suw siňdirijiligi 100 l/min-a çenli bolan aş jaýrykly bitewidaşlarda, doldurgyçsyz jyglymlarda sementlemäniň deregine (arzanlygy üçin) ulanylýar. Toýunlamada diňe suw süzdürijilik peselýär. Azdäkäde berkligi we suwda durnuklylygy hem artdyrmak niýeti bilen, soňky döwürde toýun ergininiň deregine toýunly-sementli ýa-da toýunly-hekli erginler ulanylýar. Usuly ulanmaga doly girişilmezinden öň, ilki siňdiriş synaglary geçirilýär.

6. **Bitumlama.** Eger jaýryklylyk aş uly we suw ýitgileri juda köp bolsa (iri köwekler we ş.m.), toýunlama garaşylýan netijäni bermeýär (ýerasty suwlaryň ýokary tizligi siňdirilýän ergini has uzaga alyp gidýär). Şeýle şertlerde bitumlama, ýagny nebit önümlerini teýguma siňdirmek usuly ulanylýar. Bu usulyň iki görnüşi bar: gyzgyn we sowuk bitumlama.

Gyzgyn bitumlamada bitum 150-180°C-da eredilýär we basyş bilen teýguma siňdirilýär (siňdiriji buraw guýularynyň arasy 1 m). Netijede, diňe suw süzdürijilik düýpli peselýär, berklik üýtgemeýär. Emma öýjük-jaýryklary dolduran bitum ýuwlup aýrylmaýar, iýiji gurşawda hem durnuklylygyny saklaýar.

Sowuk bitumlama süzdürijilik koeffisiýentleri 10-100 m/g-g aralygynda bolan baglanyşyksyz teýgumlarda suw ýitgilerini (ýa-da akyp gelyän suwuň mukdaryny) azaltmak üçin ulanylýar. Bu usulda $d=0,03-0,001$ mm çenli ownadylan

bitum zirelerinden ýasalan bitum bulamagy (emulsiýasy) teýguma siňdirilýär we soňra digirlendiriji (koagulýant) hökmünde CaCl_2 goşulýar. Digirlendirijiniň täsiri bilen çöken bitum öýjükleriň, jaýryklaryň 40-75% göwrümini doldurýar we suw süzdürijiligi peseldýär.

7. **Gyzdyryp bişirme** yzgarlanda çökýän lýos jynslaryny berkitmek üçin giňden ulanylýar (Türkmenistanda henize çenli ulanylmady). Buraw guýusynyň içine ýanyjy garyndy (gaz, solýarka, nebit, kömür, koks) we basyşly howa göýberilýär hem-de ýakylýar. 700-900°C-a çenli gyzan temperatura 5-6 günläp saklanýar. Netijede guýynyň töwereginde $d=1,5-3$ m bolan kerpige çalymdaş bekän teýgum emele gelýar. Bu teýgum yzgarlan ýagdaýynda-da çökmek ukybyny doly ýitirýär, berklik 150-200 kPa-a çenli artýar.

4. Teýgumlaryň mehanikasynyň eksperimental-nazary esaslary

4.1. Teýgumlaryň mehanikasynda meseläniň goýluşy we teýgumlaryň ýarsma aýratynlyklary

Teýgumlaryň mehanikasynda meseläniň guýluşy. Öň belleýşimiz ýaly beýleki materiallardan tapawutlylykda teýgumlar emele gelişi çylşyrymly taryhly we soňra üýtgän tebigy kä-te emeli (tehnogen) jisimlerdir. Olaryň esasy aýratynlygyna gurluşynyň bitewi dälligi (böleklenen, owranan), köplenç örän ownuk owrananlygy (dagynyk toýunsow teýgumlar) degişlidir. Teýgumlaryň düzüminiň köp jisimlilik, olaryň öýjükliligi, suwdan doýgunlygy, zireleriniň arasyndaky struktur baglanşyklary, aýry-aýry jisimleriniň özara täsirleşmesi olaryň konstruksiýa materiallardan tapawutlylykda aýratyn häsiýetlerini ýüze çykarýar.

Desgalaryň teýkaryny düzýän teýgum massiwleri dürli geologik-geografik şertlerde döredilýär, elmydama tebigy we tehnogen prosesleriň täsirine sezawar bolýarlar. Bu bolsa, olaryň gurluşynyň we ýagdaýynyň köpdürlüligini döredýär. Konstruksiýa materiallaryň düzümini tehnologlar saýlaýarlar, düzümine görä zerur häsiýetler üpjün edilýär. Teýgumlaryň häsiýetleri her gurluşyk meýdançasyna dirlüdür, şonuň üçin her meýdançada teýgumyň häsiýeti aýratyn öwrenilmäni talap edýär.

Teýgumlarda bolup geçýän prosesler olaryň ýagdaýyny we häsiýetlerini üýtgedýärler. Bu prosesler örän haýal bolup geçýär, şonuň üçin gurluşygyň başynda teýgum massiwi deňagramlylyk ýagdaýynda diýip seredilip bilner. Başga ýagdaýlarda (meselem, öz agramyndan dykzylanma dowam edýän meýdanlardaky gurluşyk) desgalaryň gurluşygy netijesinde döredýän prosesler teýgum massiwinde bolup geçýän prosesleriň üstüne goşulýar.

Desganyň gurluşygy netijesinde teýkaryň başdaky ýagdaýy bozulýar we teýgumlarda täze prosesler döreýär. Jaýryklylygy, dykzlygy, çyglylygy boýunça dürli ýagdaýdaky teýgumlaryň (daşygan, iri bölek, çägesow, toýunsow) şol bir basyşlarda özüni alyp baryşy dürli hem-de olarda bolup geçýän prosesleri hem dürli netijelere getirýär. Olar aýry-aýry zireleriň süýşüp, teýgumyň dykzlanmagyna ýa-da köpürsemegine, öýjükdäki suwlarda dyňzaw tapawudynyň döremegine we onuň hereketiniň ýüze çykmagyna, teýkaryň bir böleginiň beýlekä görä uly süýşmelerine (teýkaryň synmagyna) getirýär.

Teýkardaky teýgumlaryň ýagdaýy we häsiýetleri gurlan desganyň täsirinden ulanyş döwründe (desganyň basyşynyň täsirinde dykzlanma, ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemesinden çyglylygyň üýtgemegi, teýkardaky müdümi doňaklygyň eremegi we ş.m.) üýtgäp biler. Desgalaryň ýanynda täze desgalaryň gurulmagy, ýerasty işleriň alnyp barylmagy, desgalaryň durkunyň täzelenmegi we ş.m. öňki gurlan desgalaryň teýkarlarynyň teýgumlaryna goşmaça täsir döredýär. Netijede, desganyň ulanylyşyny çylşyrymlaşdyrýan prosesleriň täzeden ýüze çykmagy mümkin.

Şeýlelikde, teýkardaky teýgumlar diňe aýratyn häsiýetlere eýe bolman, elmydama (gurluşyga çenli, gurluşyk döwründe we desga ulanylýan döwründe) olaryň ýagdaýyny we häsiýetlerini üýtgedýän täsirlere sezawar bolýarlar. Bu bolsa, inženerçilik işlerde konstruksiýa materiallar üçin kabul edilen çemeleşmelerden düýpgöter üýtgeşik barlaglara, hasaplara, teýkarlaryň taslamasyna we gurnalyşyna täzeçe çemeleşmeleri işläp taýýarlamagy talap edýär. Bu aýdylanlar tegumlar desgalaryň gurluşyk materialy ýa-da ony gabap alýan gurşaw bolup hyzmat eden ýagdaýyna hem degilidir. Desgalary ygtybarly we tygşyly taslamak üçin gurluşygyň netijesinde teýkardaky teýgumlarda dartgynlygyň üýtgewini kesgitlemäni, bu üýtgewiň netijesinde teýgumlaryň berkliginiň üpjün ediljegini we teýkarda nähili ýarşmalaryň dörejekdigini bilmek zerurdyr. Ahyrky mesele, desga bilen özara täsirleşýän

teýkardaky teýgumlaryň dartgynly-ýarsma ýagdaýyny hasaplamakdan, olaryň berkligine we durnuklygyna baha bermekden ybarat. Emma ýokarda bellenen teýgumlaryň desgalaryň teýkarynda özüni alyp baryş aýratynlyklary sebäpli, bu meseläni çözmek üçin gurluşyk mehanikasynyň adaty çemeleşmesi ýeterlik dälidir. Şonuň üçin teýgumyň ýarsmasynyň esasy aýratynlyklaryny hasaba alýan modelini hem-de teýkardaky teýgumlarda bolup geçýän prosesleri çaklamaga mümkinçilik berýän seljerme apparatyny işläp düzmek zerurlygy döreýär. Bu maksatlar üçin *diskret gurşaw modelini* ýa-da *bitewi gurşaw modelini* ulanmak mümkin. Birinjiden, diskret material hökmünde teýgumyň fiziki aýratynlyklaryny hasap modelinde ulanmaklyga synaşylýar (G.I.Pokrowskiniň, I.I.Kandaurowyň, R.Rounyň we başg. işleri). Emma bu ugruň ösüşi uly kynçylyklara duşýar we entek teýgumlaryň gutarnykly ýarsma nazaryýetiniň döremegine getirmedi.

Häzirkizaman teýgumlaryň mehanikasy teýgumlar barada bitewi birmeňzeş ýarsýan gurşaw ýaly düşüňjä esaslanýar.

Bitewi jisimleriň bu konsepiýasy materiýanyň atom (diskret) gurluşy baradaky düşüňjä ters hem bolsa, bitewi gurşawyň mehanikasynyň esasy postulaty bolup durýar. Bu ýagdaý ähli gaty jisimleri, suwuklyklary we gazlary öwrenmeklige ýeke-täk çemeleşmeli kuwwatly matematik apparatynyň özleşdirilmegini üpjün etdi.

Bitewilik konsepiýasyny teýgumlarda ulanmaklyk geçen asyryň 30-njy ýyllarynda K.Tersaginiň, N.M.Gersewanowyň, W.A.Floriniň, N.A.Sytowiçiň nusgawy işleri bilen tassyklandy we häzirki döwürde netijeli ulanylýar we ösdürilýär. Emma ol teýgumlaryň hakyky gurluşyny sadalaşdyrýan birnäçe ýolbermeleri girizmegi talap etdi, olaryň has wajyplary aşakda seredilýär. Birinjiden, teýgumyň elementar göwrümi düşüňje girizilýär. Bu göwrümde onuň uzynlyk ölçegi köp gezek zireleriň ýa-da agregatlaryň uzynlyk

ölçeğinden uly. Onda dartgynlyk ýa-da ýarsma düşüňjeleri bitewi gurşawyň mehanikasyndaky ýaly nokada däl-de elementar göwrüme deňişli tekizlige deňişli. Mundan başga-da, teýgumyň mehaniki häsiýetlerini ekperimental usullar bilen kesgitlemek üçin alynýan nusga bitewi material diýip göz önünde tutulsa, onda onuň uzynlyk ölçeği elementar göwrümiň uzynlyk ölçeğinden ep-esli uly bolmaly. Ikinjiden, massiwiň ölçeğleri we massiwe basyş geçirýän tekizligiň ölçeğleri teýgumyň elementar göwrüminiň ölçeğinden ep-esli uly bolanda, teýgum massiwindäki dartgynlygyň we ýarsmanyň hasaplary üçin bitewi gurşawyň mehanikasyňyň apparatyny ulanmak adalatly hasaplanýar.

Köplenç ýagdaýda (çägesow we toýunsow teýgumlar) bu şertler ýerine ýetirilýär.

Iribölek we jaýrykly bitewidaş teýgumlary üçin bu modeli ulanmaklyga örän seresap çemeleşmeli. Bu ýagdaýda iri nusgalar bilen synaglary ýa-da iri masştably meýdan synaglaryny geçirmek zerur bolýar.

Teýgumlaryň real gurluşyny sadalaşdyrmak üçin ol izotrop jisim diýip kabul edilýär. Jogapkärli desgalar taslananda has çylşyrymly modeller ulanylýar. Olara teýgumyň iki komponentli modeli (ähli öýjükler suwdan doly we teýgumda gazyň mukdary ujypsyz teýgum massasynyň modeli) we teýgumyň üç komponentli modeli (teýgumda üç komponent: gaty, suwuk we gaz hem bar). Munda her komponentiň ýarsmasy, olaryň özara täsirleşmesi we ýarsma prosesinde teýgumyň birlik göwrümünde her komponentiň mukdarynyň üýtgeýşi hasaba alynmalydyr.

Teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerini çözmegiň usullary

Teýgumlaryň mehanikasy amaly derslere degişli, ol gurluşygyň netijesinde teýgumlarda bolup geçýän mahaniki prosesleri mukdarlaýyn beýan edip öwrenmäge niýetlenendir.

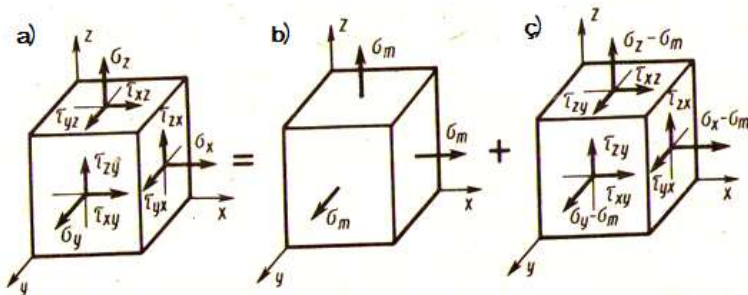
Bitewi ýarsma gurşawyň mehanikasy ýaly teýgumlaryň mehanikasynyň umumy usullary gyra-çäk meselelerini, ýagny deňagramlylygyň, geometrik gatnaşyklarynyň ýa-da bolan gyra şertlerde (başlangyç we çäk) olardan gelip çykýan bölünmezlik we fiziki deňlemelerini bilelikde çözmäge gönükdirilendir.

Bu bolsa, teýgum massiwiniň islendik nokadynda dartgynly-ýarsma ýagdaýy kesgitlemäge we ahyrda bu nokatda teýgumyň berkligini we massiwiň hem-de onuň bilen täsirleşýän desganyň durnuklylygyny bahalamaga we desganyň gurluşygy barada laýyk çözüdi kabul etmäge mümkinçilik berýär.

Fiziki deňlemeler teýgumlaryň dartgynly-ýarsma ýagdaýynyň aýratynlygyny (dartgynlyk bilen ýarsmanyň baglansygyny) kesgitleýändigini sebäpli, olar *kesgitleýji deňlemeler* ýa-da *ýagdaýyň deňlemeleri* diýip atlandyrylýar.

Meseläniň çylşyrymlylygyna baglylykda teýgumlaryň mehanikasynyň çözügütleri örän çylşyrymly ýa-da deňeşdirme ýönekeý bolýarlar.

Takyk şertler üçin ýagdaýyň deňlemeleriniň görnüşini dogry saýlamak teýgumlaryň mehanikasynyň esasy meseleleleriniň biri hasaplanýar. Munuň teýgumlaryň basyşyň täsirinden ýarysmasyny kesgitlemek üçin eksperimentler geçirilýär. Teýgumlaryň dürli hasap modelleri ulanylýar we eksperimentleriň matematiki ýazgysy berilýär. Şeýlelikde, ýagdaýyň deňlemeleri **fenomenli – häsýetlidir**.



11-nji surat. Tenzor dartgynlygyň (a) şar tenzoryna (b) we dewiator dartgynlygyna (ç) dargaýşy

Teýgumlar massiwiň dartgynly ýagdaýynyň mukdarlaýyn bahalama ölçegi onda daşky (desga) we içki (massa) güýçleriň täsirinden döreýän **dartgynlyklar, ýarsmalar we süýňmelerdir**. Onda massiwiň nokadynda:

Eger-de dartgynlyklaryň üç normal komponenti (σ_x ; σ_y ; σ_z) we üç jübüt galtaşma dartgynlyklary ($\tau_{xy} = \tau_{yx}$; $\tau_{xz} = \tau_{zx}$; $\tau_{yz} = \tau_{zy}$), ýarsmalaryň üç cyzykly komponenti (ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z) we xc jübüt buruç ýarsmasy ($\gamma_{xy} = \gamma_{yx}$; $\gamma_{xz} = \gamma_{zx}$; $\gamma_{yz} = \gamma_{zy}$) we süýşmeleriň üç komponenti (u,v,w) belli bolsa, onda massiwiň nokadynda dartgynly-ýarsma ýagdaý doly kesgitlenen hasaplanýar (11-nji surat).

Teýgumyň dartgynly-ýarsma ýagdaýy kesgitlenende köplenç koordinatlar oklarynyň x_1 y_1 z ýagdaýyna bagly bolmadyk baş dartgynlyklar we baş ýarsmalar düşüňjesi ulanylýar. Galtaşma dartgynlyklar nula deň bolan baş meýdançalara gatnaşan normal dartgynlyklara **baş normal dartgynlyk** diýilýär. Onda elmydama $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ kabul edilýär. Baş normal dartgynlyklary bilip, meýdançalardaky täsir edýän baş galtaşma dartgynlyklaryň in uly bahalary kesgitläp bolýar:

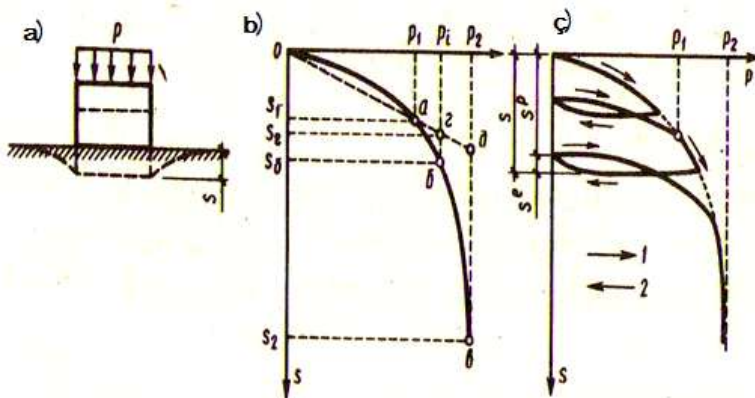
$$\tau_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_2 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_3 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}.$$

Şeýle ýol bilen baş ýarsmalary hem kesgitläp bolýar.

Käte teýgum massiwniň nokadynda umumy dartgynlygyny ýa-da ýarsma ýagdaýyny iki düzüjä bölüp bolýar. Onda dartgynlyk ýagdaýy (dartgynlyk tenzory) 11-nji suratda görkezilen dartgynlygyň dokuz komponenti bilen görkezilen.

Gönüçzykly we gönüçzyksyz ýarsmalar

Goý teýgumyň üstüne artýan basyşy P teýguma geçýän şamp (ýa-da binýat) goýulsyn. Onda bu basyşyň täsirinden teýgumyň üsti süýşer (şamp çöker) s , onuň ululygy P artyşyna görä ulalar (12-nji surat).



12-nji surat. Synagyň shemasy we dabanda $S=f(p)$ baglansygynyň grafigi

1-basylanda; 2-basyş aýrylanda

Bu baglansygyň örän çylşyrymly häsiýetlidigini synag görkezýär.

Basyş O-dan P_1 ululyga çenli üýtgände şampyň çöküşi göniçyzykly bolýar. (O_0 bölegi) basyşyň artmagy bilen ($P_1 < P_1 < P_2$) çöküşiň ululygy artýar we $S=f(P)$ baglansyk göniçyzyksyza öwrülýär (ab v bölegi). $P=P_2$ bolanda çöküş düýpgöter artýar, bu bolsa teýgumyň göteribilijilik ukybynyň doly harçlanandygyny aňladýar.

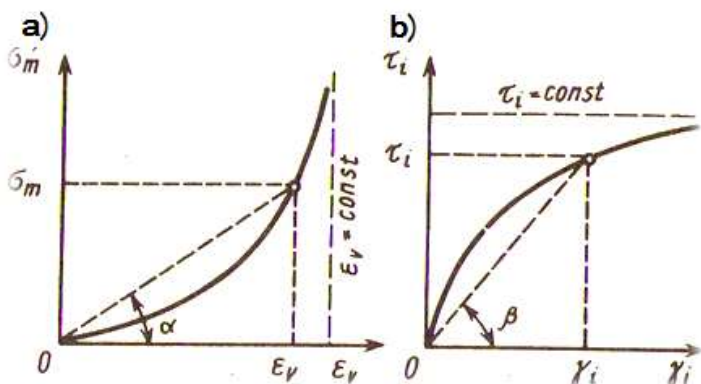
Indi basyş bilen şampyň baglansygyndan elementar parallelepipeddäki dartgynlyk bilen ýarsmanyň arasyndaky baglansygy seljermä geçsek, onda bu baglansygyň göniçyzykly dældigine göz ýetirýäris (13-nji surat).

Şeýlelikde, teýgumlara umumylykda gönüçyzyksyz ýarsma mahsusdyr, özem dartgynlygyň üýtgemesiniň başlangyç interwalynda bu baglansyk göniçyzykla golaýdyr.

Synagy çylşyrymlaşdyrsak we şampa basma prosesinde P basyş käbir ululyga ýetende basyňy aýyryp ugrasak, onda P basyşyň islendik bahasynda hem (hatda $P \leq P_1$) ýük aýrylanda teýgumyň üstüniň çökmesi doly dikelmeýär.

Şeýlelikde, teýgumyň umumy çökmesi **dikelyän (maýyşgak) S^e** we **galyndy (plastik) S^p** çökmä bölünýär. Munda, adatça, $S^p \gg S^e$ ýarşmalara geçsek, bu şerti şeýle ýazyp bolar.

$$\varepsilon = \varepsilon_x^e + \varepsilon_x^p \dots\dots, \quad \varepsilon_{xy} = \gamma_{xy}^e + \gamma_{xy}^p \dots\dots, \quad \varepsilon_v = \varepsilon_v^e + \varepsilon_v^p \dots\dots,$$



13-nji surat. Dartgynlyk bilen teýgumyň ýarsmasynyň baglanyşygy

a-göwrümleýin ýarsma; b-süýşme ýarsma

Ortaça normal dartgynlygyň σ_m artmagy bilen göwrümleýin ýarsma ϵ_v hem artýar, emma ol hemişelik ululyga ymtylýar. Şol bir wagtda galtaşma dartgynlygyň artma depginini çäksiz dälär we ol ahyrda teýgumy syndyrýan süýşme ýarsmalaryň γ_i has artmagyna getirýär.

Şeýlelikde, **teýgumlaryň synmasy süýşme dartgynlygyň täsirinden bolýar** diýen wajyp netijä gelip bolýar, şonuň üçin teýgumlaryň mehanikasynda synmanyň esasy görnüşü süýşme hasaplanýar. Ýene-de 13-nji suratdaky shema dolansak, P basyşyň artmasyna görä şampyň aşagyndaky teýgum maýyşgak ýagdaýdan (has takygy göniçyzykly ýarsma ýagdaýyndan) plastik (göniçyzyksyz ýarsma) ýagdaýa ahyrda bolsa, $P=P_2$ ýetende akgyň (aňryçäk) ýagdaýa geçýär. Şonuň üçin täsir edýän basyşyň depginine baglylykda iki dartgynly ýagdaý: aňryçäk ýagdaýa çenli ($P < P_1$) we aňryçäk ($P < P_2$) ýagdaý bolýar.

Adatça, teýgumlarda ýarsma derhal (basym) bolmaýar, ol wagt dowamynda ösýär, teýgum näçe külke bolsa, ýarsmanyň köşeşmesi şonça dowamly bolýar.

Hatda hemişelik dartgynlylykda wagt dowamynda toýgumlaryň ýarsma prosesine **sozulyp ýarsma (ползучесть)** diýilýär.

Teýgumyň görnüşine, ýagdaýyna we täsir edýän dartgynlyga görä sozulup ýarsma peselýän ýa-da artýan tizlik bilen bolup geçýär.

Birinji ýagdaýda peselip gutarýan, ikinjide gutarmaýan sozulyp ýarsma barada gürrüň edilýär. Ikisinde hem ýarsma şertli derhal ýarsmadan γ_0 we wagt dowamynda ösýän sozulup ýarsmadan $\gamma(t)$ ybarat:

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma(t)$$

Teýgumlarda sozulup ýarsmanyň iki görnüşü hem dowamly berkligiň çägi bilen bagly.

Dowamly berklik çägi-şeýle dartgynlyk, ýagny ol artmasa, peselip gutarýan sozulma ýarsmasy dowam edýär we basyşyň täsir edýän wagtyň dowamynda teýgum synmaýar. Bu çäkden geçenden soň gutarmaýan sozulup ýarsma ýüze çykýar, ol bolsa, ahýrynda teýgumyň synmagyna getirýär.

Çökmäniň hasaplanan ululygy ýarsmanyň köşeşen görnüşidir. Suwdan doýgun akgyn, akgyn ýaýylýan toýunlarda bu wagt onlarça, yüzlerçe ýyla ýetip bilýär. Diňe arassa çägede (şeýle-de bitewidäşlerde, çagylarda) çöküş gurluşygyň aýagyna çenli doly köşeşýär. Çökmäniň dowamlylygyna süzülme koeffisiýenti (K_s), teýgumyň süňňüniň süýşmesi (ползучесть), teýgumdaky gazlaryň, suwuň buglarynyň ýarsma ukyby, organiki maddalaryň çüýräp dargamagy täsir edip bilýär.

Gurluşyk üçin çökmäniň tizligi uly täsir edýär. Eger çökme çalt bolsa, jaý, desga ýarsýar, ýykylýar, eger-de haýal

çökme bolsa, jaýdaky, binýatdaky konstruksiýalar ýarasmalara uýgunlaşýarlar, jaýyň süňňi çöküş bilen ugurdaş ýaý berýär.

Suwdan doýgun tuýgumlaryň çökmesiniň wagtyň dowamynda üýtgemegini **süzülme köşeşmesi** (фильтрационная консолидация) diýip atlandyrylýan nazaryýet öwrenýär.

Köşeşme koeffisiýenti (U_0) şeýle formula boýunça hasaplanýar:

$$U_0 = \frac{S_t}{S}$$

bu ýerde:

S_t - t wagtyň dowamyndaky çöküş.

S – çöküşüň doly köşeşen ululgy.

4.2. Teýgumlaryň esasy hasap modelleri

Öň belleýşimiz ýaly teýgumlaryň mehanikasynda çaklamalaryň takyklygy ýagdaýyň deňlemelerinde teýgumlaryň ýarsma aýratynlyklary nähili dolulukda aňladylýanlygy bilen kesgitlenýär. Şeýlelikde, teýgumyň bitewi modeli we onuň ýagdaýynyň deňlemeleri ýokarda bellenen ähli prosesleri aňlatmalydyr. Emma beýle modeli gurmaklyk örän çylşyrymly hasaplaryň matematiki apparatyny döretmegi we modeliniň görkezijilerini kesgitlemek üçin uly, agyr eksperimentleri geçirmekligi talap edýär. Bu bolsa, köp ýagdaýlarda ýönekeý inžener meseleleri çözmekde ykdysady taýdan bähbitsizdir. Şonuň üçin takyk ýagdaýlar üçin taslama işlerinde dürli çylşyrymlylykly teýgumyň hasap modelleri ulanylýar.

Gurluşygyň köp meseleleri çözülende teýgumlaryň görteribilijilik ukyby bahalanýar, beýleki meselelerde bolsa, teýkarlaryň we desgalyň ýarsmasyny çaklamak wajypdyr. Käbirlerinde bolsa, hem teýgumyň görteribilijiligini bahalamak hem-de ýarsmasyny çaklamak zerur bolýar.

Emma bu hasaplamalary aýratynlykda geçirmek mümkin. Bu bolsa, teýgumlaryň hasabynda aňyrbaş ýagdaý boýunça hasaplamalaryň umumy ýörelgelerini ulanmaga mümkinçilik berýär:

1. göteribilijilik ukyby boýunça (durnuklylygynyň ýitmegi, teýgumyň port, şepbeşik we başga häsiýtli synmagy, uly süýgeşik ýarasmalar we ş.m.)

2. ýarasmalar boýunça (ýol bermesiz çökmeleriň netijesinde desgany normal ulanmaklygy kynlaşdyryýan ýagdaýa ýetmegi, çökme tapawutlary, gysarma we ş.m.)

Birinji topar boýunça hasaplamalarda teýkara düşýän hasaplama basyşy teýkardaky teýgumyň aňyrbaş garşylyk güýjünden uly bolmaly däl. Ikinji topar boýunça desganyň we teýkaryň bilelikdäki ýarasmalary şu desganyň konstruktiv shemasy üçin aňyrbaş ýarmadan uly bolmaly däl.

Senagat we raýat gurluşygynyň köp ýagdaýlarynda aňyrbaş ýagdaýyň ikinji topary boýunça hasaplamalar (ýarasmalar boýunça) kesgitleýji hasaplanýar.

Şu çemeleşme teýgumlaryň has ýönekeý hasap modellerini: ahyrky dartgynlylyklaryň we köşeşen çökmeleriň hasaplamalary üçin teýgumyň gönüçyzykly ýarsma nazaryýetini; wagtyň dowamynda çökmäniň ösüşiniň hasaplamalary üçin teýgumyň süzülme köşeşmesi nazaryýetini teýgumyň göteribilijilik ukybynyň, berkliginiň, durnuklylygynyň we dereg desgalara basyşynyň hasaplamalary üçin teýgumyň aňyrbaş dartgynly ýagdaýynyň nazaryýetini ulanmaga mümkinçilik berýär.

Köp ýagdaýlarda amaly işlerde tekiz ýarsma meseleleri (hatda birölçegli meseleleri) çözmek bilen çäklenmek mümkindigini bellemeli.

Häzirki wagtda taslama düzmek işlerinde çalt hasaplaýan maşynlary (EHM) ulanmaklyk has şylşyrymly hasap modellerini ulanýan meseleleriň gerimini giňeldýär. Olara teýgumyň **gönüçyzyksyz ýarsma nazaryýeti** modeli degişlidir.

Teýgumyň gönüçzykly ýarsma nazaryýeti modeli
 bir sapar ýük basylanda (ýa-da ýük ýenledilende) teýgumda dargynlylyk bilen ýarsmanyň arasyndaky baglanşyk gönüçzykly hasaplanýandygyna esaslanýar. Bu modele degişli ylmy işler N.P. Puzerewekiý, K. Tersagi, N.M. Gersenow, W.A.Florin, N.A. Sytowiç ýaly almalar tarapyndan ýazylýar. Bu model öz ýönekeýligi sebäpli inžener işlerinde giňden ulanylýar.

Bu nazaryýet ulanylanda elmydama onuň ulanyş çäginiiň kesgitlenmegini talap edýär.

Teýkardaky dargynlyk we binýadyň dabanyndaky teýgumyň çöküşi hasaplananda bu çäk bolup basyş bilen çökmäniň arasyndaky baglanşyk gönüçzykly bolýan ortaça basyş hasaplanýar. Bu şert berjaý edilmedik ýagdaýda hasaplamalarda uly ýalňyşlyklar döreýär.

Gönüçzykly ýarsma nazaryýetiniň modeliniň ýagdaýynyň deňlemeleri Gukun kanunynyň umumylaşdyrylan görnüşinde ýazylýar:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]; & \gamma_{xy} &= \frac{2(1+\nu)}{E} \tau_{xy}; \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)]; & \gamma_{yz} &= \frac{2(1+\nu)}{E} \tau_{yz}; \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]; & \gamma_{zx} &= \frac{2(1+\nu)}{E} \tau_{zx};\end{aligned}$$

bu ýerde:

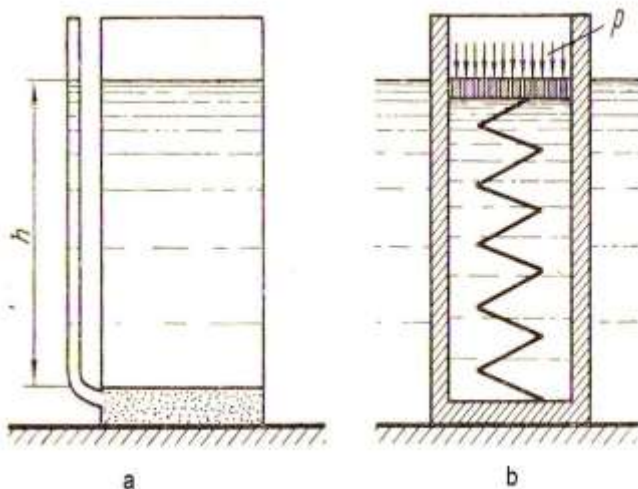
E - umumy gönüçzykly ýarsma moduly;

ν - keseligine gönüçzykly giňelme koeffisiýenti (Puassonyň koeffisiýenti).

Köpilenç E we ν görkezijiler teýgumyň ýarsma häsýetnamalary hasplanýar.

Süzülme köşesmesi nazarýetiniň modeli

Suwdan doýgun teýgumyň (teýgum masasynyň) wagt dowamynda ýarsmasyny beýan edýär. Bu nazarýete laýyklykda teýgumyň elementine berlen basyşyň netijesinde döreýän dartgynlyk effektiw (teýgumyň süňňündäki) we öýjük (öýjükdäki suwuň) dartgynlyklardan düzülýär (14-nji surat).



14-nji surat. Effektiw we passiw basyşlaryň shemasy

Teýgum massiwiniň dürli nokadynda basyşyň täsirinden öýjük suwda dyňzaw tapawudy döreýär we massiwiniň dartgynlygynyň pes ýerine tarap suwuň gysylmasy bolup geçýär.

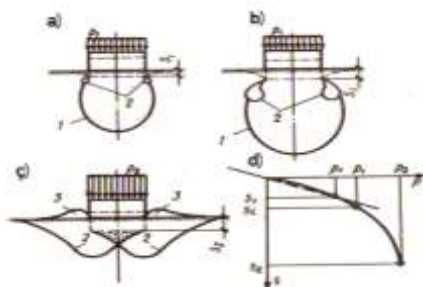
Effektiw dartyňlygynyň netijesinde zireleriň biri-birine gysylýp, teýgumyň dykyzlanmasy bolup geçýär.

Bu prosesiň matamatiki beýanyny akad. N.N.Pawlowskiý 1922ý. berýär.

Netijede teýgumda ýarsma tizligi öýjük suwunyň süzülme tizligine göni baglylygy tekrarlanýar. Şonuň üçin süzülme köşeşmesiniň tizligini kesgitleýän teýgumyň esasy häsýetnamasy **süzülme koeffisiýentidir K**.

Teýgumyň aňrybaş dartgynlyk nazarýetiniň modeli

Teýgum massiwinde täsir edýän basyşdan dartgynly ýagdaýy, ýagny ölçegi boýunça uly gabalgy sebitler döreýär. Bu sebitiň içindäki her bir nokatda aňrybaş deňagramly ýagdaý döreýär. Şonuň üçin aňrybaş dartgynly ýagdaýyň nazarýetine **teýgumyň aňrybaş deňagramlylygynyň nazarýeti** diýilýär.



15-nji surat. Ştampyň aşagynda basyş artanda teýkarda teýgumyň aňrybaş dartgynly zolagyň ösüşi we ştampyň çöküşiniň basyşa baglylygy

1-teýgumyň dykyzlanma zolagynyň çäklari; 2-aňrybaş dartgynly zolaklaryň çäklari; 3- teýgumyň böwüsmesi.

Ştampyň aşagynda (15-nji surat) P_1 basyşda 1-nji sebitde dykyzlanma prosesi ýaýbaňlanýar we S_1 çökme bolup geçýär. Bu ýagdaýda ştampyň gyrasynda ululygy boýunça ujypsyz süýgeşik ýarsmalar (2) döreýär. Basyş artdygyça ($P_1 < P_i < P_2$) bu zolaklaryň ölçegleri ulalýar, basyşy kabul edýän zolagyň ölçegi bolsa kiçelýär, çökme S_i artýar. Basyşyň mundan beýläk artyşynda ($P = P_2$) süýgeşik ýarsma teýkaryň

ähli üstüni diýen ýaly eýeleýär. Synagyň görkezişi ýaly, şampyň aşagyndan ýokary teýgumyň böwüsmesi (3) döreyär, çökme S_2 depginli artýar. Şeýlelikde, şamp durnuklylygyny ýitirýär. Teýgumlaryň aňrybaş deňagramlylyk nazaryýetinde P_2 basyş teýkara **çäk basyş** ýa-da onuň **aňrybaş göteribilijilik ukyby** hökmünde seredilýär.

Tekiz ýarsma ýagdaýy üçin teýgumyň berkliginiň Kulonyň – Moruň modeli ulananda aňrybaş deňagramlylyk nazaryýetiniň deňleme ulgamy şeýle ýazylýar:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = x$$

$$\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_z}{\partial z} = z$$

$$(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2 = (\sigma_x - \sigma_z + 2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)^2 \sin^2 \varphi,$$

bu ýerde:

c – teýgumyň udel ilişmesi;

φ – teýgumyň içki sürtülme burçy.

Bu görkezijilere, köplenç, **teýgumyň berklik häsýetnamasy** diýilýär.

Bu nazaryýetiň ösmeginde W.W. Sokolowskiý, S.S. Goluşkewiç, W.G. Berezanew we başga alymlaryň mynasyp goşantlary bar.

“Gönüçyzykly” we “Gönüçyzyksyz” teýgumlar mehanikasy. Ýokarda seredilen teýgum modelleriň özünde käbir garşylyklar bar. Hakykatdan hem, teýgumyň gönüçyzykly ýarsma nazaryýeti diňe $P \leq P_1$ basyşda dartgynlyklary we ýarsmalary hasaplamaga mümkinçilik berýär. Bu nazaryýeti ulanmaga esaslanan meseleler gönüçyzykly teýgumlar mehanikasyna degişli. Aňrybaş

deňagramlylyk nazarýeti teýkara düşýän diňe aňrybaş basyşy ($P=P_2$) kesgitlemäge mümkinçilik berýär, emma bu basyşlara degişli ýarsmalary kesgitlemäge bolsa, mümkinçilik bermeyär.

Emma teýgumlaryň mehanikasynda dik “gönüçyzykly” meselelere degişli bolmadyk örän kyn meseleleri çözmekde has çylşyrymly modelleri ulanmaklyk maksada laýyk hasaplanýar. Bu çözümler teýgumlaryň gönüçyzyksyz mehanikasyna degişli.

Teýgumlaryň gönüçyzyksyz ýarsma nazarýeti teýkarlaryň we teýgum desgalaryň dartgynly ýarsma ýagdaýynyň hasaplamalarynda we berkligi bahalananda ulanylýar. Dartgynlylyklar bilen ýarsmalaryň baglanşygy görnetin gönüçyzyksyzlygy sebäpli, ol köplenç **teýgumlaryň süýgeşiklik nazarýeti** diýip hem atlandyrylýar.

Inžener işlerde akad. A.A. Ilýuşiniň kiçi maýyşgak-süýgeşik ýarsmalar nazarýetine esaslanan **süýgeşikligiň ýarsma nazarýeti** giňden ulanylýar. Bu nazarýet göwrümleýin we süýşme ýarsmalar diňe orta normal dartgynlylyklara we galtaşma dartgynlyklaryň depgigine bagly diýen ýolbarmelerden gelip çykýar:

$$\epsilon_v = f(\sigma_m); \gamma_i =$$

$$(\tau_i).$$

Munda göwrümleýin ýrsmanyň kesiji moduly – $K(\sigma_m) = \frac{\sigma_m}{\epsilon_v}$, süýşmäniň kesiji moduly - $G(\tau_m) = \frac{\tau_i}{\epsilon_v}$. düşüňjeleri girizilýär.

13-nji suratdan görnüşi ýaly bu modullaryň ululyklary gönüçyzyksyz bolýar.

Bu modullaryň ululuklary şol teýgum üçin eksperimental ýol bilen kesgitlenen maglumatlara göre gurlan

egriden alynýar. Z.G. Martirosýan süýşme ýarsmanyň modulyny kesgitlemegiň sadalaşdyrmasyňy hödürleýär:

$$G(\sigma_m, \tau_i) = G_0(1 - \eta_g),$$

bu ýerde:

G_0 – egri çyzygyň başlangyç bölegindäki süýşme modulynyň

ululygy;

η_g – täsir edýän dartgynlygyň aňrybaş dartgynlyga golaýlaşma

derejesi:

$$\eta_g = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{(\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi}$$

Gurluşyk işlerinde teýgumlaryň gönüçyzyksyz ýarsmanyň has çylşyrymly nazarýeti – süýgeşik akym nazarýeti hem ulanylýar. Agzalan nazarýetlere degişli S.S. Wýalowyň, A.L. Goldiniň, Ý.K. Zareskiniň we başga alymlaryň işleri bar.

5. Teýgumlaryň mehaniki häsiýetleri

5.1. Teýgumlaryň ýarsmasy

Dag jynslarynyň mehaniki häsiýetleri olaryň daşky güýçleriň, ýüküň täsiri astynda özüni alyp barşyny kesgitleýär. Türkmenistanda gurulýan jaýlaryň, desgalaryň aglaba köpüsi toýunsow, çägesow, iribölekli jynslaryň üstünde gurulýar. Şol sebäpli mehaniki häsiýetler bu ýerde dagynyk teýgumlar üçin berilýär.

Teýgumlaryň mehaniki häsiýetleri ýarsma we berklik görkezijilerinden düzülýär. Ýüküň, agramyň täsiri bilen dagynyk teýgumlarda içki gurluşyň we göwrümiň üýtgewi (dykzlaşma) bolup geçýär, teýgumuň göwrüm birliginde öýjüklik azalyp, gaty bölejikleriň deňeşdirme mukdary artýar. Kesgitli agram zerarly bolup geçýän bu özgerişler näçe köp bolsa, ýarsma ukyby şonça uly hasaplanýar. Teýgumda daşky täsir zerarly gytak güýçler dörese we ol güýçler süýşme garşylygyndan uly bolsalar, teýgum berkligini ýitirip, bozulýar, döwülýär, mynjyraýar.

Teýgumlaryň ýarsma (gysylma) görkezijileri binýatlaryň çökmegini çaklamaga, teýkardaky jynslaryň durnuklylygyny kesgitlemäge, gurulýan desganyň binýadynyň amatly düzgüdini (konstruksiýasyny), möçberini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Dag jynslarynyň süýşmä garşylygyny häsiýetlendirýän görkezijiler bentleriň, gaçylaryň ýapylarynyň eňsaklygyny kesgitlemäge, karýerleriň ýapgytlygyny, kertligini, mümkingadar, ýer-gazuw işlerini az geçirip esaslandyrmaga, ýapylaryň, kenarlaryň süýşmä garşylygyny, teýgumlardan söýget desgalaryna we ýerasty desgalaryň berkitmelerine düşýän basyşy kesgitlemäge, söýget desgalarynyň in amatly kesiminiň meýdanyny we durnuklylygyny esaslandyrmaga we başgalara mümkinçilik berýär.

Şu sebäplere görä taslamalarda çägesow – toýunsow jynslaryň ýarsma we berklik görkezijileriniň öwrenilmegine uly üns berilýär.

Gysylma ukyby

Çägesow, toýunsow jynslaryň üstüne basyş täsir edende, olarda gysylma we teýgumuň ýumşak-gowşaklygyna baglylykda, gapdala süýşme-maşsarma bolup geçýär. Gapdal ýarsmasynyň san bahasyny kesgitlemegiň tehniki kynçylyklary nazarda tutulyp, adatça, dagynyk teýgumlaryň ýarsma ukyby – çöküjiligi gapdala süýşmäge mümkinçilik bermeyän berk polat halkalara gaplanan teýgumlarda barlanylýar. Bu hili barlaglara **kompresiýa barlaglary**, teýgumlaryň şu usul bilen kesgitlenen çöküjilik ukybyna bolsa **kompresiýa häsiýetleri** diýilýär. Bu usulyň manysy artýan basyş bilen teýgumlaryň öýjükliliginiň (has takygy öýjüklilik koeffisiýentiniň) arabaglanyşygynyň kesgitlenilmegine syrykdyrylýar. Gysylma ukybyny kesgitlemek üçin kompresiýa egrisi, ýagny öýjüklilik koeffisiýentiniň dürli basyşda üýtgemeginiň çyzgyda berlen baglanyşygy ulanylýar.

Çägesow-toýunsow jynslaryň kompresiýa häsiýetleri aşakdaky şertlere baglydyr:

1. Jynslaryň ownuklyk derejesine, ýagny zire düzümine we şol sebäbe görä -strukturasyna bagly. Başga şertlere garamazdan, toýun, kirşen zirelerinden düzülen toýunsow jynslar çäge dänejiklerinden düzülen teýgumlardan köp we haýal çökýärler. Şonuň üçin yzgarly toýunlaryň üstünde gurlan desgalaryň çöküşi çägeleriň üstünde gurlanlaryňkydan kän ýokary bolýar we uzak wagtyň dowamynda (ýyllap, onlarça ýyllap) bolup geçýär. Çägeleriň üstünde gurlan desgalar hem çökýärler, emma az çökýärler we bu çökme ýarsmasy jaýyň gurluşygy gutarylanda tamamlanylýar.

2. Toýunlaryň çökmesi iň maýda zireleriň ($<0,002$ mm) mineral düzümine bagly. Suwy halaýan montmorillonitli toýunlar suwa az perwaýly kaolinitli toýunlardan az çökýärler.

3. Çägesow jynslaryň çöküjiligi olaryň toýunsowlygynyň, çüýrüntgililiginiň artmagy bilen güýçlenýär.

4. Çöküjilik dag jynslarynyň fiziki ýagdaýyna, çyglylygyna, öýjükliligine, ýagny olaryň litogenezmöwritindäki dykyzlaşma, böwşeňleşme taryhyna bagly.

5. Berk struktur baglanyşykly jynslar çökmän saklanýarlar. Olar diňe daşky ýük teýgumuň berklilik çäginde ýokary bolanda çökýär.

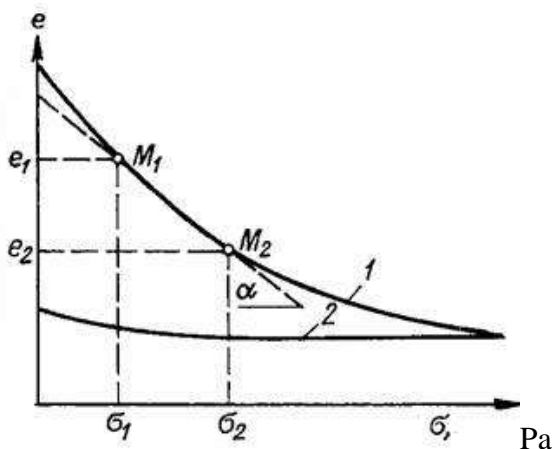
6. Çöküjilik dagynyk teýgumlaryň suwdan doýgunlyk derejesine bagly, sebäbi düýpli dykyzlaşma diňe gidrostatik deňagramlylykda bolýar. Eger şol derejä ýetilmeýse, teýgumuň öýjüklerindäki suwuň döredýän basyşy dykyzlanma ygtyýar bermeýär.

7. Dag jynslarynyň fiziki ýagdaýynyň, düzüminiň we tebigy gurluşynyň emeli täsirler bilen üýtgän ýerlerinde (gurluşyk hendekleri, barlag çukurlary bilen üsti açylan, öňki tebigy ýatan ýerinden gozgalan teýgumlarda) küpürseme, çişme, gowşama, tebigy durkunyň, çyglylygynyň üýtgemesi ýaly prosesler bolup geçýär. Bu özgerişler teýgumuň gysylma ukybynyň düýpli artmagyna getirýär.

8. Dagynyk teýgumlaryň gysylmasy täsir edýän güýjüň möçberine we görnüşine hem bagly bolýar, eger beýleki şertler meňzeş bolsa, täsir edýän güýç näçe uly we ýokary sarsgynly bolsa, dag jynslary şonça köp çökýär.

Kompressiýa häsiýetleri, kompressiýa egrisi. Dagynyk teýgumlaryň ýarsma ukybyna baha kesmek dürli basyşda öýjüklilik koeffisiýentiniň azalmaklygynyň öwrenilmegine esaslanýar. Bu baglanyşyk kompressiýa egrisi görnüşinde berilýär (8-nji surat). Kompressiýa egrisinden görnüşi ýaly, her kesgitli σ basyşa ϵ öýjüklilik koeffisiýentiniň

degişli bahasy mahsus bolýar, ýagny basyş artdygyça, öýjüklilik koeffisiýenti kiçelýär.



16-njy surat. Kompressiýa egrileri
1 – dykzlaşma; 2 – küpurseşme-çişme

Adatça, basyşyň ilkinji basgançaklarynda (50-100 kPa-a çenli) dykzlaşma depgini uly bolýar, soňky basgançaklarda kompressiýa egrisiniň eňaşaklygy kem-kemden peselýär. Eger basyşyň üýtgewi az möçberde alynsa, ýagny $\sigma_2 - \sigma_1 = d\sigma$ bolsa, onda öýjüklilik koeffisiýenti hem az üýtgeýär, ýagny $e_1 - e_2 = de$. Onda kompressiýa egrisiniň kiçi böleginde: M_1 we M_2 nokatlaryň arasynda egrini göni diýip alyp bolýar. Şol göniniň basyş örki bilen emele getirýän α burçunyň tangensi teýgumun şu basyş aralygyndaky gysylma ukybyny häsiýetlendirýär:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{-de}{d\sigma} = a$$

Iş ýüzünde bu gatnaşyk **gysylma koeffisiýenti** ýa-da **kompressiýa koeffisiýenti** diýlip atlandyrylýar we **a** harpy

bilen belgilenýär. Bu koeffisiýent näçe uly bolsa, teýgum şonça gowşakdyr, dykyzlaşmadykdyr. Bu koeffisiýentiň ölçeg birligi, öýjüklik koeffisiýentiniň ölçegsizligine görä, basyşyň alnan ölçeg birligine laýyklykda, ýa MPa^{-1} görnüşde, ýa-da 10^{-5}Pa^{-1} görnüşde bolýar. Takmyny deňeşdirmelerde eger **a** koeffisiýentiň bahasy (MPa^{-1} aňladylanda) 1-0,1 aralykda bolsa, teýgum güýçli çökmäge ukyply hasaplanýar; $a=0,1-0,01$ bolsa, aram çökyän; $a=0,01-0,001$ bolsa, az çökyän hasaplanýar.

Öňki ýazylan formulany üýtgedip täze formula alyp bolýar:

$$de = -a \cdot d\sigma,$$

Bu deňleme çägesow we toýunsow teýgumlaryň mehanikasynyň esasy kanunlarynyň biri **dykyzlaşma** kanunydyr. Ol şeýle beýan edilýär: „Dag jynslaryndaky öýjükleriň göwrüminiň deňeşdirmе (otnositel) üýtgewi basyşyň üýtgewi bilen deňpaýlydyr“ (Sytowiç, 1963). Dykyzlaşma kanuny „Materiallaryň garşylygyndaky“ maýyşgaklyk kanuny bilen kybapdaşdyr. Gukun kanuny boýunça, deňeşdirmе ýarsmasy (λ) täsir edýän σ dartgynlyk bilen deňpaýlydyr:

$$\lambda = \sigma/E,$$

bu ýerde:

E – maýyşgak ýarsmanyň moduly terslin alamaty bilen alnan gysylma (kompressiýa) koeffisiýentine kybapdaşdyr.

Jaýlar we desgalar taslananda esasy ýarsma görkezijisi hasaplanýan umumy ýarsma moduly E_0 ulanylýar [14]. Ol teýgumdaky dartgynlyk bilen oňa degişli deňeşdirmе ýarsmanyň deňpaýlyk koeffisiýentidir:

$$\sigma_z = E_0 \cdot \varepsilon_z,$$

bu ýerde:

σ_z – gysyjy dartgynlyk;

E_0 – umumy ýarsma moduly;

ε_z – gapdala süýşmä ýol berilmedik şertde agzalan dartgynlyk zerarly deňeşdirme ýarsma (eger h – nusganyň beýikligi, Δh nusganyň ýarsmasy bolsa, $\varepsilon_z = \Delta h/h$). Onda:

$$E_0 = \sigma_z / \varepsilon_z,$$

Ýarsmanyň umumy moduly megapaskalda ölçelýär. Ol ýörite geçirilýän meýdan we laborator synaglarynda kesgitlenýär ýa-da kompressiýa barlaglarynyň netijeleri esasynda, şeýle formula boýunça hasaplanýar:

$$E_0 = \beta \frac{1 + e_1}{a},$$

bu ýerde:

e_1 – kompressiýa egrisinde σ_1 ýüke degişli öýjüklilik koeffisiýenti;

a – σ_1 we σ_2 basyş aralygy üçin kesgitlenen gysylma koeffisiýenti, MPa^{-1} ;

β – gapdala süýşmä ýol berilmedik kompressiýa barlaglarynda kesgitlenen gysylmadan hakyky şertlerde duşýan gysylma geçmek üçin ulanylan köpeldiji.

β görkeziji keseligine giňelme (μ) koeffisiýentiniň ýa-da gapdal basyş koeffisiýentiniň (ξ) üsti bilen şeýle formulalaryň haýsy-da bolsa biri arkaly kesgitlenýär:

$\beta = 1 - 2\mu / (1 - \mu)$ ýa-da

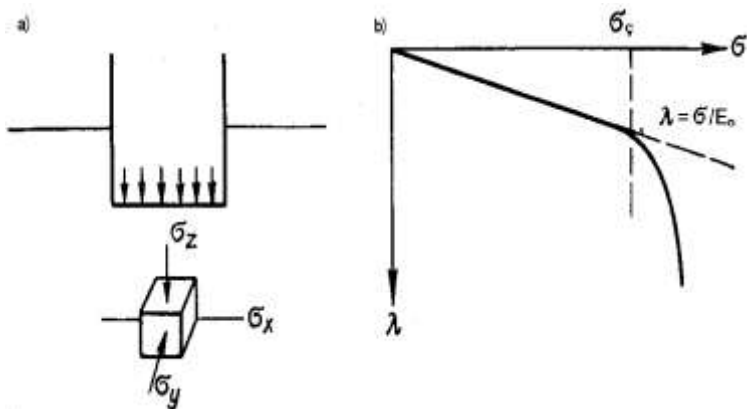
$$\beta = \frac{(1 - \xi)(1 + 2\xi)}{1 + \xi},$$

Köplenç hasaplamalarda β koeffisiýentiň san bahasyny teýgumuň görnüşine baglylykda alyp bolýar: çägelerde – 0,76; gumbaýraklarda – 0,72; topurlarda – 0,57; toýunlarda – 0,43.

Dagynyk teýgumlaryň umumy ýarsma moduly gaty jisimleriň maýyşgaklyk modulyna kybapdaşdyr. Emma toýunsow we çägesow jynslar, gaty jisimlerden tapawutlylykda, maýyşgak ýarsmalardan has uly bolan galyndyly ýarsma eýedirler. Şol sebäpli dagynyk teýgumlaryň ýarsma moduly hem maýyşgak, hem galyndyly ýarsmalary öz içine alýar.

Çägesow we toýunsow jynslardaky dartgynlyklar bilen deňeşdirme ýarsmalaryň arasyndaky gönüçyzykly (deňpaýly) baglanyşyk diňe belli basyş aralygyna mahsusdyr (17-nji surat).

Şol sebäpli umumy ýarsma moduly E0 garalýan jynslaryň çäkli basyş aralygyndaky häsiýet görkezijisidir (9-njy b surtdaky çyzgynyň gönüçyzykly bölegi). Emma dagynyk teýgumlaryň üstünde desgalardan düşýän agramyň aşa uly bolmaýanlygy (şol sanda Türkmenistanda) göz önünde tutulyp, garalýan görkezijiniň ulanylyşynyň dogrulygyny bellemeli. Başgaça aýdylanda, dagynyk teýgumlarda bolup geçýän ýarsmalaryň hasaby gönüçyzykly ýarsma gurşaw üçin alnyp barylýan hasap bilen ylalaşyklydyr diýip kesgitlemeli.



17-nji surat. Desgalaryň binýatlarynyň teýkaryndaky dag jynslarynyň dartgynlyklarynyň we ýarsmalarynyň arasyndaky baglanyşyk

a – desganyň binýadynyň aşagyndaky dag jynsynyň in kiçi çäkli göwrümünde döreýän 3 örkli dartgynly ýagday; σ_z , σ_y , σ_x – deňişli oklardaky dartgynlyklar. b – dag jynsynyň ýarsmasynyň täsir edýän dartgynlyga baglylygy.

Türkmenistanda örän giň ýaýran toýunsow jynslaryň gysylma ukyby we berlen basyşdaky çöküş ýarsmasynyň kiparlamasy (konsolidasiýasy) şeýle şertlere bagly:

1) **struktur baglanyşyklaryň berkligine**; heniz ol baglanyşyklar döwürlänkä, üzülänkä ýarsma maýyşgak görnüşde bolýar, onuň möçberi az, dowamlylygy örän çalt bolýar; dykzlaşma basyş işjeň (effektiw) derejä ýetenden soň başlaýar;

2) **suw süzdürijilige**; ýagny dykzlaşmanyň tizligi teýgumdaky suwlaryň gysylýp çykarylyş tizligine bagly bolýar. Öýjük suwlarynyň dyňzaw gradiýenti garalýan toýunsow jynsdaky öňki gradiýentden artmasa, suw gysylýp çykamaz we dykzlaşma togtar (başlanmaz);

3) **jynsnyň şepbeşikligine** (jynsy düzýän zireleriň özara süýşmä garşylygyna); bu şert struktur we struktur adsorbsiýa ýarşmalarynyň tizligine täsir edýär.

Köp sanly tejribelere görä toýunsow jynslaryň ýarşmalarynyň agramly bölegi (doly ýarşmanyň 80-95%-i) süzülip çykýan suwuň deregine gaty bölejikleriň süýşüp barmagy bilen bagly, ýarşmanyň galan bölegi hemişelik ýükde süýşüşleriň hasabyna bolup geçýän ýarşmalar bilen bagly. Emma aýry-aýry şertlerde haýal süýşme ýarşmalarynyň agdyklyk edýän ýerleri hem bolýar (Daşko R.E, 1976-1980 ýý.).

Teýgumlaryň gysylma ukyby meýdan synaglary bilen (şamply, pressiometrli synaglar), käbir laboratoriýalarda üçokly basyş döredýän abzalda – stabilometrde kesgitlenýär. Emma iş ýüzünde teýgumlaryň gysylma ukyby sadalygy, elýeterliligi, arzanlygy sebäpli, kompressiýa abzallarynda TDS-12248-96 standarta laýyklykda geçirilýän synaglaryň esasynda öwrenilýär.

5.2. Teýgumlaryň suw süzdürijiligi

Iň möhüm görkezijileriň biri bolan **suw süzdürijilik** dag jynslarynyň öz içinden dyňzawyň täsiri bilen suw geçirmek ukybydyr. Hidrogeologiýada, nebit geologiýasynda, adaty, suw süzdürijiliginiň deregine dag jynslarynyň öz içinden dürli suwuklyklary we gazlary geçirmek ukyby bolan **süzdürijilik** ulanylýar. Inžener-geologik işlerde diňe suw süzdürijiligi ulanmak ýeterlik bolýar.

Dag jynslarynda suwuň hereketi diňe kapillýarlarda, uly öýjüklerde we jaýryklarda bolup geçýär. Emma dyňzaw uly bolsa, kapillýar öýjükler, mikrojaýryklar hem suw geçirip bilýärler, ýagny kiçi dyňzawda suw geçirmeýän jynslar uly dyňzawda belli derejede suwy geçirmäge ukyply bolýarlar.

Iş ýüzünde bar bolan dyňzawda suw geçirýän ýa-da taslanýan dyňzawda suw geçirjek jynslar suw geçiriji

hasaplanylýar. Suw geçirijiligiň ölçeg birligi bolup süzülme koeffisiýenti K_S hyzmat edýär. Onuň manysyna Darsiniň formulasyny ulanyň, göz ýetirip bolýar:

$$V=K_S \cdot I,$$

bu ýerde:

V – süzülme tizligi, m/g-g;

I – dyňzaw gradiýenti, ýagny dyňzawyň süzülme ýoluna bolan gatnaşygy (ölçegsiz).

Eger $I=1$ bolsa, onda $V=K_S$, ýagny **süzülme koeffisiýenti** - dyňzaw gradiýenti bire deň bolan ýagdaýdaky suwuň hereket tizligidir. Şol sebäpli, ol tizlik ýaly, m/g-g-de ölçelýär.

Dag jynslarynyň suw süzdürijiligini häsiýetlendirýän maglumatlar iş ýüzünde örän giňden ulanylýarlar. Olar gurluşyk hendegine, ýerasty desgalara geljek suwlaryň mukdary hasaplananda, syzylyp, ýitip gitjek suwlaryň mukdary kesgitlenende, suwly gatlaklary çalykdyrylmak, desgalaryň teýkarynyň çöküş tizligini kesgitlemek üçin geçirilýän hasaplamalarda we başgalarda ulanylýar.

Dagynyk teýgumlaryň suw süzdürijiligi olaryň zire we mineral düzümine, zire düzüminiň birmeňzeşligine, dykzyzanma derejesine, çalşyk kationlaryň düzümine, gowalçyga we öýjükleriň möçberine, gidrodinamik şertlere (hereket edýän dyňzawa), suwuň häsiýetine (şepbeşikligine) baglydyr.

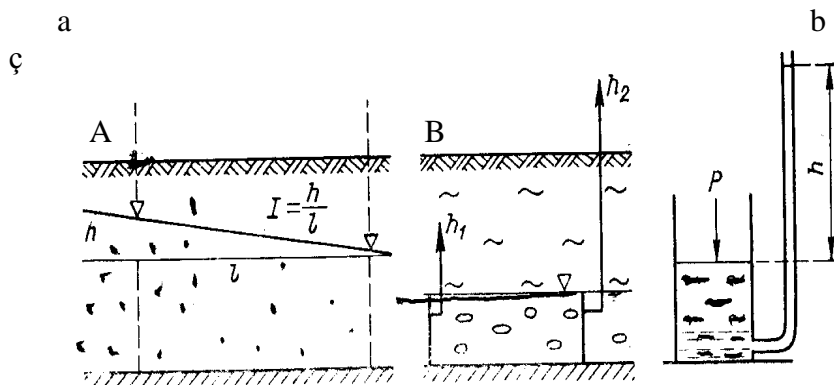
Çägesow we toýunsow jynslarda suwuň hereketi, esasan, dyňzawyň täsiri bilen bolup geçýär. Dyňzaw gidrostatik basyş zerarly, şu şertlerde döreýär (18-nji surat):

1) teýgum suwly gatlagynyň dürli nokatlarynda suwuň derejesiniň dürlüligi sebäpli (18-nji surat, a):

2) dyňzawly suwly gatlakda dürli nokatlaryň dürli pýezometrik basyşlylygy sebäpli (18-nji surat, b);

3) daşky güýjüň (P) täsiri bilen. Bu ýerde dyňzawyň h beýikliginiň P daşky güýjüň suwuň ρ_w dykzlygyna gatnaşygyna deňligini bellemeli:

$$h = \frac{P}{\rho_w} \quad (18\text{-nji surat, } \zeta).$$



18-nji surat. Çägesow we toýunsow jynslarda suwuň dyňzawynyň döremeginiň görnüşleri

Emma çägesow – toýunsow jynslarda suwuň hereketine başga täsirleriň sebäp bolup bilýänligini hem bellemeli:

1) howa-suw sepgidinde döräp, ösýän kapillýar güýçleri;

2) gaty we suwuk jisimleriň sepgidinde döräp, ösýän sorujy (sorbsiýa) güýçleri;

3) suwda erän maddalaryň konsentrasiýasynyň dürlüligi sebäpli döreýän osmos güýçleri;

4) hemişelik elektrik togunyň potensial tapawudy zerarly döreýän elektroosmos güýçleri;

5) konwektiw toklary, termoosmos, kapillýarosmos hereketleri döredýän temperatura tapawutlary;

6) dag jynslary doňanda döreýän ýylylyk akymlarynyň döredýän deňölçeşsiz çyglylygy;

7) suwuň bugarmagy we buguň maýyşgaklygynyň tapawudy; 8) gazlar we suwuň bugy tarapyndan döreýän basyş we başgalar.

Getirilen sanawdan görnüşi ýaly, çägesow-toýunsow jynslarda suwuň hereketi örän çylşyrymly we köp zada bagly bolýar. Agzalan güýçleriň gradiýentleri (wektorlary) bir ugra gönükdirilen bolsa, suwuň hereket tizligi we harjy köpelig bilýär, eger olar gapma-garşy ugurda bolsalar, hereket gowşap, hatda togtap hem bilýär.

Dag jynslarynyň öýjükleriniň suwdan tutuş doly ýagdaýyndaky herekete **süzülme (filtrasiýa)** diýilýär, öýjükleriň suwdan bölekleyin doly ýagdaýyndaky herekete **göçme (migrasiýa)** diýilýär. Suwuň göçme hereketi suwuk we bug görnüşinde bolup bilýär.

Çägesow we toýunsow jynslarda bolup geçýän suwuň süzülme we göçme hereketlerini öwrenip, bahalamagyň ähmiýeti juda uludyr. Olar jynslaryň suw geçirijiligini häsiýetlendirip, berklige, ýarsmalara, dürli geologik hadysalaryň döremegine ýa-da ösüş depgininiň güýçlenmegine uly täsir edýärler.

Ýerasty suwlaryň tizligini V şeýle formula bilen aňladyp bolýar:

$$V=Q/F,$$

bu ýerde:

Q – jynsyň içinden süzülip geçýän suwuň mukdary, $m^3/g-g$;

F – suwuň geçýän ugrundaky kese kesimiň meýdany, m^2 .

Suwuň hereketiniň diňe öýjükleriň içi bilen bolýanlygy üçin, onuň hereket edýän kesiminiň meýdany (F_h) suwly gatlagyň kesiminiň meýdanyndan (F) elmydama kiçidir (ýagny $F_h < F$), sebäbi kesimiň belli bir bölegini gaty bölejikler tutýar. Şonuň üçin suwuň hakyky tizligi V_h şeýle bolýar:

$$V_h = Q/F_h,$$

Görnüşi ýaly, $F > F_h$ bolsa, onda $V_h < V$. Çägesow jynslar üçin $F_h = n \cdot F$, bu ýerde n birlik ülüşlerinde berlen öýjükliklik. Onda $V_h = Q/nF$ we $V = n \cdot V_h$. Bu ýerden alyp bolýar:

$$K_h = K/n,$$

Çägelerde hakyky süzulme koeffisiýenti K_h elmydama laboratoriyada ýa-da meýdan suw guýuş synaglarynda $K = Q/F \cdot I$ gatnaşygyň üsti bilen kesgitlenen koeffisiýentden uludyr. Toýunsow jynslarda effektiv (işjeň ýa-da içinden suw geçirýän) öýjükliklik elmydama umumy öýjükliklikden juda kiçidir we köplenç nola barabardyr, sebäbi öýjükler ol ýerde fiziki bagly (dyňzawyň täsirine az boýun egýän) suwdan doludyr. Şol sebäpli toýunsow jynslarda $F_h < nF$.

Emma täsir edýän dyňzaw uly bolsa, toýunlar hem suw geçirip bilýärler. Toýunlara suw geçirijilik ukybyny berip bilýän dyňzaw gradiýentine **başlangyç gradiýent (I_0)** diýilýär. Toýunsow jynslarda suwuň hereketini gönüçyzykly baglanyşyga getirýän dyňzaw gradiýentine **çäk (predel) gradiýenti (I_ϕ)** diýilýär (19-njy surat).

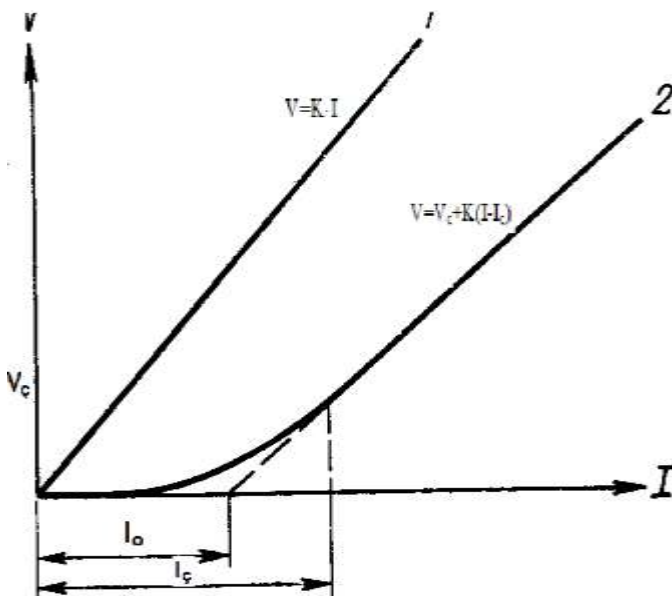
Suwuň hereketiniň tizligi (Darsiniň kanuny) bu ýerde şeýle görnüşe gelýär:

$$V = K \cdot (I - I_\phi) + V_\phi,$$

bu ýerde:

$V_{\text{ç}}$ – suwuň çäk gradiýente ýetmezden öňki tizligi.

Dürli dag jynslarynyň **çäk gradiýenti** bardyr. Bu gradiýent şol bir jynsda hem onuň durky-halyňa, dykzlygyna baglylykda, üýtgäp bilýär. Başlangyç we çäk gradiýentleriň bolmagy toýunsow jynslarda suwuň şepbeşik garşylygyny ýeňip geçmeli bolýanlygyny görkezýär.



19-njy surat. Çägelerde (1) we toýunda (2) suwuň hereket tizliginiň dyňzaw gradiýentine baglanyşygy

12-nji tablisada dagynyk teýgumlaryň käbiriniň süzülme koeffisiýentleriniň ortaça üýtgew gerimleri berilýär. Suw süzdürijiligi pes jynslar öz içinden hereket edýän suwlara güýçli garşylyk görkezýärler, munuň netijesinde süzülme akymynda gidrodinamik güýçler – gidrodinamik basyş döreýär. Ol basyşyň peseliş ugry akymyň ugry bilen gabat gelýär, möçberi bolsa, suw süzdürijilik näçe pes bolsa, şonça uly

bolýar (20-nji surat). Eger süzülme akymynda kese kesigi dF-e deň bolan bir kiçi göwrümi alsak, onda şol kesikdäki gidrodinamik basyş (P)

$$dP=dh\cdot dF\cdot\rho_w,$$

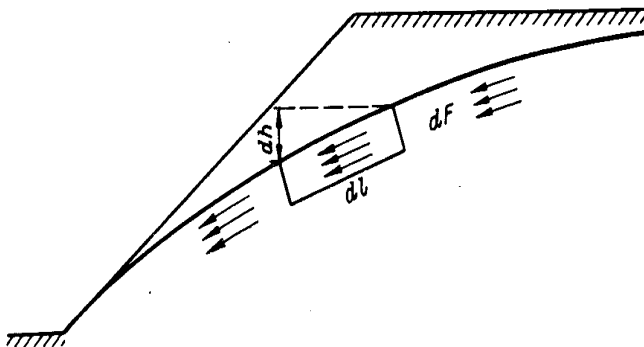
bu ýerde:

ρ_w – suwuň dykzlygy.

12-nji tablisa

Dagynyk teýgumlaryň käbiriniň süzülme koeffisiýentleri

Teýgumlar	Süzülme koeffisiýenti K_s, m/g-g
Toýunlar	<0,001
Topurlar	0,1-0,001
Gumbaýraklar we kirşenli çägeler	2-0,1
Ownuk çäge	10-2
Aram möçberli çäge	30-10
Iri we daşly çäge	50-30
Gumbaýrak doldurgyçly çagyllar	15-5
Çäge doldurgyçly çagyllar	100-30
Doldurgyçsyz çagyllar, jyglymlar	>100



20-nji surat. Süzülme akymynda döreýängidrodinamik basyşyň täsiriniň sudur şekili

Suwuň hereketine jynsyň tutuş göwrüminiň garşylyk görkezýänligi nazarda tutulsa, gidrodinamik basyşyň şol göwrüme gatnaşygy

$$\frac{dP}{dF \cdot dL} = \frac{dh dF \cdot \rho_w}{dF dL} = I \cdot \rho_w,$$

$\frac{dP}{dF \cdot dL}$ gatnaşygy D_{gd} bilen belläp, gidrodinamik basyşyň göwrüm güýçlerine we onuň dyňzaw gradiýentine (I) baglydygyna göz ýetirýäris:

$$D_{gd} = I \cdot \rho_w \cdot g,$$

bu ýerde:

g – agyrylyk güýjüniň tizlenmesi, m/s^2 .

Dyňzaw uly bolsa, gidrodinamik basyş tebigy ýapylary, emeli eňňitleri, gurluşyk hendekleriniň düýbünü we diwarlaryny düzýän jynslaryň durnuklylygynyň bozulmagyna

sebäp bolýar. Ol durnukly jynslary suwýarsuw hadysalaryna sezewar edip, süýşgünler, hokurdanlaşma ýaly geologik prosesleriň döräp-ösmegine getirip bilýär. Şol sebäpli toýunsow-çägesow jynslaryň suw süzdürijiliginiň öwrenilmegi olaryň ýarşmalaryny önünden çaklamak üçin örän möhümdir.

Suw süzdürijiligiň esasy görkezijisi bolan süzülme koeffisiýentiniň bahasyny deslapky hasaplamalarda sebit boýunça düzülen tablisalar boýunça, çägeleriň zire düzümine esaslanan empirik formulalar boýunça, laborator tejribeleriň netijeleri boýunça alyp bolýar. Hidrogeologik şertler taslanýan işe, desga aýgytly täsir edýän bolsa, aýry-aýry meýdançalaryň, suwly gatlaklaryň suw süzdürijiligini kesgitlemek üçin suw guýuş synaglary (howaly zolakda), suw sorduryş synaglary (suwdan doýgun zolakda) ulanylýar.

Gurluşyk wagty ýa-da desga ulanylýan döwründe ýerasty suwlaryň derejesini peseltmek zerurlygy dörese, suw peseldiş hasaby geçirilýär. Bu hasap üçin dag jynslarynyň suwberijiligini bilmek zerur.

Suwberijilik dag jynslarynyň suwdan doýgun ýagdaýynda öz düzümindäki suwlary agyrylyk güýjüniň täsiri astynda berip bilmek ukybydyr. Suwberijilik, başgaça, suwuň erkin çykýan mukdarynyň suwly gatlagyň umumy göwrümüne % hasabyndaky gatnaşygydyr ýa-da 1m^3 suwly jynsyň berip biljek suwunyň mukdarydyr. Çägeleriň, çagyl-jyglymlaryň suwberijiligi 0,20-0,40 çemesi bolup, topur - toýunlaryň suwberijiligi 0-a golaý bolýar.

Käbir çaklama hasaplarda suwberijilik agramda däl-de göwrümde aňladylan doly suwsygymyň we aňrybaş molekulýar suwsygymyň tapawudy görnüşde alnyp ulanylýar: suwberijilik = doly suwsygym – aňrybaş molekulýar suwsygym.

Eger agzalan suwsygymlar toýunsow jynslaryň kiçi göwrümlü nusgalarynda laborator şertlerinde alnan bolsa, suwberijiligiň takyklygy pes bolýar. Suwberijiligiň in takyk bahasyny meýdan şertlerinde geçirilen suw sorduryş

synaglarynyň üsti bilen alyp bolýar. Suwberijiligiň (μ) takmyny bahasyny süzülme koeffisiýentiniň (K) üsti bilen alyp bolýar, mysal üçin, Betsinskiniň formulasy boýunça:

$$\mu = 0,117\sqrt[7]{K},$$

Suwberijiligi az suwly gatlaklarda ýerasty suwlaryň derejesini peseltmek üçin zeýkeş (suwalgyç) guýular dikligine däl-de keseligine gurnalýar ýa-da dik zeýkeş (suwalgyç) guýularyň süzgüji has uzyn alynýar.

5.3. Teýgumlaryň berkligi

Inžener geologiýasynda **teýgumlaryň berkligi** diýlip, adatça, olaryň gysygy güýçlere garşylygy alynýar. Başgaça, teýgumlaryň berkligi – gapdala giňelmäge doly mümkinçilik berlen şertde olaryň mynjyradylmagy bilen kesgitlenýär. Teýgumuň durkuny bozýan güýç bu ýerde bir ugurda täsir edýär, şol sebäpli şeýle synaga **birokly gysyş** diýilýär.

Teýgumlaryň birokly gysyşa garşylygy kese ýarsmalaryň birden ulalmagy ýa-da teýgumuň durkunyň göz-görtele döwürmegi bilen häsiýetlendirilýär. Gysyş garşylygynyň san bahasy (R_c) teýgumuň göwrüminiň hemme nokatlarynda dartgynlyk birmeňzeşdir diýen çaklamadan ugur alnyp, şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$R_c = \frac{P_{\text{mynj}}}{F}, \quad (\text{kN/sm}^2)$$

bu ýerde:

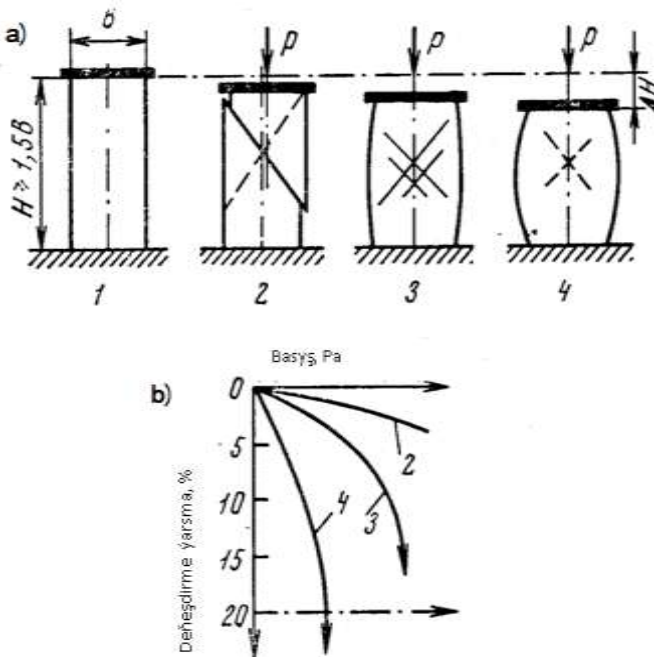
P_{mynj} – mynjyratma sarp edilen güýç, kN;

F – nusganyň kese kesiginiň meýdany, sm^2 .

Hakykatda, nusgadaky dartgynlyk birmeňzeş däldir. Şol sebäpli nusgany mynjyratmagyň netijesinde, teýgumlaryň berkligi hakda birnäçe sebäplere bagly şertli häsiýetnama alynýar. Emma muňa garamazdan, inžener-geologik işlerde R_c giňden ulanylýar: bu görkeziji binýatasty bitewi daş jynslaryň göterijilik ukybyny (несущую способность), beýleki teýgumlaryň içki sürtülme burçuny, ilişmesini häsiýetlendirýär. Dagynyk teýgumlaryň häsiýetleri gowulandyrylanda R_c artdyrylan berkligiň esasy görkezijisi bolup, ulanylýan usullaryň bähbitlisini saýlamaga ýardam edýär.

Birokly gysyşda teýgumlaryň nusgasynyň döwürleşme (gaýry şertler birmeňzeş bolanda) dag jynslarynyň görnüşine baglylykda, port, ýarym port we süýgeşik bolup bilýär (21-nji surat).

Port döwürleşme – ýarşmalaryň we dartgynlyklaryň kiçi möçberlerinde, takmynan, deňpaýly çäkde bolup geçýän teýgumuň nusgasynyň durkunyň döwürleşmesi (çatlamasy, jaýrylmasy) bilen bagly we köplenç, sesli bolýar. Port döwürleşmeler diňe berk kristallik baglanyşykly jynslarda bolýar.



21-nji surat. Birokly gysyşda teýgumlaryň ýarsmasy.

(Ý.M. Sergeýew we başg. boýunça. 1973)

a) – teýgumuň nusgasynyň synagdan öňki we soňky görnüşi;
 1 – nusganyň synagdan öňki görnüşi; 2 – port döwürme; 3 –
 ýarymport döwürme; 4 – süýgeşik ýarsma; F – nusganyň
 başlangyç kesigi; P – basyş; ΔH – dik ýarsma; b) – „basyş-
 ýarsma“ çyzgysy

Teýgumlaryň süýgeşik döwürmesi (ýarsmasy) onuň göwrüminiň üýtgemän daşky sypatynyň çelege çalymdaş görnüşe geçmegi bilen häsiýetlenýär. Süýgeşik ýarsma gowşak jynslara mahsusdyr. Bu ýarsma tebigy şertlerde ýerasty desgalaryň gurşawyndaky gatlaklaryň eplenmesine, gysylýp çykarylmasyna getirýär.

Dag jynslarynyň berkligi köp şertlere: dag jynslarynyň mineral düzümine; strukturasy we teksturasyna, şeýle-de synaglaryň geçiriliş şertlerine baglydyr.

Toýunsow teýgumlaryň birokly gysyşa garşylygy

Toýunsow teýgumlaryň birokly gysyşa garşylygy bitewidaşlaryňka meňzeşdir. Tapawudy toýunlarda döwölüp-bozulmadan oň hem, soň hem süýgeşik ýarsmanyň bolup geçýänligi bilen bagly. Eger bitewidaşlaryň bozulma ýarsmalarynyň deňeşdirme möçberi göterimiň ondan bir böleginden geçmeýän bolsa, toýunsow jynslarda ol onlarça göterime ýetip bilýär.

Mineral düzümi boýunça montmorillonitli toýunlaryň berkligi ýokary, gidroslýuda we kaolinit düzümlü toýunlaryň berkligi pes bolýar. Gowy eýlenen palçykdan ýasalan toýun nusgalarynyň gysylgy halda doly guradylandan soňky berkligi onlarça MPa-a ýetip bilýär:

montmorillonitli toýunlarda	20-29 Mpa;
gidroslýudaly toýunlarda	12-13 Mpa;
kaolinitli toýunlarda	3-7 Mpa.

Zireleriň maýdalygynyň artmagy bilen toýunsow teýgumlaryň berkligi artýar. Emma bu baglanyşyk birtaraply däl. Toýun bölejikleriniň arasynda kolloidleriň köp bolmagynyň berkligiň artmagyna däl-de peselmegine getirýän wagtlary hem bolýar. Bu ýagdaý şeýle düşündirilýär: teýgumuň zire düzümi näçe birmeňzeş bolsa, şonça ol ýerde öýjüklik artýar; bir alamatly zarýadlanan zireleriň agdyklyk etmegi bolsa, molekulýar we elektrostatik dartuş güýçleri gowşadýar.

Dykyzlygyň berklige täsiri teýgumy dykzlaşdyran basyşyň **amatly çyglykda** berlenligine bagly, ýagny iň az

zähmet sarp edip, iň ýokary dykzlygy gazanmak üçin her teýgumuň özüne mahsus amatly çyglylygy bolmalydyr. Toýunsow teýgumlarda bu çyglylyk ýaýylyş çäğine golaýdyr.

Amatly çyglylykda teýguma berilýän basyş näçe uly bolsa, berklilik hem şonça ýokary bolýar. Emma bu baglanyşyk diňe dykzlanmanyň amatly basyşyna çenli bolup geçýär. Dykzlanmanyň amatly basyşy dürli düzümlü we şejereli toýunlar üçin 6-30 MPa aralygynda bolýar (Sergeýew Ý.M., 1973).

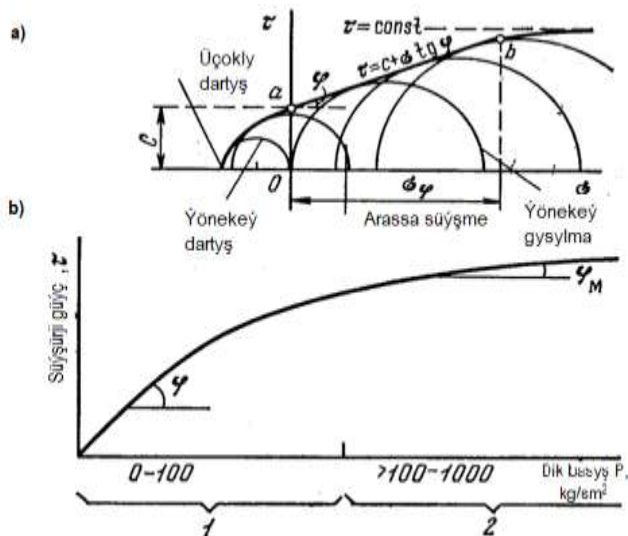
Toýunsow teýgumlaryň berkligine dykzlandyryjy basyşdan başga gyzdryp bişirme we suwa ýatyrma uly täsir edýär. Emma bu ýerde bişirmezden öň amatly basyşda dykzlandyrylan teýgumlaryň berkliginiň has ýokary bolýanlygyny bellemeli.

Dykzlanmanyň amatly basyşy toýunsow teýgumuň zireleriniň maýdalygyna bagly: teýgumda näçe toýun we kolloid parçalary köp bolsa, amatly basyşyň möçberi şonça peselýär.

Teýgumlaryň süýşmä garşylygy

Süýşmä garşylyk çägesow we toýunsow jynslaryň berkligini, ýagny döwlüp-bozulma garşylygyny häsiýetlendirýär. Daşky güýjüň täsiri bilen, teýgumuň belli zolaklarynda zireara baglanyşyklar bozulýar we bir zireleriň beýleki zirelere görä süýşmesi bolýar, ýagny teýgum şol bir basyşda çäksiz ýarsma häsiýetine eýe bolýar. Ýeriň ýüzünde bu proses ýapylaryň, kenarlaryň süýşüşleri, binýadyň aşagyndaky teýgumlaryň çogmagy we ş.m. görnüşlerde bolup geçýär.

Teýgumlaryň süýşmä garşylygynyň laboratoriya we meýdan şertlerinde kesgitlenişini binýatlaryň aşagyndaky teýgumlaryň bozulmasyny modelirleýär, ýagny belli perpendikulýar basyşda duran nusgany ýa-da teýgumuň göwrüminiň bir bölegini süýşürmek, yerinden gozgamak üçin sarp edilmeli güýji ölçemeklige esaslanýar.



22-nji surat. Baglanyşykly (a) we baglanyşyksyz (b) teýgumlaryň süýsmä garşylygynyň perpendikulýar basyşa baglylygy:

- 1 – inžener-geologik işlerde duşýan basyşlar;
2 – tektonofizikleri gyzyklandyrýan basyş çäkleri.

Perpendikulýar basyşyň artmagy bilen teýgumuň süýsmä garşylygy egri çyzykly görnüşde artýar (22-nji surat). Gysýan basyşlaryň sebitinde süýsmä garşylyk, umuman, çäksiz artýar, emma çekiji (dartyjy) basyşlaryň sebitinde baglanyşykly teýgumuň berkliginiň belli çägi bolýar we egri çyzyk τ örki (ordinatany) kesip geçýär (22-nji surat, a). Baglanyşyksyz teýgumlaryň dartyjy güýçlere garşylygy bolmany sebäpli, süýsmä garşylygyň egrisi örkleriň başlanýan (kesişýän) ýerinden çykýar (22-nji surat, b).

Teýgumlaryň süýsmä garşylygy basyşyň belli çäklerinde (100 kPa-dan münlerçe kPa-a çenli) 1773-nji ýylda

Ş. Kulon tarapyndan tapylan gönüçzykly baglanyşyk görnüşinde berilýär:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c,$$

bu ýerde:

τ - aňrybaş süýşürji dartgynlyk, kPa;

$\operatorname{tg} \varphi$ - içki sürtülme koeffisiýenti;

φ - içki sürtülme burçy, gradusda;

c – ilişme, kPa.

Çägelerde ilişme bolmaýanlygy sebäpli, süýsmä garşylyk şeýle aňladylýar:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Görkezilen ululyklar φ we c teýgumlaryň sürtülme we ilişme güýçlerinden düzülen süýsma garşylygy bolup, teýgumlaryň berkligi direg desgalara, ýerasty desgalara basyş hasaplananda giňden ulanylýarlar.

Dagynyk teýgumlaryň sürtülmä garşylygy olaryň zire düzümine bagly. Teýgumy düzýän zireler näçe iri, üstleri büdür-südür, zireleriň ýerleşşi näçe dykyz bolsa, şonça sürtülme köp bolýar. Beýleki şertler meňzeş bolanda, içki sürtülme dykyzlandyryjy basyşyň ösüşi bilen artýar.

Ilişme, esasan, baglanyşykly toýunsow jynslara degişli. Ol teýgumy düzýän zireleriň arasynda döreýän digirlenme (koagulýasiýa) sementleşme baglanyşyklaryň kemala gelmegi bilen döreýär. Bu baglanyşyklara täsir edýän şertlere zireleriň maýdalygy, iň maýda zireleriň mineral düzümi, dykyzlyk, çyglylyk, sementleşmäniň barlygy, sementiň düzümi, teýgumuň tebigy durkunyň üýtgedilenligi degişlidirler.

Toýunsow we çägesow teýgumlaryň berkligini we süýsmä garşylygyny kesgitlemek üçin birnäçe usullar ulanylýar: berklik çäginde birokly gysyş bilen laboratoriýada

kesgitlemek (TDS-17245-79), meýdan şertlerinde teýgumlary aýlawly kesme bilen barlamak (TDS-21719-76), teýgumlary üçokly gysyş abzalynda barlamak we başgalar. Emma iň giňden ulanylýan usula teýgumlaryň bir tekizlikde kesilmä garşylygyny laboratorýada kesgitlemek usullary (TDS-12248-96) degişlidir. Bu usul görkezilen standart boýunça jaýlaryň we desgalaryň hemme görnüşleriniň gurluşygyny esaslandyrmakda ulanmaga hödürlenýär.

5.4. Teýgumlaryň ýarsma we berklik görkezijileriniň kesgitlenişiniň meýdan usullary

Teýgumlaryň gurluşyk üçin zerur häsiýetlerini kesgitlemek üçin, adatça, laborator tejribeleriniň netijeleri ulanylýar (şol sanda Türkmenistanda). Emma teýgumlaryň laboratorýada kesgitlenen häsiýet görkezijileriniň ygtybarlylygy barlag guýularynyň geçilişine, nusgalaryň alnyşyna, daşalyşyna, saklanylyşyna, derňewe taýýarlanylyşyna bagly bolýar. Ondan başga-da laborator tejribeleriniň kiçi göwrümlü nusgalarda geçirilýänligi sebäpli, çagyl-jyglym garyndyly jynslarda, gat-gatly jynslarda süýsmä garşylygy, gysylma ukybyny ýeterlik derejedäki takyklyk bilen kesgitlemäge mümkinçilik bolmaýar. Läbiklerden, akgyn, akgyn-süýgeşik haldaky toýunsow jynslardan, suwdan doýgun çägelerden bolsa, laborator tejribeleri üçin tebigy durkuny saklap, nusgalary almak mümkinçiligi bolmaýar diýen ýalydyr.

Şol sebäplere görä meýdan synaglary inžener-geologik barlaglar toplumynda mynasyp orny eýelemelidir. Onuň iň gowy taraplary – teýgumuň fiziki-mehaniki häsiýetlerini tebigy ýatan ýerinde kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Meýdan synaglarynda häsiýetleri öwrenilýän teýgumuň göwrümi laborator tejribelerinde ulanylýan nusgalaryň göwrüminden münlerçe esse uly, şol sebäpli meýdan synaglary jaýlaryň,

desgalaryň binýadynyň aşagyndaky teýgumuň işiniň modeline örän ýakynlaşýar.

Elbetde, meýdan synaglary uly çykdajylary, wagtyň, serişdäniň artykmaç harçlanmagyny, hünärmeniň ýiti pähimini we yhlasyny talap edýär. Emma ýurduň maddy we ruhy gymmatlyklaryny düzýän, raýatlaryň saglygy bilen bagly binalaryň, desgalaryň gurluşygyny esaslandyrmak üçin harçlanan wagt we serişdeler, taslamanyň talaba laýyk düzülmeginiň, jaý - desgalaryň ygtybarly gurulmagynyň üsti bilen, özüni artykmaý bilen ödeýär.

Meýdan synaglary teýgumlaryň tebigy şertlerdäki häsiýet görkezijilerini takyk kesgitlese-de, ol görkezijileriň tebigy ýa-da emeli sebäplere görä üýtgemegini önünden çaklamaga mümkinçilik bermeýär. Şol sebäpli ýokary hilli meýdan synaglary gurnalan şertlerde-de, olaryň üsti laborator tejribeleri bilen ýetirilmelidir.

Haýsy şertlerde meýdan synaglarynyň haýsy görnüşlerini ulanmagyň amatlydygy, hatda hökmandygy degişli resmi kadalarda bellenýär. Türkmenistanda meýdan synaglarynyň Beýik Watançylyk urşundan ön hem ulanylan ýerleriniň barlygyna garamazdan, soňky 10-15 ýylda olar ulanylmaýar diýen ýalydyr. Munuň esasy sebäbi öňki alnan abzallaryň, esbaplaryň könelp-çağşamagy, täzeleriniň weli alynmaýanlygy bilen bagly.

Bu ýerde meýdan synaglarynyň käbirileri barada gysgaça maglumat berilýär.

Teygumlaryň meýdanda siňňin goýlan ýükler (stamp) bilen synalyşy

Her desga teýgumy dykyzlandyryp, onuň dartgynlyk ýagdaýyny üýtgedýär. Bu üýtgewiň 3 tapgyry bolýar. Birinji tapgyr teýgumuň dykyzlaşmasy (öýjükliligiň azalmagy) zireleriň biri-birilerine has jebis ýerleşmegi bilen bagly bolýar.

Bu şertde ösýän basyş (P) bilen ýarsmanyň (S) arasyndaky baglanyşyk gönüçyzykly häsiýete eýe bolýar (17-nji surat).

Ikinji tapgyrda binýadyň teýkarynda (şampyň aşagynda) ýerli süýşmeler başlanýar, ýagny teýgum basyşyň köp düşýän yerinden az basyşly ýere tarap süýşüp başlaýar. Bu şertde agzalan baglanyşyk $S=f(P)$ üýtgäp, egriçyzykla öwrülýär, basyş az üýtgesede, ýarsma köp artýar.

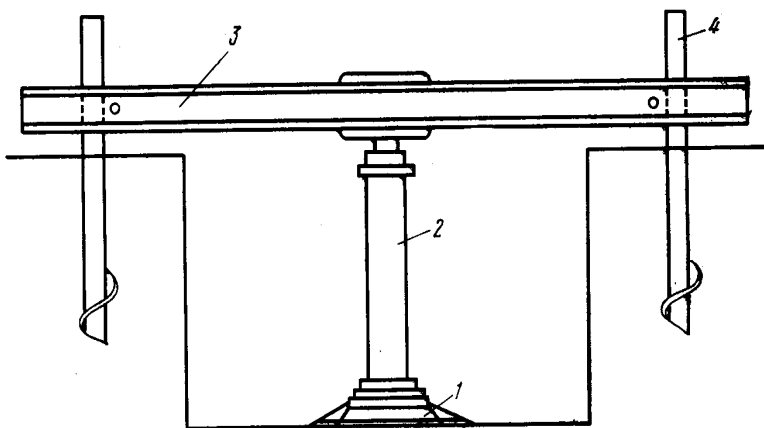
Üçünji tapgyrda, ýagny basyşyň goşmaça artmagy bilen teýgum (teýkarda, şampyň aşagynda) synýar, mynjyraýar. Bu şertde basyş artmasada, ýarsmalar, süýşmeler artýar (17-nji surat).

Desgalaryň çökmesi hasaplananda, köplenç, agzalan $S=f(P)$ baglanyşygyň gönüçyzykly bölegi ulanylyp, ýarsma moduly hasaplanýar.

Meýdan şertlerinde teýgumlaryň ýarsmalarynyň agzalan görnüşlerini öwrenmek üçin geologik gurluşa, gidrogeologik şertlere, teýgumlaryň düzümine we durky-halyna baglylykda synaglar ýörite şamplar ulanylyp şurfda ýa-da skwažinada geçirilýär.

Teýgumlaryň şurflarda ýük astynda geçirilýän synaglary „TDS-12374-77. Teýgumlar. Siňňin goýlan ýükler bilen meýdan synag usuly“ standartlaýyklykda, 15 m çuňluga çenli teýgum suwlarynyň ýatýan çuňlugynda ýa-da ondan ýokarda geçirilýär.

Şampa berilýän basyş gidrawlik ýa-da mehaniki domkratyň üsti bilen, käte başga usul arkaly berilýär. Şampyň çöküş 0,1 mm takyklykda ýörite gural bilen ölçelýär. Şurfda ulanylýan synag desgasynyň düzgüdi ýylsaýyn kämilleşdirilýär. Bu synag desgasynyň umumylaşdyrylan görnüş 23-nji suratda görkezilýär.



23-nji surat. Teýgumlaryň meýdan şertlerinde şurfda ýük (stamp) astynda synalyşynyň umumy görnüşi

*1 – ştamp; 2 – domkrat; 3 – direg sütün germewi;
4 – hyrly ankerler (gazyklar).*

Şynaga taýýarlanan şurf (guýy) ştampyň goýuljak ýerine 0,3 m ýetirmän gazylýar. Şurfuň diwaryndan, teýgumuň fiziki häsiýetlerini we düzümini kesgitlemek üçin, nusgalar alynýar. Şurfuň düýbünden ştampyň goýuljak ýeriniň beýleräginden laborator tejribesi üçin bitewi nusga alynýar. Şurfuň düýbünde goýlan ýuka gatlak aýrylýar, düýbi endigan tekizlenip, üstüne ştamp goýulýar (onuň meýdany teýgumuň görnüşine we hiline baglylykda, 1000-10000 sm² bolmaly). Eger endigan tekizleme başartmasa şurfuň düýbüne galyňlygy 1-5 sm bolan ownuk çäge düşelýär.

Ştampa berilýän ýük (basyş) basgançaklap berilýär we her basyş basgançagyndaky ýarsma şertleýin kiplaşýança garaşylýar (teýguma baglylykda 0,5-3 sagat). Basyş basgançagy goýlandan soň ýarsma ölçeyji abzaldan ölçegler her 10-30 minutdan geçirilýär.

Synag gutarandan soň, şampyň çökmesiniň basyşa baglylygynyň çyzygysy gurulýar we şeýle formula boýunça ýarsma moduly hasaplanýar:

$$E = \frac{(1 - \mu^2) \omega \cdot d \cdot \Delta P}{\Delta S},$$

bu ýerde:

ΔP – şampa berilýän basyş tapawudy ($\Delta P = P_1 - P_0$), MPa;

ΔS – ýarsma tapawudy, sm;

μ - Puassonyň koeffisiýenti (teýguma baglylykda, tablisadan alynýar);

ω - koeffisiýent, 0,79-a deň diýlip alynýar;

d – tegelek şampyň diametri, sm.

Stamply barlaglaryň skwažinalaryň düýbünde geçirilýän görnüşleri hem bar. Bu synagda skwažinanyň düýbünü talaba laýyk arassalap bolmaýanlygy, şampyň möçberiniň kiçiligi sebäpli, takyklygyň peselýänligini bellemeli.

Meýdan synaglarynyň beýleki görnüşleri

Teýgumlaryň süýşüriji güýçlere garşylygyny meýdan şertlerinde dürli usullar bilen kesgitleýärler: 1) barlag çukurlarynyň gyrasyny kem-kemden artýan basyş bilen opurmak; 2) barlag çukurynyň düýbünde (ortasynda) goýlan bitewi nusgany ölçelýän basyş bilen gapdala süýşürmek; 3) skwažinadaky ýumşak teýguma (süýgeşik, süýgeşik-akgyn, akgyn toýunsow teýguma, suwdan doýgun çägä) ganatly periň çümdürilip aýlanmagyna garşylygy ölçemek (TDS-21719-76) we ş.m.

Teýgumlaryň berkligini we çöküjiligi bilelikde kesgitlemek üçin basyşly we ganatly pressiometrler ulanylýar (TDS-20276-74 we başg.).

Teýgumlaryň suw süzdürijiligi meýdan şertlerinde barlag çukurlaryna ýa-da uly bitewi nusgalara suw guýuş synaglaryny geçirip (howaly zolakda) ýa-da guýudan suwy sorduryp çykarma synagy arkaly (suwdan doýgun zolakda) öwrenilýär.

Bu işleriň usulyýetiniň doly ýazgysy her usulyň aýratyn özboluşlygy göz önünde tutulyp, düzülen düzgünnamalarda, gollanmalarda berilýär.

5.5. Teýgumlaryň mehaniki häsiýetleriniň hasap bahalarynyň kesgitlenişi

Tebigy ýatyş şertleri bilen bagly dürlüligine görä teýgumlaryň fiziki häsiýetleriniň normatiw we hasap bahalary barada düşüňjeler ýokarda beýan edilipdi. Şol ýerde fiziki häsiýetleriň normatiw bahalarynyň kesgitleniş düzgünleri hem berilipdi. Dagnyk teýgumlaryň ýarsma modullarynyň we daşygan teýgumlaryň birokly gysylma berkliginiň çäginin tapylyşlary hem şolara meňzeş. Görkezijileriň hasap bahalary X normatiw bahalaryň X_n ygtybarlyk koeffisiýentine γ_g bölünmegi bilen tapylýar:

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g}$$

TGN 2.02.07 – 98 gurluňyk normalaryna laýyklykda teýgum boýunça ygtybarlyk koeffisiýenti γ_g berklik görkezijileriň (içki sürtülme burçunyň φ , dagynyk teýgumlaryň udel elişmesiniň c , daşygan teýgumlaryň birokly gysylma berikliginiň çäginin R_0 we teýgumlaryň dykzlygynyň ρ) hasap bahalary kesgitlenende bu görkezijileriň üýtgewine,

kesgitlemeleriň sanyna we ynamly ähtimallyk bahalaryna baglylykda alynýar. Teýgumlaryň beýleki görkezijileri üçin $\gamma_g = 1$ diýip kabul edilýär.

Teýgumlaryň ýarsma modulynyň hasap bahasy. Ulanylýan Gurluşyk normalaryna laýyklykda dagynyk teýgumlaryň ýarsma modulynyň hasap bahalary onuň normatiw bahasyna deň diýip kabul edilýär. Emma teýgumlaryň ýarsma modulynyň labarator şertlerde kesgitlemeleriň sany altydan az bolmaly däl. Meýdan şertinde üç sany şamp synagy bilen çäklenip bolýar (hat-da ikisi bilen hem, eger-de olaryň netijeleri bir-birinden ortaça 25% tapawutlanmasa).

Teýgumlaryň süýşmä garşylygynyň görkezijileriniň hasp bahalary.

Süýşme garşylygyň berklik görkezijileri φ we c synaglar bilen däl-de, olaryň netijeleri boýunça gurulan grafikler ($\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$) boýunça kesgitlenýär.

$\operatorname{tg} \varphi_n$ we c_n normatiw bahalary aşakdaky formulalar bilen kesgitlenýär:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{1}{\Delta} \left(n \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \sigma_i \right);$$

$$c_n = \frac{1}{\Delta} \left(\sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n \sigma_i \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i \right);$$

bu ýerde:

n - σ_i boýunça süýşmä aňrybaş garşylygyň kesgitlemek boýunça eksperimentleriň sany;

Δ - bu aňlatmalaryň umumy maýdalawjysy:

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i \right)^2$$

Teýgumlaryň berklik görkezijileriniň we dykzylygynyň hasap bahary

Bu ululuklar $X = X_n / \gamma_g$ formula boýunça hasaplanýar. Teýgumyň ygtybarlyk koeffisiýenti şu aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$\gamma_g = 1 / (1 \pm \delta),$$

bu ýerde:

δ - orta bahanyň daşyndaky sebiti häsýetlendirýän ynamly interwal.

Onuň çäginde berlen ähtimallykda α “hakyky” (baş) orta baha ýerleşýär. δ görkezijiniň öňündäki belgini hasabyň uly ygtybarlygyny üpjün eder ýaly saýlaýarlar:

$$R_o \text{ we } \rho \text{ üçin} \quad \delta = t_{\alpha} \cdot V / \sqrt{n};$$

$$c \text{ we } tg \varphi \text{ üçin} \quad \delta = t_{\alpha} \cdot V$$

bu ýerde:

t_{α} - berlen ähtimallyga (ygtybarlyga) α we kesgitlemelriň sanyna n

baglylykda kabul edilýän koeffisiýent (tablisadan alynýar).

V - kesgitlenýän görkezijiniň wariasiýa koeffisiýenti. Ol aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$V = \sigma / X_n,$$

bu ýerde:

X_n –görkezijiniň normatiw bahasy:

σ - orta inedördil süýşme.

Ol şeýle kesgitlenýär:

$$R_o \text{ we } \rho \text{ üçin: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_n - x_i)^2}$$

$$tg\varphi \text{ we } c \text{ üçin: } \sigma_{tg\varphi} = \sigma_{\tau} \sqrt{\frac{n}{\Delta}};$$

$$\sigma_c = \sigma_{\tau} \sqrt{\frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2};$$

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\tau_i tg\varphi_n + c_n - \tau_i)^2}$$

Δ üçin kesgitli formulasy ýokarda berildi.

Aňrybaş ýagdaýyň birinji topary (göteribilijilik ukyby) boýunça hasaplamalarda hasap bahalaryny $\alpha=0,95$ ynamly ähtimallykda kesgitleýärler we $t_{g\varphi I}$, c_I , ρ_I görnüşde aňladýarlar, aňrybaş ýagdaýyň ikinji topary (ýarsmalar) boýunça $\alpha=0,85$ kesgitleýärler we $t_{g\varphi II}$, c_{II} , ρ_{II} görnüşde aňladýarlar.

6. Teýgum massiwlerinde dartgynlygyň kesgitlenişi

6.1. Binýatlaryň we desgalaryň dabanynda dartgynlygyň kesgitlenişi

Teýgum massiwlerinde dartgynlygy kesgitlemek üçin jisimleriň gönüçyzykly-ýarsma nazarýetini ulanýarlar. Bu nazarýetiň görkezmeleri maýşgak ýagdaýda dartgynlyk bilen ýarsmanyň gönüçyzykly baglanşygyna esaslanandyr (Gukuň kanuny). Öň belleýşimiz ýaly teýgumlarda dartgynlygyň we ýarsmanyň arabaglanşygy çylşyrymlylygy bilen tapawutlanýar, diňe başlangyç golaýlaşdyrmada gönüçyzykly ýarsýan bitewi jisim hökümünde garalyp biliner. Şoňa görä amaly inženerlik hasaplarda teýgumlardaky dartgynlyk kesgitlenende bitewi gurşawyň ýarsma nazarýeti ulanylýar. Ýöne bu nazarýetiň deňlemeleri teýgumlar üçin şu şertlerde çäkli ulanarlydyr:

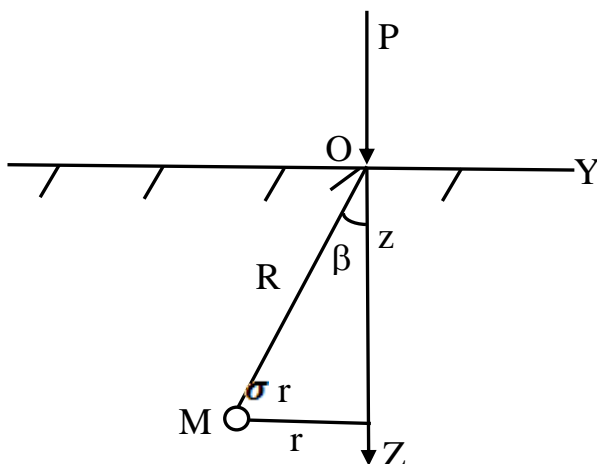
1) aňrybaş dartgynly ýagdaýly teýgumlar asla bolmaly däl, ýa-da iň kiçi göwrümi eýelemelidir; ýagny bu hili ýerde σ bilen s baglanşygy gönüçyzykly däl;

2) seredilýän göwrümde teýgumlary düzýän düzüjiler (fazalar) wagt dowamynda üýtgemeli däl, ýagny çözgütler teýgumlaryň başlangyç we ahyrky (durnuklaşan) statik ýagdaýyna jogap berýärler.

Giňişlik meselesinde dartgynlygyň kesgitlenişi

1. Bir ýere jemlenen güýjüň täsiri. Goý gyrađen we gönüçyzykly ýarsýan hasaplanýan ýarymginişlik bilen çäklenen tekizligiň bir nokadyna dikana perpendikulýar gönükdirilen jemlenen güýç täsir edýä diýeliň seredeliň. Bu giňişlikdäki dartgynlyklaryň ähli düzüjilerini σ_z , σ_x , σ_y we τ_{xy} , τ_{zx} , τ_{zy} , şeýle hem islendik nokadyň süýşmelerini S_x ,

S_y , S_z kesgitleliň. Bu mesele 1885ý. prof. J Bussinesko tarapyndan ilkinji sapar doly çözüldi.



24-nji surat. Bir ýere jemlenen güýjüň täsiri

R we β polýar ordinataly M nokady alýarys we σ_R dartgynlygy, soňra geçiş formulalaryň üsti bilen ýarymgiňişligiň tekizligi bilen parallel çäklenen meýdançadaky dartgynlyklaryň ähli düzüjilerini kesgitleýäris.

$\sigma_R \cos \beta$ göni proporsional, R^2 bolsa, ters proporsional diýip kabul edýäris.

Onda:

$$\sigma_R = B \frac{\cos \beta}{R^2}$$

bu ýerde:

B -deňagramlyk şertine görä kesgitleýän koeffisiýent. Deňagramlyk şerti şar üsti boýunça ýaýran içki we jemleýji P güýç bilen görkezilen daşky güýçleriň deňagramlygyndan düzülýär. Deňagramlyk şertinden:

$$B = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi};$$

Onda:

$$\sigma_R = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi R^2} \cdot \cos \beta$$

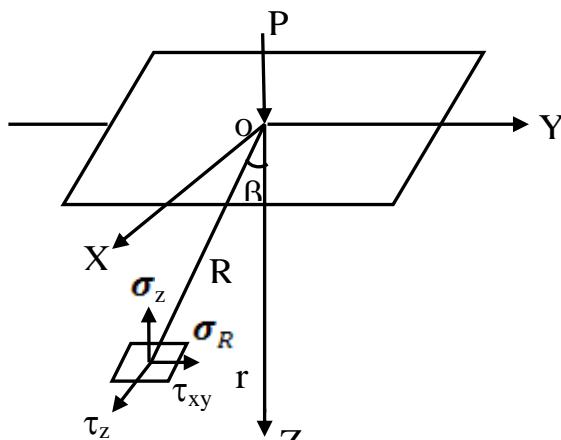
Radial dartgynlyklaryň ululygyny radiusa perpendikulýar meýdança däl-de, tekizligi parallel çäklendirýän we onuň bilen β burçy emele getirýän meýdança geçirsek, onda:

$$\sigma_R^1 = \sigma_R \cdot \cos \beta.$$

σ_R bahasyny we $\cos \beta = z/R$ ýerine goýup:

$$\sigma_R^1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi R^2} \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{z^2}{R^4}$$

Ýarymgiňişligiň tekizligini parallel çäklendirýän meýdançadaky dartgynlyklary kesgitleýin. σ_R^1 dartgynlygy 3 ugra Z (meýdança perpendikiulýär), X we Y (meýdançanyň tekizliginde) böleliň (25-nji surat).



25-nji surat. Dartgynlyklaryň oklar boýunça ýaýraýşy

Onda:

$$\sigma_z = \sigma_R^1 \cos(\sigma_R^1);$$

$$\tau_{zy} = \sigma_R^1 \cos(\sigma_R^1, Y);$$

$$\tau_{zx} = \sigma_R^1 \cos(\sigma_R^1, X).$$

Emma $\cos(\sigma_R^1 Z) = z/R$, $\cos(\sigma_R^1 \cos(\sigma_R^1 Y)) = y/R = z/R$ we $\cos(\sigma_R^1 X) = x/R$. Onda:

$$\sigma_z = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5};$$

$$\tau_{zy} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{yz^2}{R^5};$$

$$\tau_{zx} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{xz^2}{R^5}.$$

Gysyjy we süýşüriji dartgynlyklaryň ululyklary ýarymgiňişligiň maýyşgak hemişeliklerine bagly dældigini bellemeli. Süýşmeler şeýle kesgitlenýär:

$$S_z = \frac{P}{\pi \cdot c \cdot R}$$

bu ýerde:

$C = \frac{E}{1-\nu^2}$ - gönüçzykly ýarsýan ýarymgiňişligiň
koeffisiýenti (E-umumy ýarsma moduly,

-keseligine ýarsma koeffisiýenti-Puassonyň koeffisiýenti).

σ_z kesgitlenýän formulany giňden ulanar ýaly ýönekeýleşdirip, soňra tablisalar düzülýär. Ýagny:

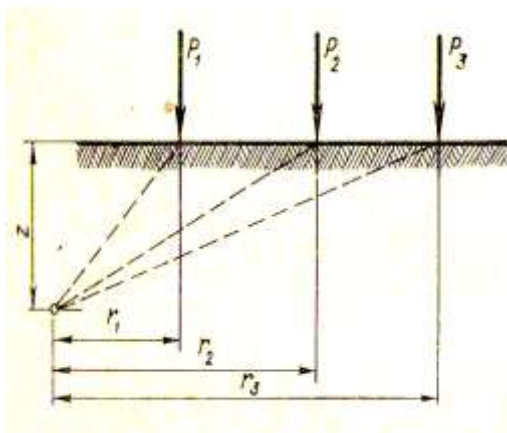
$$\sigma_z = K \cdot \frac{P}{z^2}$$

bu ýerde:

K – koeffisiýentiň bahasy tablisalarda r/z gatnaşygyna baglylykda berilýär.

Eger-de ýarymgiňişligiň üstüne birnäçe bir ýere jemlenen güýç täsir edýän bolsa, onda islendik nokatda dartgynlyk ähli güýçleriň täsirinden döreýän dartgynlyklaryň ýönekeý jemi hökmünde kesgitlenýär(26-njy surat):

$$r_z = K_1 \frac{P_1}{Z^2} + K_2 \frac{P_2}{Z^2} + K_3 \frac{P_3}{Z^2}$$



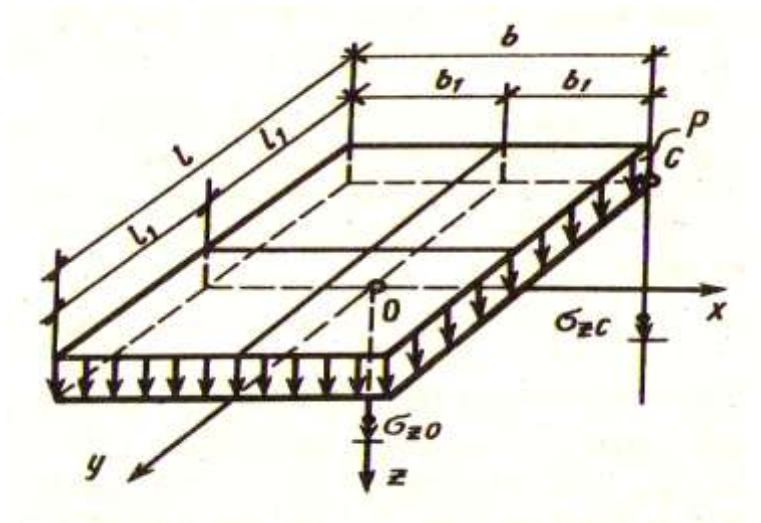
26-njy surat. Jemlenen birnäçe güýçleriň täsiriniň sehması

6.2. Deňýaýran basyşyň täsiri

Ýük basylan gönüburçlugyň merkezinde we burçlarynda ýatan nokatlar üçin çäkli çözgüt A.Lýaw tarapyndan 1935ý tapyldy. Basylan gönüburçlugyň burçky nokatlary üçin (27-nji surat) A.Lýawyň çüzgüdiň seredeliň (Bussineskonyň çüzgüdiňe esaslanyp alnan):

$$\sigma_{zi} = \frac{P}{2\pi} \left[\frac{l \cdot b \cdot z}{D} \cdot \frac{l^2 + b^2 + 2z^2}{D^2 z^2 + l^2 b^2} + \arcsin \left(\frac{l \cdot b}{\sqrt{l^2 + z^2} \cdot \sqrt{b^2 + z^2}} \right) \right]$$

$$\left(D/2 \right) = l^2 + b^2 + z^2 = R^2$$



27-nji surat. Deňýaýran ýüküň täsiri

Basylan gönüburçlugyň merkezindäki dartgynlyk σ_z şuna meňzeş kesgitlenýär.

TGN 2.02.07-98 tablisalary boýunça kesgitlenýän burçky koeffisiýentleri girizip, tapylan çözgüdi ýönekeýleşdirip bolar.

Onda gysyjy dartgynlyk $\sigma_{zc} = K_c \cdot P$ basylan gönüburçlugyň burçlaryndaky we merkezindäki dartgynlyk bolsa, şu formula bilen kesgitlenýär:

$$\sigma_{zo} = K_0 \cdot P$$

bu ýerde:

K_c we K_0 -burçky koeffisiýentler;
P- deňýaýran basyşyň ululygy.
 K_c we K_0 koeffisiýentler TGN 2.02.07-98 boýunça $^{2z}/b$ we
 l/b gatnaşyklara görä kesgitlenýär.

Ýerli deň ýaýraýan basyşyň täsiri

Eger birmeňzeş (izotop) gönüçyzykly ýarsýan ýarymgiňişligiň üstüne ýükiň ýaýraýyş kanuny belli bolsa, onda ýönekeý jemlemäni integrirleme bilen çalşyp bolar. Integrirlemeden soň gönüçyzykly meýdan boýunça deň ýaýran ýükiň merkezdäki σ_z bahasy $\sigma_z = \alpha \cdot P$ deň:
bu ýerde:

α -koeffisiýent (tablisa boýunça alynýar);

P- deňýaýraýan basyş.

Z çuňlukda ýükli meýdanyň merkezinde α bahasy
 $\eta = b/l$ we $\zeta = ^{2z}/b$ baglylykda tablisadan tapylýar, bu

ýerde:

l-gönüburçlygyň uzyn tarapy;

b-onuň ini.

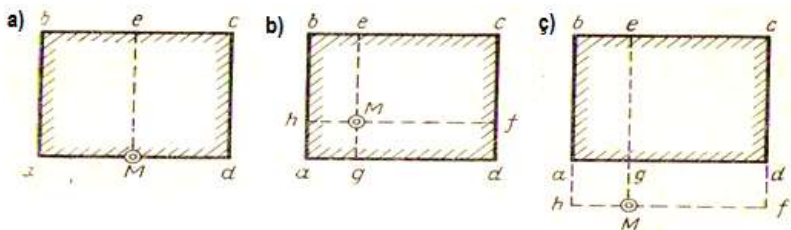
Burçky nokatlardaky dartgynlyk şu formula bilen tapylýar:

$$\sigma_z = 0.25\alpha \cdot P.$$

Burçky koeffisiýentleri ulanyp, ýük basylan gönüburçlugyň islendik nokady üçin gysyjy dartgynlyklary

kesgitlemek mümkin. Bu usul **burçky nokatlar usuly** diýip atlandyrylýar. Onuň manysy, ýükli meýdan şeýle gönüburçluklara, ýagny seredilýän nokat onuň burçuna düşer ýaly edilip bölünýär. Onda bu nokatda gysyjy dartgynlyk gönüburçly meýdanyň dartgynlyklarynyň algebraik jemine deňdir. Seredilýän nokat bolsa, ol gönüburçlugyň burçunda ýerleşýär (28-nji surat).

Burçky nokatlar usulynyň ulanyşynyň 3 ýagdaýyna seredeliň:



28-nji surat. Burçky nokatlar usulynyň ulanyşynyň 3 ýagdaýy

- a) M nokat daşky basyş gönüburçlugynyň gyrasynda ýerleşýär:

$$\sigma_z = (K_{Mabe} + K_{Mecd}) \cdot P;$$

- b) M nokat basylyan gönüburçlugyň içinde ýerleşýär:

$$\sigma_z = (K_{Mhbe} + K_{Mhag} + K_{Mecf} + K_{Mfdg}) \cdot P;$$

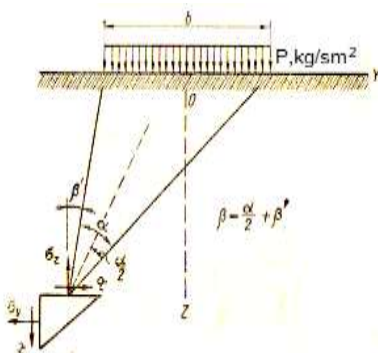
- ç) M nokat basyş gönüburçlugynyň daşynda ýerleşýär:

$$\sigma_z = (K_{Mhbe} + K_{Mecf} - K_{Mhag} + K_{Mgdf}) \cdot P$$

Tekiz meselede dartgynylygyň kesgitlenşi

Eger dartgynylyklar bir tekizlikde ýaýrap, oňa perpendikulýar ugurda bolsa nula deň ýa-da hemişelik bolsalar, onda şu şerte tekiz mesele diýilýär. Şu hili şertlerde bir ugra uzalyp gidýän desgalar (tasma görnüşli binýatlar), söýgöt diwarlary, gaçylar, galdyrylan ýollar we ş.m. desgalar degişlidir. Tekiz meselesi çyzykly ýarsýan jisimler üçin N.M.Gersewanowyň, N.P. Puzyrewskiniň, Prandtlýň işlerinde özleşdirilendir.

Biz iş ýüzünde ýygy-ýygydan gabat gelýän çözgitlere seredeliň. Bu meseläniň çözgüdinde σ_z, σ_y, τ . dartgynylyklaryň dürli görnüşli günüçzykly ösýän basyşlardaky bahalarynyň kesgitlenişi berilýär.



29-njy surat. Tekiz meselede deň ýaýraýan basyş

Tekiz mesele şertlerde deň ýaýraýan basyşyň täsiri aşakdaky çyzgytda görkezilýär (29-njy surat).

Bu suratda α - görünme burçy; $\beta = \frac{\alpha}{2} + \beta^1$

Onda:

$$\sigma_z = \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta);$$

$$\sigma_y = \frac{P}{\pi} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos 2\beta);$$

$$\tau = \frac{P}{\pi} (\sin \alpha \cdot \sin 2\beta).$$

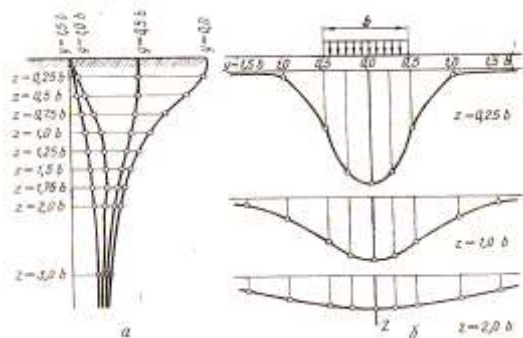
Şu formulalaryň esasynda tablisalary düzüp, hasaby ýönekeýleşdirip bolýar:

$$\sigma_z = K_z \cdot P; \quad \sigma_y = K_y \cdot P; \quad \tau = K_{y2} \cdot P$$

Bu koeffisiýentleriň bahalary z/b we y/b otnositel

(deňeşdirme) koordinatlaryň gatnaşygyna görä TGN-iň tablisalarynda ýa-da N.A.Sytowiçin (1983) kitabynda berilýär.

Şu tablisalaryň esasynda teýgum toplumynyň dik we kese kesimlerinde dartgynlyklaryň ýaýraýşynyň epýuryny gurup bolýar (30-njy surat):



30-njy surat. Dik we kese kesimlerde dartgynlygyň ýaýraýşynyň epýury

Bu epýurlaryň esasynda dik gysyjy dartgynlyklar üçin deň galtaşma dartgynlyklaryň egri çyzygyny- izobarlary; deň kese dartgynlyklaryň-böwüsmeleri we deň galtaşma dartgynlyklaryň (süýşmeleri) gurup bolýar.

Tekizlik meselesi ýagdaýda dik gysyjy dartgynlyklar 0,1P-den uly bolanda 6 b (inedördül basyş meýdanynda- 4b) çuňluga ýaýraýarlar. Böwüsme meýdanlary gyradan 2b aralyga ýaýraýar. Iň uly (0,3P) süýşüriji dartgynlyklar basyş meýdanynyň gyrasynda jemlenýärler, binýadyň okunda bolsa, olar O deňdir.

Jaý-desgalaryň teýkarlary taslananda baş dartgynlygy kesgitlemek zerurlygy ýüze çykýar. Baş meýdançalar basyşyň dik simmetriýa okunda ýerleşýärler, sebäbi

$$\beta^1 = -\alpha/2, \quad \text{onda} \quad \beta = \alpha/2 - \alpha/2 = 0; \quad \tau = 0.$$

Şuňa meňzeş edip, baş meýdançalaryň görünme burçunyň bissektirisasynda we oňa pependikulýar meýdançada ýerleşýändigini hem görkezip bolýar.

Eger $\beta = 0$ onda:

$$\sigma_1 = \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha);$$

$$\sigma_3 = \frac{P}{\pi} (\alpha - \sin \alpha);$$

$$\tau = 0$$

Bu formulalar gönüçyzykly ýarsýan ýarymgiňişligiň dürli nokatlary üçin baş dartgynlyklaryň ellipsini gurmaga mümkinçilik berýärler.

6.3. Binýadyň dabanynda dartgynlygyň kesgitlenişi (kontakt ýa-da galtaşma meselesi)

Binýat pürslerde, epilyň binýatlarda hasaplaýyş epilme momentleri we kese güýçleri kesgitlemek üçin garaw (reakriw) ýa-da galtaşma (kontakt) basyşyny kesgitlemeli bolýar.

Bu meseläni çözmek üçin başlangyç deňleme bolup jemlenen güýjüň täsirinden dik ýarsma S_z kesgitlenýän Bussineskonyň formulasy hyzmat edýär:

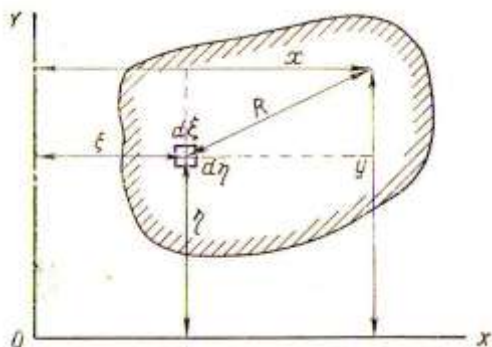
$$S_z = \frac{P}{\pi C_o R}$$

Islandik meýdança üçin (31-nji surat):

$$S_z = \frac{1}{\pi \cdot C_o} \iint_A \frac{P(\xi, \eta) d\xi \cdot d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}}$$

bu ýerde:

A-integrirleme geçirilýän basyş meýdany.



31-nji surat. Erkin görnüşli meýdanyň basyşynyň sehması

Absolýut gaty meýdanyň hemme nokatlary dikligine deň ýarsýarlar. Tegelek absolýut gaty binýat üçin ýokarky formula şu görnüşe gelýär:

$$p_{xy} = \frac{P_m}{2\sqrt{1 - \left(\frac{\rho}{r}\right)^2}}$$

bu ýerde:

r - binýadyň dabanyň radiusy;

ρ -dabanyň merkezinden dürli nokada çenli aralyk;

P_m -binýadyň birlik meýdanyna düşýän orta basyş.

Tekizlik meselesi üçin:

$$P_{xy} = \frac{2P_m}{\pi\sqrt{1 - \left(\frac{y}{b_1}\right)^2}};$$

bu ýerde:

y -binýadyň merkezinden seredilýän nokada çenli kese aralygy;

b_1 -binýadyň ýarym ini.

Şu formulalaryň esasynda absolýut gaty binýadyň dabany boýunça kontakt basyşyň epýrny gurmak bolar (32-nji a surat).

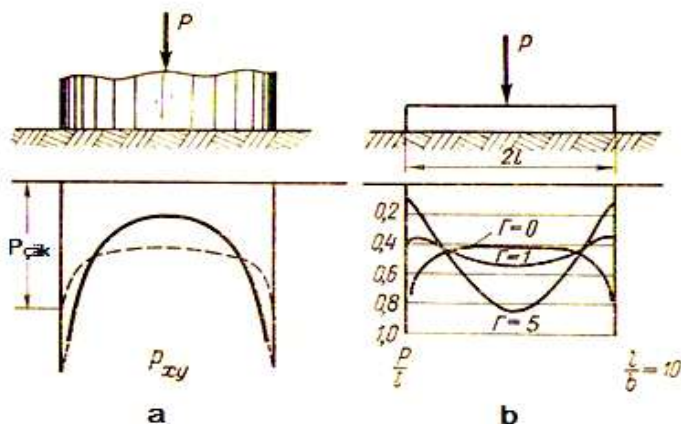
$$\rho = r, \quad y = b_1 \quad \text{bolanda} \quad P_{xy} = \infty$$

Tegelek dabanly binýadyň merkezi simmetriýa oky boýunça:

$$P_0 = P_m/2;$$

tasma binýatlarda:

$$P_0 = 2 P_m/\pi$$



32-nji surat. Galtaşma basyşlaryň epýury

a-apsolýut gaty biýadyň dabanynda; b-dürli epijilikli biýadyň dabanynda

Teýgumyň gury dykzlygyny hasaba alyp (N.H.Arutunýan) we umumy ýarsma modulynyň çuňluga görä artyşy (Ý.K. Zareskiý) hasaba alnyp ýerine ýetirilen çözügütler gaty binýatlaryň dabanynda kontakt basyşlaryň has giň ýaýraw egri çyzyk görnüşindedigini görkezýär. Ondan başga-da binýadyň dabanyň gyrasynda kontakt basyş teýgumynyň görteribilijilik ykybynyň çäginde uly bolup bilmez, uly bolanda basyşy daban boýunça (32-nji a surat) ýaýradýar (punktir çyzyk). Gaty binýatlarda bu hili dartgynlyklaryň jemlenmegi dabanyndan uly bolmadyk çuňluga täsir edýär. Şonuň üçin gaty binýadyň çökmesi epilýän binýatdan az-owlak

tapawutlanýar. Kontakt basyşyň ýaýraýşy binýadyň epilmesine E göni baglydyr (32-nji b surat). M.I. Gorbunow- Posadow boýunça E:

$$\Gamma = \frac{\pi E l^3 b (1 - \nu)^2}{4 (1 - \nu)^2 E_1 l_1} \approx 10 \frac{E l^3}{E_1 h_1^3}$$

Bu ýerde:

E_1 , ν -umumy ýarsma moduly we gapdal giňelme koeffisiýenti;

E_1 – binýadyň materialynyň ýarsma moduly;

l - binýat pürsüniň ýarym ini;

h_1 we l_1 - gönüburçly binýat pürsüň beýikligi we ini .

Ýokarky suratda (32-nji b surat) dürli epilmede (Γ) kontakt basyşyň ýaýraýşy görkezilen.

Kontakt basyşyň ýaýraýşy diňe binýadyň epilmesine bagly bolman binýadyň çuňlugyna, daşky basyşa we teýkardaky teýgumyň berklik häsiýetlerine hem baglydyr.

6.4. Teýgumyň öz agramyndan döreýän dartgynlygyň kesgitlenşi

Teýgum we täze gum üýşürilen desgalaryň tebigy dykyzlyk derejesine baha berlende teýgumyň öz agramyndan döreýän dartgynlyk (ýa-da tebigy basyş) kesgitlenýär.

Teýgumyň kese tygasy boýunça öz agramyndan döreýän dartgynlyk çuňluga görä artýar:

$$\sigma_{zq} = \int_0^z \gamma dz; \quad \sigma_{xq} = \sigma_{yq} = \zeta \sigma_{zq}; \quad \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0.$$

bu ýerde:

$\varsigma = v / (1 - v)$ – gapdal basyş koeffisiýenti;

γ - teýgumyň udel agramy;

$$\gamma = \rho \cdot g \approx 10\rho.$$

Hemişelik udel agramda:

$$\sigma_{zq} = \gamma \cdot Z$$

Erkin suwly doýgun teýgum üçin:

$$\sigma_{zq} = \gamma_{sb} \cdot Z$$

bu ýerde:

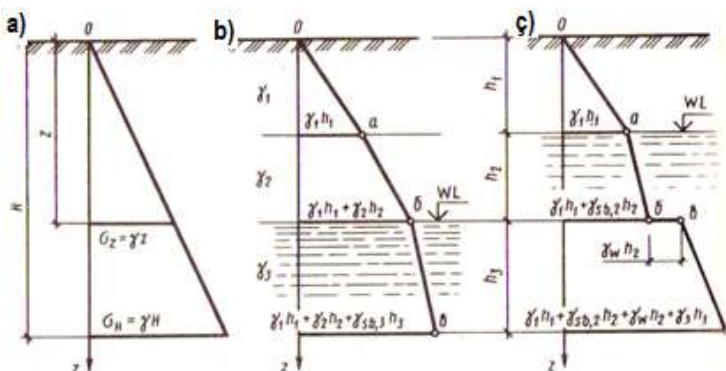
γ_{sb} – suwuň gaýdyrmak häýeti hasaba alnan teýgumyň udel agramy.

$$\rho_u = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e};$$

$$\rho_w = \frac{1,0g}{sm};$$

$$\gamma_{sb} = \rho_u \cdot g = 10\rho_u.$$

Teýgumyň agramyndan döreýän dik basyşlaryň ýaýraýşynyň epýurlary 33-nji suratda görkezilýär:



33-nji surat. σ_{zq} epýurlary

a) gyrađen (birmeňzeş) teýgum:

$$\sigma_{zq} = \gamma \cdot z$$

b) ýeriň üstünden h_1 çuňlukda ýerasty suwlary ýerleşende:

$$\sigma_{zq} = \gamma \cdot h_1 + \gamma_{sb} \cdot h_2$$

ç) $h_1 + h_2$ çuňlukda suwabent gatlak ýerleşende :

$$\sigma_{zq} = \gamma \cdot h_1 + \gamma_{sb} \cdot z_2 + \gamma_{sb} \cdot h_3$$

7. Teýgum massiwleriniň berkligi, durnuklylygy we söýget desgalaryna teýgumlaryň basyşy

7.1. Soragyň ähmiýeti

Aňrybaş dartgynly ýagdaý diýlip, haçanda güýjýň täsiriniň sähelçe artmagy zerarly ýa-da teýgumyň berkliginiň azajyk peselmegi zerarly tebigy deňagramlylygyň bozulmak mümkinçiligine aýdylýar.

Aňrybaş dartgynly ýagdaýa ýetilen şertlerde:

a) teýgumyň binýadyň aşagyndan bir gapdala çogup çykmagy mümkin;

b) teýgumlaryň ýapydan, eňnitden süýşüp gitmegi mümkin;

ç) desgany saklap duran direg desgalarynyň süýşmegi mümkin.

Şu sebäplere görä teýgumlara düşýän, düşürip boljak aňrybaş basyşyň çäginı bilmek şol teýgumlaryň deňagramly ýagdaýyny saklamaga mümkinçilik berýär.

Şeýle mesele Kulon, Kurdýumow, Sokolowskiý, Mor tarapyndan işlenip çözülen.

Hemme taraplaýyn basyş hakda düşünje

Teýgumlaryň üçokly gysma synaglarynda hemmetaraplaýyn basyşlar (P_1 we P_3) σ_1 we σ_3 baş dartgynlyklary döredýärler. Bu dartgynlyklar stabilometr atly hemmetaraplaýyn basyş berýän abzalda öwrenilýär. Bu abzalda P_1 dik basyşy kem-kemden artdyryp teýgumyň ýapgyt tekizlik boýunça süýşmegini ýa-da onuň beýikligini azaldyp gapdala süýşmegini (maşşarmagyny) gazanyp bolýar. Eger-de şol teýgumyň bir bölegini 3 gyraňly prizma görnüşli alsak, onda iki özara dikana taraplara σ_1 we σ_3 baş dartgynlyklar täsir edýärler. σ_1 baş dartgynlykdan α burç tapawutly tekizlige R dartgynlyk täsir edýär. Bu dartgynlyk tekizlige dikan düşýän σ_n dartgynlykdan θ burça gysarýar. Bu burçuň bahasy $\alpha = 0 - 90^\circ$ arasynda ilki 0-dan θ_{max} çenli artýar, soňra ýenede 0-a çenli azalýar.

Baglanşykly teýgumlarda baglanyşyk basyşy hemmetaraplaýyn gysyş güýji ýaly seredilýär:

$$(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3 + P_e)$$

bu ýerde:

P_e – baglanyşyk basyşy.

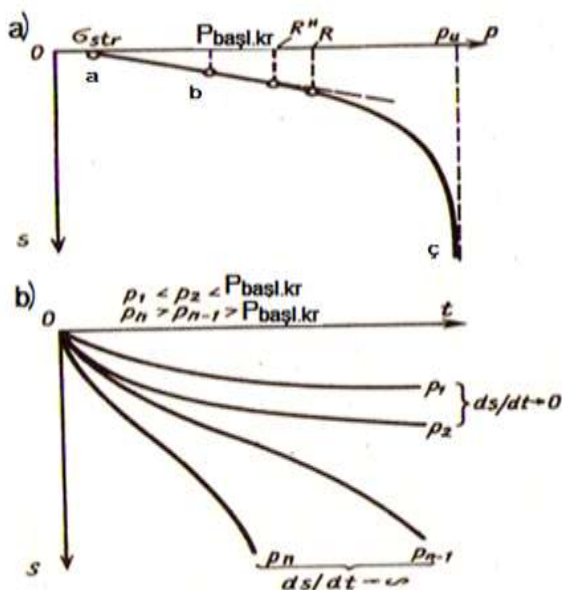
Materiallaryň garşylygynda:

$$(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3) = \sin \theta_{\max} \quad \text{belli.}$$

Çägesow teýgumlarda $\theta_{\max} = \varphi$.

7.2. Teýgumlaryň desgalaryň teýkarynda durnuklylygy

Teýgumda aňyrbaş dartgynly ýagdaýyň ösmegi



34-nji surat. Teýgumyň dartgynlygy ýagdaýynyň tapgyrlary

Goý struktur berklikli teýgumyň üstüne N basyşly gaty şamp goýlan. Bu basyşyň täsirinde teýgum massiwinde süýşmeler döreýär, olar teýkara basyşyň artmagy bilen artýar. Goşmaça basyşyň (öň diňe öz agramyndan döreýän tebigy basyş) ösmegi bilen teýgum ýarsýar. 34-nji suratda bu ýarsma şampyň çökmesi S egri çyzyk görnüşinde görkezilýär.

Bu egri çyzykly birnäçe tapgyrlar (fazalar) bar.

Birinji tapgyrda– fazada Oa –dartgynlyk teýgumyň struktur berkligidinden ýokary geçmeýär; ýagny bu ýerde maýyşgak ýarsmalar bolup geçýär. Şol bir wadtda-da binýadyň (gaty şampyň) gyralarynda dykyzlanma we çökme bolmagy

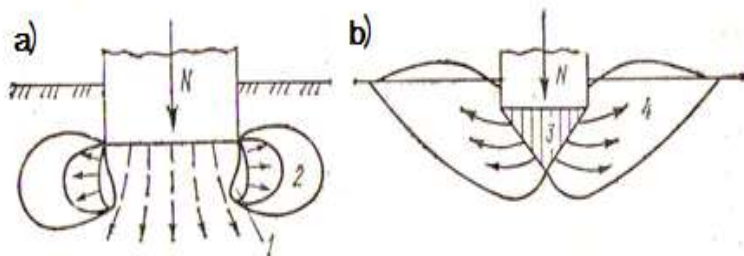
mümkün, emma ol togtayan süýşme görnüşinde. Bu faza **maýýşgak ýarsma fazasy** diýilýär.

ab fazada $P \geq P_{str}$. Ýük teýgumyň struktur berkligidinden az-owlak artyk. Dykyzlanma diňe binýadyň degip duran ýerinde bolýar. Ýük artsa, dykyzlanma has uly zolakda ýaýbaňlanýar, gyrada maýýşgak däl – süýgeşik ýarsmalar, ýagny ýerli süýşmeler döreýär. Bu faza **dykyzlanma we ýerli süýşmeler fazasy** diýilýär.

bç faza—güýjeýän ýerli süýşmeler we süýgeşik ýarsmalar fazasy diýilýär.

Ondan soň **N** basyşyň artyp, belli bir ululygynda **çogmalar zolagy** döreýär.

Garty binýadyň (şampyň) gyalarynda dartgynlygyň bir ýere toplanşy (konsnsolidasiýasy) bolup geçýär.



35-nji surat. Teýgumyň ýarsmalarynyň ösüşiniň shemasy

a-süýşme zolaklar dörande; b-binýadyň astyndan teýgum böwsende

Uly möçberli dik ýükleriň dartgynlyklary şampyň gyalarynyň aşagynda aňyrbaş dartgynly ýagdaýyň kiçeňräk zolaklaryny (35-nji surat, a) döredýär. Bu zolakda süýgeşik ýarsmalar (süýşmeler) ösýärler. **N** ýüküň artyşyna görä bu zolaklar ulalýar. Emma onuň ösmegine teýgumlaryň gapdala

süýşme garşylygy päsgel berýär, ol teýgumlar 2 zolakda dykyzlanýarlar. Bu garlyşyk (пассивный отпор грунтов) belli bir çäge çenli artyň, süýşme zolaklaryň ösmegini peseldýär. Şol sebäpli **ab** egrini göni diýip alyp, maýuşgaklyk nazaryýetini ulanmak mümkin.

Süýşmeler ýeterlik ösen zolagynda maýuşgaklyk we süýgeşiklik nazaryetleriniň garyşyk nazaryetini ulanmaly.

Esasy zat – ýarsma zolaklaryny hasaba alamakdyr.

(1) we (2) zolaklar bileleşende şampyň aşagynda dykyzlaşan ýadro (3) döreýär, ýük artyberse (4) zolakda üznüksiz typmalar döreýär we teýkardaky teýgumyň durnuklylygy ýityýär (35-nji surat, b).

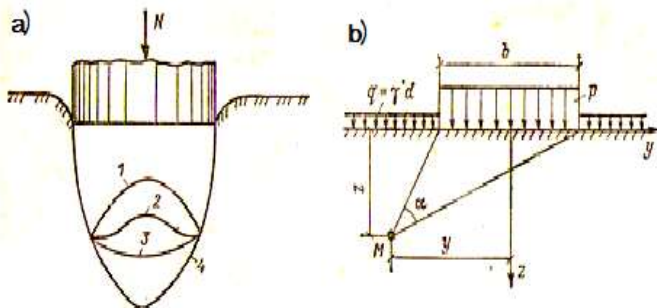
Bu ýerde mesele: haýsy ýükde (basyşda) teýkardaky teýgumlaryň durnuklylygynyň ýityänligini kesgitlemekden ybarat.

7.3. Teýkardaky teýgumlara düşýän kritiki (howply) basyşlar

Binýatasty döreýän garawly (reaktiw) basyşlar ilkişada aeriň şekiline meňzeş (36-njy surat, a) bolsa (1), basyşyň artmagy

bilen soňra kem-kemden gönelyär we parabola meňzeş görnüşe geçýär (4).

Teýkaryň her nokadynda garawly basyşy takyk kesgitlemek juda kyn, şol sebäpli teýkara düşýän basyşy merkezi ýükde deňýaýaran diýilip alynýar.



36-njy surat. Gaty tegelek şampyň dabanynda teýgumyň garawly basyşynyň eýýurynyň sypatynyň üýtgewiniň we zolaklaýyn basyşyň shemalary

Goý tükeniksiz zolagyň çäginde **P** basyş, gyalarynda bolsa dik ýük $\gamma^1 \cdot d$ täsir edýär diýeliň (36-njy surat b), onda baş dartgynlyklar ähli ugurda

$$\sigma_{g1} = \sigma_{g2} = \sigma_{g3} = \gamma^1 \cdot d + \gamma \cdot z$$

bu ýerde:

γ^1 we γ - binýadyň düýbünden ýokardaky we aşakdaky teýgumlaryň udel agramy;

z-çuňluk;

d-binýadyň dabanyň ýerleşen çuňlugy.

M nokatda aňrybaş dartgynly ýagdaýyň döremek şertine seredeliň. Onuň üçin baş dartgynlyklaryň deňlemelerini ýazalyň:

$$\sigma_1 = \frac{(P - \gamma^1 \cdot d)(\alpha + \sin \alpha)}{\pi} + \gamma^1 \cdot d + \gamma \cdot z$$

$$\sigma_3 = \frac{(P - \gamma^1 \cdot d)(\alpha - \sin \alpha)}{\pi} + \gamma^1 \cdot d + \gamma \cdot z$$

σ_1 we σ_3 bahalaryny $\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3 + 2P_e)} = \sin \varphi$ deňlemä goýalyň we $P_e = c \cdot \text{ctg} \varphi$ hasaba alalyň.

Onda:

$$z = \frac{P - \gamma^1 \cdot d}{\pi \gamma} \left(\frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} - \alpha \right) - \frac{c}{\gamma} \text{ctg} \varphi - d$$

Aňrybaş dartgynly ýagdaýyň ösýän zolaklarynyň Z_{\max} çuňluga ýetende kritiki basyş şeýle kesgitlenýär:

$$P_{kp.başl} = \frac{\pi(\gamma \cdot z_{maks} + \gamma^1 \cdot d + c \cdot \text{ctg} \varphi)}{\text{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma^1 \cdot d$$

Ideal bagly teýgumlar üçin ($\varphi \approx 0$; $c \neq 0$) $P_{kp.başl}$ basyşy kesgitlemek örän aňsat. Bu teýgumlaryň aňrybaş deňagramlylyk şertleri şeýle:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \leq c$$

Onda: $\sigma_1 - \sigma_3 \leq 2c$

Bu aňlatmany baş dartgynlyklaryň formulasyna goýup, $z=0$ üçin aşadaky deňlemäni alýarys:

$$\frac{P - \gamma \cdot d}{\pi \gamma} \cdot \sin \alpha = c$$

Bu aňladma $\sin \alpha = 1$ bolanda aňrybaş deňagramly ýagdaý binýadyň gýralarynda döräp başlanda in uly baha eýedir:

$$P_{kp.başl} = \pi \cdot c + \gamma \cdot h$$

Bu formula kiçi içki sürtülme buruçly ($\varphi \leq 5 - 7^\circ$) toýunsow teýgumlaryň nusgawy (howpsuz) basyşyny kesgitlemek üçin ýygy-ýygydan ulanylýar.

Iş ýüzünde başgaça ýörite hasaplanan usul we kömekçi formulalar ulanylyýar:

$$P_{kp.başl} = M_\gamma \cdot \gamma \cdot b + M_q \cdot \gamma^1 \cdot d + M_c \cdot c$$

bu ýerde:

$$M_\gamma = \frac{0.25 \pi}{ctg \varphi + \varphi - \pi/2};$$

$$M_q = \frac{\pi}{ctg \varphi + \varphi - \pi/2} + 1;$$

$$M_c = \frac{\pi \cdot ctg \varphi}{ctg \varphi + \varphi - \pi/2}.$$

bu ýerde:

M_γ , M_q , M_c – teýgumyň göteribilijilik koeffisiýentleri, olar φ görä berlen tablislerden alynýar.

Umuman alanynda $P_{kp.başl}$ basyş $Z_{\max} = 0$, ýagny binýadyň dabanyň teýkara galtaşýan ýerinde bolýar, beýleki nokatlarda aňrybaş deňagramlylyga ýetilmeýär, şol sebäpli bu ýüke $P_{kp.başl} = P_{\text{howpsuz}}$ howpsyz basyş hem diýilýär.

Howupsyz basyşlaryň san bahalary gurluşyk normalarynyň nusgawy tablisalaryndan alynýar.

Teýgumyň hasaplanýş garşylygyny (R) islendik desga üçin binýatlaryň kysymyna garamazdan TGN-e görä şeýle formula bilen kesgitläp bolýar:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} [M_y \cdot K_z \cdot b \cdot \rho_2 + M_q \cdot d \cdot \rho_1 + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \rho_2 + M_c \cdot c]$$

bu ýerde:

γ_{c1} we γ_{c2} - desga täsir edýän şerte bagly koeffisiýentler (tablisadan alynýar);

K – teýgumyň ygtybarlygyna bagly koeffisiýent;

M_y , M_q , M_c – teýgumyň içki sürtülme burçuna bagly koeffisiýentler (tablisadan alynýar);

b- binýadyň ini;

$K_z=1$ (eger $b < 10m$ bolsa);

ρ_2 - binýadyň dabanyndan aşakda 0,5 b çuňlukda ýerleşen teýgumyň dykzylygynyň orta bahasy;

ρ_1 - binýadyň dabanyndan ýokarda ýatan teýgumlaryň orta dykzylygy;

c - binýadyň dabanynda galtaşyp duran teýgumyň udel iňişmesiniň hasabaalýş bahasy;

d – binýadyň gurulmaly çuňlugy (ýerzeminizsiz jaýlar üçin);

d_b – ýerzeminin çuňlugy (eger ýerzemin ýok bolsa, $d_b=0$).

Teýguma düşýän aňrybaş çäk basyşlar

Binýadyň aşagyndaky teýgumlarda dartgynlyk zerarly döreýän süýşme zolaklarda teýgumlar süýşýärler, köplenç ýokary

süýşüp çogup çykyar. Bu ýerde haýsy basyşyň aňrybaş çäk dartgyna ýetýänligini bilmek zerur.

Bu basyş $\sigma_3 = \gamma^1 \cdot d$ şertde (ýagny ýüküň töweregindäki giňişlikde şeýle bolsa):

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_3}{tg^2(45^\circ - \varphi/2)} = \gamma^1 \cdot d \cdot tg^2(45^\circ + \varphi/2)$$

Şeýlelik bilen ýarsma zolagynda:

$$\sigma_x = \sigma_y = \zeta \cdot \sigma_1$$

Çägelerde bu formula 10 esse köp şawlik berýär.

Çäk basyş şeýle hasaplanýar:

$$P_n = N_\gamma \cdot \gamma \cdot \frac{b}{2} + N_q \cdot \gamma^1 \cdot d + N_c \cdot c$$

bu ýerde:

N_γ, N_q, N_c – görkezijiler tablisalarndan alynýar.

Howpsuz dartgynlykdan başga ýol bererli we çäk dartgynlyklar hem ulanylýar.

Ýol bererli dartgynlyk – teýgumda bozulmalar döredýän (emma binýadyň suduryndan daşary çäklerde döredýän) dartgynlyklardyr.

Aňrybaş dargynlyk – teýgumyň çydap bilýän ýük görterijiligidir. Eger ýük şu çäkden geçse, teýgum binýadyň gapdaly bilen süýşüp çogýar.

7.4. Teýgumlaryň eňňit ýapylarda durnuklylygy

Ýapylaryň süýşmeginiň esasy sebäpleri şulardan ybaratdyr:

1) ýapylarda tebigy diregiň aýrylmagy (ýapynyň aşak çetinde garym, çukur, karýer gazylmagy, kertilmeği) netijesinde;

2) ýapyň üstüne düşýän ýüküň artmagy (ýapyň üstünde ýa-da ýokarsynda desga ýa-da jaý salynmagy) zerarly;

3) ýol berilmesiz dik ýapynyň ýasalmagy netijesinde;

4) teýgumlaryň dykyzlygynyň artmagy (çyglylygyň artmagy) sebäpli;

5) ýapynyň aşak çetinden ýerasty suwlaryň çeşmesiniň çykmagy we teýgumlaryň agramynyň kemelmegi;

6) teýgumlardaky ilişmäniň çyglylyk zerarly azalmagy;

7) ýapynyň gapdalynda döreýän saragynlaryň täsiri.

Adaty şertlerde ýapynyň durnuklylygynyň bozulmagy birnäçe sebäp bilen bagly bolýar.

Diňe sürtülmä garsylyk güýji bolan teýgumlardan düzülen ýapylaryň durnuklylygy

Eger hakyky ürgün teýgumy A teýguma F agyrlyk güýji täsir edýär (37-nji surat a). Şol güýji eňňitlige dikana N güýje we ýapy bilen ugurdaş T güýje dagydyp bilýäris. Bu teýguma agzalanlardan başga T^I sürtülme güýji täsir edýär. Eňňitli ýapynyň durnuklylygyny saklamak üçin süýşüriji güýçlerden sürtülme güýçleri artyk bolmalydyr.

Eger ýapynyň aşaky böleginde ýarasty suwlaryň çykuwy bar bolsa, onda eňňitligiň durnuklylygy düýpgöter peselýär (37-nji surat b).

Käte bu buruç tebigy ýapynyň eňňitlik burçy diýip atlandyrylýar. Taslamalarda şeýle formula ulanylýar:

$$K_n \operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \varphi$$

bu ýerde:

K_n – ygtybarlylyk koeffisiýenti, adatça $K_n = 1,1 \dots 1,2$ aralykda alynýar. K_n alnanda ýapynyň durnuklylygyny kemeldýän şertler hökman göz önünde (mysal üçin ýapynyň düýbünden çeşmäniň çykmagy) tutulmalydyr.

Eger ýapynyň ýüzünden çeşme çyksa, peseliş egrä galtaşýan ugurda gidrodinamik basyş (D) döreýär:

$$D = \gamma_w^{\text{dyn}} \cdot n \cdot I$$

bu ýerde:

γ_w^{dyn} – suwuň udel agramy;
 n – teýgumyň öýjükliligi,
 I – dyňzaw gradienti.

D we F güýçleriň deňýaýraýjysy R güýç F güýçden β burça gyşarýar. Durnuklylyk bu ýerde:

$$K_n \operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg}(\varphi - \beta)$$

Diňe ilişmesi bolan teýgumlaryň eňňitde durnuklylygy

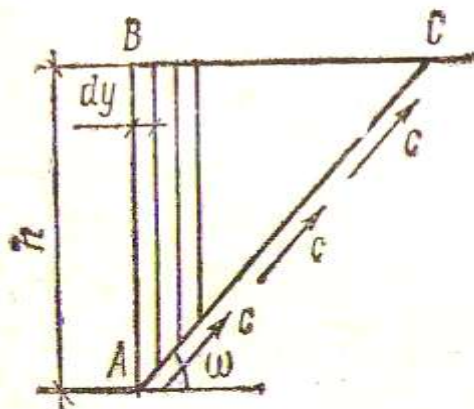
Toýunsow teýgumlaryň köplenç kiçi mukdarda sürtülme buruçlary bolýar, emma olaryň çägelerde bolmaýan ilişmesi bolýar. Ilişmäniň bolmagy toýunlara dike golaý kert ýapylaryň durnuklylygyny saklamaga mümkinçilik berýär.

Gurluşykda köplenç şeýle sorag ýüze çykýar: uly çukury, hendeği ýa-da karýeri näçe çuňluga çenli diwaryny berkitmän dikliligine gazyp boljak?

Süýşüriji güýçler $dT = \gamma \cdot h \cdot \sin \omega \cdot dy$ ilişme güçleri

$$dT^1 = \frac{c}{\cos \omega} \cdot dy$$

Toýunsow teýgumlardan düzülen eňňitleriň durnuklylygyna seredeliň (38-nji surat.)



38-nji surat. Diňe ilişmesi bolan teýgumlaryň eňňitde durnuklylygy ($\varphi = 0$)

Olarda ygtybarlyk koeffisiýenti şeýle kesgitlenýär:

$$K_n = \frac{dT^1}{dT} = \frac{c \cdot dy}{\sin \omega \cdot \cos \omega \cdot \gamma \cdot h \cdot dy} = \frac{2c}{\gamma \cdot h \cdot \sin 2\omega}$$

Iň pes durnuklylyk ýa-da iň az ygtybarlylyk (K_n) $\sin 2\omega = 1$ ýa-da $\omega = 45^\circ$ bolanda bolýar. Onda aňryçäk deňagramlylyk şertde ($K_n = 1$) dik ýapynyň beýikligi (h) şu formula bilen kesgitlenýär:

$$h = \frac{2c}{\gamma}$$

Eger ygtybarlyk zerur bolsa, onda $h = \frac{2c}{\gamma \cdot K_n}$

***Eňňidiň durnuklylygyny kesgitlemegiň usullary.
Maslowyň usuly***

Eňňit ýapylaryň durnuklylygy Sokolowskiniň işlerinde giňden derňelen. Şol alym deňdurnukly ýapyny gurmagyň usulyny işläp düzen. Umuman alanynda eňňidiň (ýapynyň) durnuklylygyny aşakdaky usullar bilen kesgitlep bolýar:

- 1) silindr kysymly oýukly ýapylaryň usuly;
- 2) ýaplandyrylyp goýulan ýapylaryň usuly.

Usullaryň iň ýönekeýi F_p usuly ýa-da Maslowyň usulydyr.

Bu usul sadaja formula esaslanandyr:

$$K_n = \frac{tg \Psi_i}{tg \alpha_i}$$

bu ýerde:

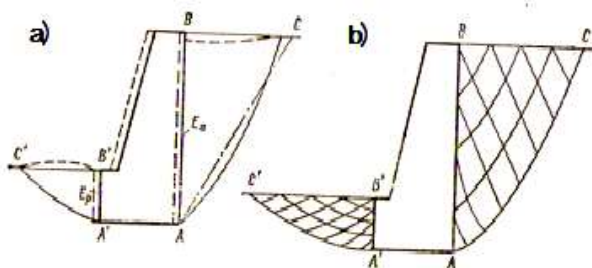
Ψ - süýşmä garşylyk burçy.

7.5. Söýget konstruksiýalara teýgumlaryň basyşy

Talap edilýän ýapgytlykda ýapylaryň durnuklylygy üpjün edilmese hem-de ony tekizläp bolmadyk ýagdaýda ýapyny saklamak üçin söýget diwaryny gurýarlar. Bu desga teýgumy saklaýar we ondan döreýän aktiw (garaw) basyşyň täsirine sezewar bolýar.

Ýumşak teýgumlarda gurlan söýget diwaryna seredeliň (39-njy surat)

Bu diwar arkasyndan AC tekizlikde ony süýşürjek we öwürjek bolup täsir edýän teýgumy saklaýar. Söýget diwarynyň ujypsyz süýşmesinde **ABC** döwürleme prizmada söýget diwaryna teýgumyň aktiw basyşy ýüze çykýar we ol aňrybaş deňagramlylygy döredýär. Söýget diwary teýguma gömülendigi sebäpli, **A¹B¹** bölegiň çäginde onuň süýşmesi teýguma basyşyň ösmegi bilen bile bolup geçýär. Söýget diwarynyň düýbiniň (onuň binýadynyň) süýşmesi bilen baglylykda teýgumyň garşylygy tä **A¹B¹C¹** böwüsme prizmasynyň çäginde teýgumyň iň uly garşylykly aňrybaş dartgynly ýagdaýy döredýänçä ösýär. Desganyň elementiniň basyşyndan döreýän teýgumyň iň uly garşylygyna **passiw gaýtawul** (ýa-da teýgumyň passiw basyşy) diýilýär.



39-njy surat. Söýget diwaryna aktiw we passiw basyşlaryň täsiri

Şeýlelikde, aktiw basyş we passiw gaýtawul söýget diwary süýşende teýgum massiwiniň aňrybaş dartgynly çäginiň iki gyraky ýagdaýyna gabat gelýär. Käte teýgum gorizonttal süýşmelere duçar bolmadyk ýagdaýynda teýgum massiwinde döreýän **dynçlyk basyşy** bilen gyzyklanýarlar. Bu basyşy stabilometrleriň we kompression gurallaryň kömegi bilen gorizonttal dartgynlyklary ölçäp kesgitleýärler.

ABC döwülme prizmasynyň çäginde aňrybaş deňagramlylygyň döreýänligi sebäpli, söýget diwaryna teýgumyň aktiw basyşyny kesgitlemek meselesi aňrybaş deňagramlylygyň nazaryýetiniň usullary bilen çözülýär. Köp amaly meseleleri çözmek üçin Ş.Kulonyň (1773 ý.) teklibine görä çylşyrymly egriçyzykly üste derek **AC** tekizlik alynýar. Bu hasaby ep-esli ýönekeýleşdirýär, takyklygynyň tapawudy bolsa, bary-ýogy 2-3 %.

Teýgumyň passiw gaýtawulyny kesgitlemeklik aňrybaş dartgynly ýagdaýdan gaýdýar, emma tekiz typma üsti kabul etmeklik takyk çözütden ep-esli tapawutlanýar. Bu ýagdaýda aňrybaş deňagramlylyk nazaryýetini ulanmak amatly hasaplanýar.

Söýget diwaryna teýgumyň basyşyny kesgitlemegiň **analitik we grafiki usullary** bar. Analitik usul teýgumyň üsti gorizonttal we söýget diwarynyň arka tarapy wertikal, **c = 0** bolanda we döwülme prizmasynyň üsti boýunça basyş deňölçegli ýaýranda, ýagny, ýönekeý ýagdaýlarda ulanylýar.

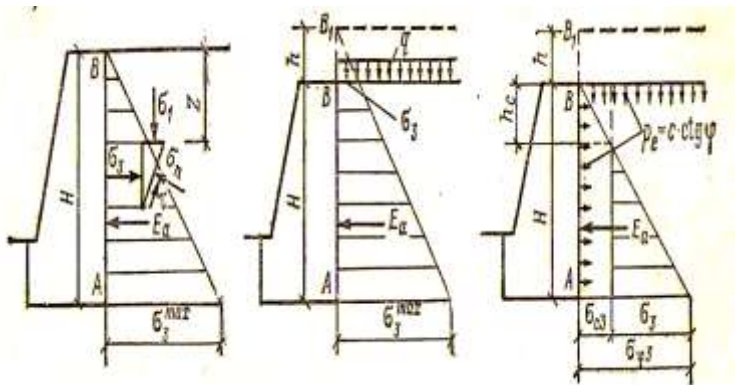
Gorizonttal gömülen wertikal absolýut tekiz söýget diwaryna hakyky (ideal) baglanşyksyz (c=0) teýgumyň basyşyny kesgitlemek. Söýget diwarynyň arka tarapyna golaý döwülme prizmasyndan kesilen elementar prizmanyň aňrybaş deňagramlyk şertine seredeliň (40-njy surat).

Diwara sürtülme nula deň bolanda bu prizmanyň gorizonttal we wertikal diwaryna baş dargynlyklar **σ_1** (uly) we **σ_3** (kiçi) täsir edýär. Uly bolmadyk gorizonttal süýşmelerde seredilýän elementar prizmada aňrybaş deňagramlyk döreýär.

σ_3 we **σ_1** arasyndaky baglanyşyk şeýle ýazylýar:

$$\sigma_3 / \sigma_1 = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

z çuňlukda $\sigma_1 = \gamma \cdot z$. Onda $\sigma_3 = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$



40-njy surat. Tekiz söýget diwaryna teýgumyň basyşyny kesgitlemek üçin shema

σ_3 çuňluga z göni proporsional, birmeňzeş teýgumlarda beýleki ululyklar bolsa hemişelik. Onda söýget diwaryna teýgumyň basyşynyň epýury üçburçlyk şekilli (40-njy surat) bolýar. Bu epýuryň meýdany söýget diwaryna teýgumyň deň täsir ediji aktiw basyşyna E_a gabat gelýär:

$$E_a = \sigma_3^{\max} \cdot H/2$$

$z = H$ ýagdaýda σ_3^{\max} bahasyny goýup alýarys:

$$E_a = \frac{\gamma H^2}{2} \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

Deň täsir edijiniň E_a täsir edýän nokady σ_3 basyşyň epýurynyň agyrylyk merkezinde ýerleşýär Şuňa menzeş edip teýgumyň passiw gaýtawulynyň bahasyny tapýarys:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_3}{\operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)} = \gamma^1 \cdot d \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

bu ýerde:

γ^1 – binýadyň çuňluk çägendäki teýgumyň udel agramy, kN/m^3 ;

d – binýadyň çuňlugy, m.

φ – teýgumyň içki sürtülme burçy, grad.

Aňrybaş deňagramlyk şertde σ_1 gorizontal dartgynlyk σ_3 wertikal dartgynlykdan uly. Onda H çuňlukda passiw gaýtawulyň deň täsir edijisi:

$$E_p = \frac{\gamma H^2}{2} \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

Bu aňlatmany örän seresap ulanmaly, sebäbi aňrybaş deňagramlyk nazarýetiniň takyk çözgüdinden tapawudy uly. Tapylan E_a we E_p ululyklar belli bir ätiýaçlyga eýedir, sebäbi süýşmede teýgumyň söýget diwaryna sürtülmesi hasaba alynmaýar. Ýazgyny gysgaltmak üçin:

$$\operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) = \lambda_a;$$

$$\operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) = \lambda_p;$$

kabul edilýär. λ_a we λ_p koeffisiýentlere aktiw we passiw basyşynyň koeffisiýentleri diýilýär.

Teýgumyň üstüne düşýän deň ýaýran basyşy hasaba almak. Goý teýgumyň üstüne deň ýaýradylan q basyş ýüklensin. Bu basyşyň täsirini $h = q/\gamma$ galyňlykly teýgumyň gatlagy bilen çalşyp bolar. Hakydamyzda söýget diwaryny h

beýiklige dowam etdirip, B_I nokady alýarys (40-njy surat). Eger z çuňlugy söýget diwarynyň hyýaly üstünden alanymyzda, ýokarky aňlatmalar adalatly bolar.

h we $H + h$ çuňluklarda σ_3 bahasyny tapalyň:

$$\sigma_3^1 = \gamma h \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) ;$$

$$\sigma_3^{\max} = \gamma (H+h) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2).$$

Bu bahalar boýunça söýget diwaryna aktiw basyşynyň epýuryny guralyň we AB esasly trapesiýanyň meýdany hökmünde E_a jemleýji aktiw basyşy kesgitleäliň:

$$E_a = \frac{\sigma_3^1 + \sigma_3^{\max}}{2} \cdot H = \frac{\gamma}{2} (H^2 + 2Hh) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

Epýuryň ýokarky üçburçlyk bölegi diwara basyş döretmeýär. E_a güýç σ_3 epýuryň agyrylyk merkezinde ýerleşýär. ***Gorizonta! gömülen wertika! absolýut tekiz söýget diwaryna baglanyşykly ($\varphi \neq 0$; $c \neq 0$) teýgumyň basyşyny kesgitlemek:***

Öň belleýşimiz ýaly:

$$c = P_e \cdot \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$P_e = c / \operatorname{tg} \varphi = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi ,$$

bu ýerde:

P_e – baglanyşyk basyşy.

Bu aňlatmada ilismäni gursap alýan baglanyşyk güýçleriň ($P_e = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi$) täsiri bilen çalyşýarys. Olar teýgumyň üstüne we teýgum – söýget diwary galtaşmasy boýunça basylýar. Onda z çuňlukda σ_3 kesgitlemäniň aňlatmasyny düzýäris. (P_e – baglanyşyk güýçleri hasaba alyp):

$$\sigma_3 = \gamma (z + h) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) - P_e$$

Bu aňlatma $h = P_e/\gamma$ we $P_e = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi$ bahlaryny ýerine goýup alýarys:

$$\sigma_3 = \gamma [z + (c \cdot \operatorname{ctg} \varphi) / \gamma] \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) - c \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

Trigonometrik üýtgetmeleri geçirip alýarys:

$$\sigma_3 = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) - 2c \cdot \operatorname{tg} (45^\circ - \varphi/2)$$

Bu deňlemäni baglanşyksyz teýgumlar üçin deňleme bilen deňeşdirip, ilişmeli teýgumlarda basyşyň depgininiň, peselýändigini görýäris. Ýokarky deňlemäni şu görnüşde ýazyp bolýar:

$$\sigma_3 = \sigma_{\varphi 3} - \sigma_{c3}$$

bu ýerde:

$$\sigma_{\varphi 3} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2);$$

$$\sigma_{c3} = 2c \cdot \operatorname{tg} (45^\circ - \varphi/2).$$

Jemleýji aktiw basyşyň $\sigma_{\varphi 3}$ üçburçly epýuryny ($z = H$ diýip kabul edip) we σ_{c3} basyşyň depgininiň gönüburçly epýuryny gurmak maksadalaýykdyr (40-njy surat).

Söýget diwarynyň arka tarapy ýapgyt bolanda baglanşyksyz teýgumlaryň aktiw basyşy şu formula bilen kesgitlenilýär:

$$\sigma_{c3} = \frac{C \cdot \cos \varphi}{\cos^2 [45^\circ - (\varphi + \beta)/2]}$$

bu ýerde:

β – wertikal bilen söýget diwarynyň arka tarapynyň arasyndaky burç;

β bahasy teýgum diwaryň arka tarapyna abananda položitel, eger-de diwar teýguma abananda bolsa otrisatel bolýar.

E_a ugry söýget diwaryna teýgumyň sürtülmesi bolmadyk we β bahasy otrisatel ýagdaýynda arka grana gorizonta, $\beta \geq 0$ bolanda perpendikulýar diýip kabul edilýär.

Käbir ýagdaýlarda söýget diwaryna teýgumyň basyşyny analitik usul bilen kesgitlemek örän çylşyrymly bolýar. Onda Ş.Kulonyň hödürlän grafiki usuly ulanylýar. Munda aşakdaky ýolbarmeler kabul edilýär:

a) döwülme prizmasynyň typma üsti tekiz;

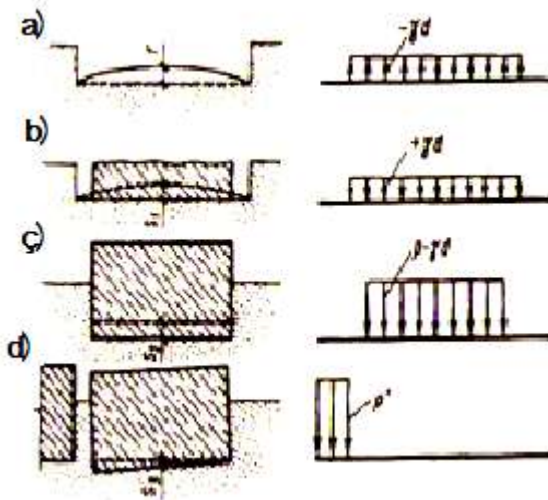
b) döwülme prizmasy söýget diwaryna teýgumyň in uly basyşyna gabat gelýär.

Ş.Kulon döwülme prizmasy özüni gaty jisim ýaly alyp barýar diýip kabul edýär, bu bolsa, döwülme prizmasy üçin deňagramlyk deňlemesini bitewiligine kabul etmäge mümkinçilik berýär.

8. Teýgumlaryň ýarsmasy we desgalaryň teýklarynyň çöküşiniň hasaby

8.1. Soragyň ähmiýeti

Teýgumyň berkligi üpjün edilen hem bolsa, desganyň gurluşygy netijesinde teýkaryň ýarsmasy ýüze çykýar. Adatça, olar näsaz bolup, desgalaryň konstruksiýalarynda täsir edýän güýçleriň bölünmegini ýüze çykýar. Käbir kesgitli şertlerde bu ýagdaý desganyň ulanyşyny kynlaşdyrýar, käbir ýagdaýlarda bolsa, ýumrulmagyna getirýär.



41-nji surat. Gurluşyk tapgyrlary we desgalaryň ulanylyşyna degişli ýükler we teýkaryň ýarsmasy

“Desga-teýkar” ulgamyň ýarsmasyny mukdarlaýyn çaklama teýgumlar mehanikasynyň iň bir çylşyrymly meseleleriniň biridir. Mysala ýüzleneliň.

Gurluşygyň ilkinji nobatynda (41-nji surat) desga üçin gurluşyk gazmasy gazylýar. Gazmanyň düýbinde $\gamma \cdot d$ ululyga desganyň täsir edýän basyşy peselýär (bu ýerde γ – teýgumyň udel agramy; d – gazmanyň çuňlygy we oňa laýyklykda gazmanyň düýbiniň ýokary galmasy). Gazma näçe çuň bolsa, teýguma täsir edýän basyşynyň peselmegi hem depginli bolýar, düýbüniň ýokary galmasynyň ululygy gazmanyň ini boýunça näsaz bolýar (ortasynda iň uly, gyrasynda iň az). Käbir kesimi saýlap, ýokary galmany r bilen belleýäris (ony kompression egrisi boýunça kesgitläp bolýar).

Gurluşygyň indiki möwriti desgany gurmak. Ony hem iki tapgyra bölüp bolýar. 1-nji tapgyr gurulýan desgadan dörän basyş $\gamma \cdot d$ ululyga ýetende (ol çykarylan teýgumyň agramyna deň); 2-nji tapgyr – gurluşyk tamamlananda basyş $P = \gamma \cdot d$ ululyga artanda (P – gurlan desganyň dabanyndaky ortaça basyş). Birinji tapgyrda basyşyň artmagy gazmanyň düýbüne görä seredilýän kesimde teýkarda onuň galmasy bilen kesgitlenilýän S_1 çökmäni ýüze çykarýar. Ikinji tapgyrda basyşyň artmasy gazmanyň düýbüniň täze ýagdaýyndan çökmäniň (S_2) ýene-de artmasyna getirýär.

Ahyrda, gurluşyk gutaryp, desga ulanylyan döwründe goşmaça täsirleriň (desganyň üsti, teýkardaky teýgumlaryň ýagdaýynyň üýtgewi, gurlan desganyň golaýynda täze desgalaryň gurulmagy we ş.m.) ýüze çykmagy mümkin. Olar gurlan desganyň teýkarynyň goşmaça ýarsmasynyň döremegine sebäp bolýarlar. Meselem, goňşy täze desganyň gurulmagy goşmaça ýerli basyşyň P^1 döremegine, ol bolsa gurlan desgada goşmaça näsaz çökmäniň S_3 ýüze çykmagyna sebäp bolýar. Bu oýlanyşmany dowam edip bolar. Bu meseläniň netijesinde desganyň käbir dik kesiminde binýadyň düýbiniň taslama derejesinden doly çökme şeýle hasaplanýar:

$$S = -r + S_1 + S_2 + S_3$$

Bu ýarsmalary gurluşygyň her bir tapgyrynda basyşyň belli bahalarynda kesgitläp bolýar. Bu berlen mysalda gurluşygyň hakyky ýagdaýynyň örän ýönekeýleşdirilýändigini bellemeli. Bu ýerde hakykatda teýkardaky teýgumlaryň ýarsmasyna täsir edýän köp faktorlar (sebäpler) hasaba alynmaýar. Olara desganyň giňişlikdäki gatlylygy we aýry-aýry binýatlaryň üsti bilen dürli basyşlary teýkara geçirmek mümkinçiligi; düýpdäki teýgumlaryň gatlaklylygynyň we häsiýetleriniň dürlüligi; gurluşyk döwründe täsir edýän basyşyň tizligi we teýgumlaryň çöküşiniň dowamlylygy we ş.m. degişli. Emma şeýle-de bolsa, desganyň teýkarynyň ýarsmasyny çaklamak problemsy inžener taslamalaryň maksatlary üçin käbir ýönekeýleşdirmelere esaslanan.

Häzirki döwürde ýarsmalar boýunça binýatlaryň teýkarlarynyň hasaby şu şerte görä alnyp barylýar:

$$S \leq S_u ,$$

bu ýerde:

S – teýkaryň we binýadyň (desganyň) hasaplanan bilelikdäki ýarsmalary (çökme, gorizonta süýşme we ş.m.);

S_u – resminamalara we taslamanyň talabyna laýyklykda tapylýan şol ululygyň aňryçäk bahasy.

Häzir ýokarky şertiň çep tarapyň kesgitleniş usullaryna seredeliň.

Biz **S = f (P)** baglanyşygyň gönüçyzykly dældigini belläpdik. Emma basyşyň käbir interwalynda (teýkardaky teýgumyň dykzyzanma fazasynda) bu baglanyşyk gönüçyzykly golaý we çöküşň wagty dowamynda ösüşi elmydama peselip gutarma (sönme) häsiýetlidir. Dykzyzanma fazasynyň araçäğine laýyk gelýän binýadyň dabanyndaky **P** ortaça basyşyň in uly bahasy häzirki döwürde teýkardaky teýgumlaryň hasaplaýyş garşylygy **R** kabul edilýär. Bu bolsa, $p \leq R$ bolanda teýkarlaryň dartgynlygynyň we ýarsmasynyň hasaplary üçin teýgumlaryň

gönüçyzykly nazaryýetiniň matematiki apparatyny ulanmak mümkinçiligini esaslandyrýar. Desganyň gurluşyk prosessi umumy ýarsmany (ony maýyşgak we galyndy ýarsma bölmän) dördedýän teýkardaky teýgumlaryň bir saparlyk basylmasy ýaly seredilýär.

Şeýlelikde, bu bapda seredilýän teýgumlaryň ýarsmasynyň hasabynyň usullarynda binýadyň astyndaky orta basyşyň $p \leq R$ şert bilen çäklendirmegidir. Beýleki wajyby bolsa, köşeşen we köşeşmedik (wagt dowamynda) süýşmeler düşünjäniň girizilmegidir. Köp ýagdaýlarda inženerçilik işlerde iň uly (ahyrky, köşeşen) süýşmeler uly gyzyklanma dördedýär, ýarsmanyň köşeşme wagty bolsa, uly ähmiýete eýe dälir.

Diýeliň, desganyň bir binýady suwdan doýgun toýunsow teýgumlarda, beýlekisi bolsa çägesow teýgumlarda ýerleşen. Suwdan doýgun teýgumlaryň wagt dowamynda çökmesi teýgumdan suwuň süzülme tizligine bagly. Toýunsow teýgumlarda ol çägesow teýgumlara garanda örän haýal bolup geçýär. Ikinji binýadyň çökmesi gurluşyk döwründe (t) doly köşeşýär, birinji binýadyň çökmesi bolsa, bu döwürde ahyrky ululygyň diňe ülüşlerine ýetýär.

Şeýlelikde, gurluşyk tamamlanandan soň çökme tapawudy ΔS_t bu desga üçin aňrybaş çökme tapawudyndan ΔS_u uly bolar. Netijede, desga ulanyşyň taraplaryna laýyk gelmän (çökme köşeşmesiniň wagtyna ýetmän) ýumrulmagy mümkin.

Bu ýagdaýda hasaplamalaryň kömegi bilen wagt dowamynda her binýadyň çöküşiniň çaklamasy alynmaly we gurluşygyň we ulanyşyň has howply döwürleri üçin näsaz çökmäniň seljermesi geçirilmelidir. Bu hasaplamalar teýgumlaryň süzülme konsolidasiýasy nazaryýetine laýyklykda ýerine ýetirilýär.

Desganyň gurluşygynyň möwrütleyinligini hasaba almany talap edýän has çylşyrymly ýagdaýyň ýüze çykmagy hem mümkin. Şeýle-de, desganyň $p > R$ şertdäki çöküşini kesgitlemeklik zerurlygynyň ýüze çykmagy hem mümkin. Bu

meseleler teýgumlaryň gönüçyzyksyz mehanikasynyň kömegi bilen çözülýär.

8.2. Binýatlaryň teýkarlarynyň çöküşiniň hasaplarynyň nazary esaslary

Köp ýagdaýlarda amaly hasaplamalarda meseläni ýönekeýleşdirýärler. Merkezden basylan binýatlar üçin z oky boýunça iň uly çökme S hasaplanýar we ol teýkar bilen binýadyň bilelikdäki ýarsmasynyň häsiýet ululygy hökmünde kabul edilýär. S ululyk bilen gaty binýadyň çöküşini S_{const} deňşdirip, inedördül binýatlar üçin hasaplanan çökme 21%, tasma binýatlarda bolsa 16% ýokarydygy ýüze çykaryldy.

Merkeziň daşyndan basylan binýatlarda, adatça, binýadyň dabanyynyň ortaça çökmesi we gyşarma kesgitlenilýär. Çökmäni hasaplamagyň usulynyň iki topary bar: berk çözüglere hem-de goşmaça sadalaşdyrmalara (golaýlaşdyrylan çözüglər) esaslanan.

Gönüçyzykly ýarsýan ýarymgiňişligiň ýa-da çäklendirilen galyňlykly teýgum gatlagynyň çökmesini kesgitlemek. Bu ýagdaýda birmeňzeş izotop teýgum massiwiniň üstünde dartgynlygyň ýaýraýşynyň berk çözügləri ulanylýar. Merkezden basylan binýadyň dabanyynyň çöküşini S bilen binýadyň meýdanynyň $A = b \cdot l$ (b – binýadyň dabanyynyň ini; l – uzynlygy) we goşmaça basyşyň ortaça bahasynyň $p_0 = p - \gamma d$ arasyndaky baglanyşyk şeýle görnüşde ýazylýar:

$$S = \omega p_0 b (1 - v^2) / E$$

bu ýerde:

ω – binýadyň meýdanynyň sypatyna we gatylygyna bagly koeffisiýent;

E we v – deňişlilikde teýkardaky teýgumlaryň ýarsma moduly we Puassonyň koeffisiýenti;

ω koeffisiýentiniň ululygy $n = \ell / b$ gatnaşyga görä çäkli galyňlykly (**h**) teýgumyň gatlagy üçin M.I. Gorbunow – Posadow, ýarymgiňişlik üçin F.Şleýher we N.A.Sytowiç tarapyndan hasaplanypdyr.

Ýarsma häsiýetnamalary (**E** we **v**) eksperimental usul bilen kesgitlenilýär. Puassonyň koeffisiýenti şeýle-de teýgumyň görnüşine we halyna görä kabul edilip bilner.

Bu çözüdiň ýetmezçiligine onuň diňe binýadyň dabanyňyň aşagynda uly çuňluklara birmeňzeş gatlakly teýgumlar ýaýranda ulanýanlygydyr (bu ýagdaýy bolsa örän seýrek duşýar). Ondan başga-da çuňluga görä teýkardaky teýgumlaryň tebigy dartgynlygynyň üýtgewi göz önünde tutulmaýar, şonuň üçin binýadyň uly ölçeglerinde hasaplanan çökmeleriň bahalary ýokarlanandyr. Bu çözüdi binýatlaryň uly bolmadyk ölçeglerinde birmeňzeş teýkarlarda ulanyp bolar.

Çökmeleri kesgitlemegiň golaýlaşdyrлан usullary berk çözütlere görä uniwersallyga eýe we amaly hasaplamalarda giň ulanylýar. Çuňlugyň artmagy bilen tebigy basyş artýar, goşmaça dartgynlyk bolsa kemelýär. Goşmaça dartgynlyklaryň täsirinden teýgumlaryň dykyzlanmasy, netijede bolsa, onuň çökmesi ýüze çykýar. Şeýlelikde, umumy çökmäniň esasy bölegi teýkaryň ýokarsynda döreýär.

Teýkardaky teýgumlaryň gysylma toplumynyň galyňlygy H_c düşünjäni girizilen. Ol binýadyň dabanyndan aşakda çökmäniň ululygyny kesgitleýän ýarsmaly gatlagyň galyňlygy bilen ölçelýär. H_c çuňlugy şu şerte görä kesgitlenilýär:

$$\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zg},$$

bu ýerde:

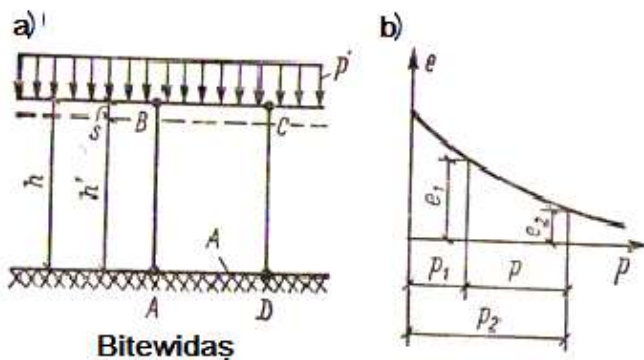
σ_{zg} - H_c çuňlukda teýgumyň agramyndan döreýän tebigy dartgynlyk;

σ_{zp} – desganyň täsirinden döreýän goşmaça dartgynlyk.

Güýçli gysylýan ($E \leq 5 \text{ MPa}$) teýgumlar üçin bu şert $\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zg}$ kabul edilyär.

Bitewi basyşda teýgum gatlagynyň üstüniň ahyrky çökmesini kesgitlemek (dykzlanmanyň birölçegli meselesi).

Goý gysylmaýan bitewidaş jynsynyň üstünde h galyňlykly teýgum gatlagynyň üstüne p bitewi basyş (gapdala uzak aralyga ýaýraýan) goýlan bolsun. Bu ýagdaýda teýgum gapdala giňelmezden gysylýar. Bu kompression synaglarda dik basyşyň täsirinden teýgumyň dykzlanmasynyň birölçegli meselesine laýyk gelýär. Şonuň üçin garalýan gatlagyň ýarsmasyny kesgitlemekde bu teýgumyň kompression egrisini ulanmak bolar (42-nji surat).



42-nji surat. Bitewi basyşda teýgumyň çöküşi

Teýgumyň bu gatlagynda gönüburçly **ABCD** parallelipedi bölüp alalyň, onuň esasynyň meýdany **A** we teýgum ýarsanda gaty bölejikleriň göwrümini üýtgemeyär diýip hasaplalyň. Onda gaty bölejikleriň gysylmazdan öňki we soňky göwrüminiň deňlemesini düzeliň:

$$\frac{1}{1 + e_1} \cdot A \cdot h = \frac{1}{1 + e_2} \cdot A \cdot h^1$$

bu ýerde:

e_1 – tebigy p_1 – basyşdan dykyzlanan teýgumyň başlangyç öýjüklilik koeffisiýenti;

h – teýgum gatlagynyň galyňlygy;

e_2 – goşmaça p basyşyň täsirinden dykyzlanan teýgumyň öýjüklilik koeffisiýenti (kompression egrisinden kesgitlenýär);

h^1 – teýgum gatlagynyň ahyrky (dykyzlanandan soňky) galyňlygy.

Bu deňlemäni çözüp tapýarys:

$$h^1 = h (1 + e_2) / (1 + e_1)$$

Çyzga görä çökmäni S tapýarys:

$$S = h - h^1 = h - h \cdot \frac{1 + e_2}{1 + e_1} = h \cdot \left(1 - \frac{1 + e_2}{1 + e_1}\right) = h \cdot \left(\frac{e_1 - e_2}{1 + e_1}\right)$$

Bilişimiz ýaly:

$$m_0 = (e_1 - e_2) / (p_2 - p_1) = (e_1 - e_2) / p,$$

bu ýerde:

m_0 – teýgumyň gysylma koeffisiýenti.

Bu formuladan:

$$e_1 - e_2 = m_0 p$$

$(e_1 - e_2)$ bahasyny ýerine goýup tapýarys:

$$S = h \cdot \frac{m_0}{1 + e_1} \cdot P$$

Bu formuladan:

$$\frac{m_0}{1 + e_1} = m = \frac{\beta}{E_0}$$

bu ýerde:

m_v – teýgumyň deňeşdirme gysylma koeffisiýenti.

E_0 – teýgumyň umumy ýarsma moduly;

β – teýgumyň gapdala ýaýramak ukybyny häsiýetlendirýän koeffisiýent.

Onda:

$$S = h \cdot m_v \cdot p = h \cdot \frac{\beta}{E} \cdot p$$

8.3. Binýatlaryň teýkarynyň ahyrky ýarsmasyny hasaplamagyň amaly usullary

Çökmäniň hasabynyň gatbarlaýyn jemleme usuly. Bu usul (teýgumyň gapdala giňelmek mümkinçiligi ýok) TGN 2.02.07 – 98 tarapyndan hödürlenýär we desgalaryň binýatlarynyň çöküşini hasaplamakda esasy bolup durýar.

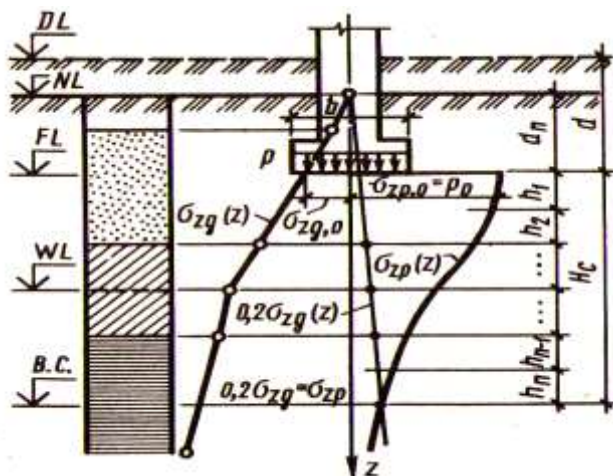
Ilki bilen binýady teýkaryň inžener-geologik ýagdaýyna baglaýarys (onuň okuny teýgumyň litologik sütüni bilen gabat getirýäris). Desgadan binýadyň dowamyndan teýkara p orta basyş düşýär. Soňra ýeriň tebigy ýüzünden binýadyň oky boýunça tebigy basyşyň epýury gurulýar ($\sigma_{zg} = \gamma \cdot d$). Binýadyň dabanyndaky tebigy basyşy σ_{zg} bilip, dabanda goşmaça dik basyşy p_0 kesgitleýäris:

$$p_0 = \sigma_{zp} = p - \sigma_{zg} = p - \gamma \cdot d$$

Şol masştabda binýadyň oky boýunça goşmaça basyşyň epýuryny gurýarys. Bu epýurlary gurandan soň (43-nji surat) gysylýan toplumyň (H_c) aşaky çäginini ýokarda görkezilen şertlere görä tapýarys. Ony grafiki usul bilen tapmak has amatly. Onuň üçin tebigy basyşynyň epýuryny 5 ýa-da 10 esse kiçelip, goşmaça basyşynyň epýury bilen utgaşdyrýarys.

Çyzyklaryň kesime nokady gysylma toplumynyň aşaky çägin kesgitleýär.

Teýkaryň gysylma toplumyny gatlaklara bölýäris. Gatlaklaryň çäginde teýgum birmeňzeş bolmaly. Adatça gatlagyň galyňlygy $0.4 \mathbf{b}$ uly bolmaly däl (\mathbf{b} – binýadyň dabanyň ini). Her elementar gatlagyň ortasynda goşmaça dik basyşy σ_{zp} : kesgitläp, $S = \sigma_{zp} \cdot h \cdot \beta / E$ formula boýunça çökmäni hasaplaýarys. Norma boýunça $\beta = 0,8$ diýilip kabul edilýär. Ýarsma moduly (E) kompression egrisi boýunça kesgitlenilýär.



43-nji surat. Gatbarlaýyn jemleme usuly bilen çökmäniň kesgitlenişi

Binýadyň umumy çökmesi şu formula boýunça hasaplanýar:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i}$$

$$\text{ýa-da } S = \beta \sum_{i=1}^n \sigma_{z\rho i} \cdot h_i \cdot m_v$$

bu ýerde:

n – gysylma toplumynyň çägendäki elementar gatlaryň sany.

Bu formulalardaky teýgumlaryň ýarsma häsiýetnamalaryny hemişelik diýip kabul etsek, onda teýkaryň çökmesi goşmaça basyşyň epýurynyň meýdanyna göni proporsional bolar. Bu usulyň artykmaçlygy onuň uniwersallygy we teýkardaky teýgumyň işleýşi bahalanandaky aýdyňlykdyr.

Çökmäniň hasabynyň ekwiwalent (deňeçer) gatlak usuly. N.A.Sytowıç tarapyndan hödürlenen ekwiwalent gatlak usuly köpgatly teýgumlarda ahyrky çökmäniň we onuň wagt dowamynda ösüşiniň hasabynyň tehnikasyny ep-esli ýönekeýleşdirmäge mümkinçilik berýär. Bu usul çylşyrymly giňişlik meselesini oňa deňeçer (ekwiwalent) bir ölçegli meselä getirýär. Ol nazary esaslaryna görä berk analitik çözümleri bilen gatbarlaýyn jemleme usulynyň arasyndaky ýagdaýy eýeleýär.

Maýyşgaklyk nazaryýetine görä gönüçyzykly ýarsýan ýarymgiňişligiň üstüniň çökmesi Şleyheriň formulasy boýunça tapylýar:

$$S = \omega \cdot b \cdot (1 - v^2) \cdot p_0 / E$$

bu ýerde: $E = \beta / m_v$

$$\beta = 1 - 2v^2 / (1 - v) = (1 + v) (1 - 2v) / (1 - v)$$

onda ýerine goýup alýarys:

$$S = \frac{(1-v^2)(1-v)}{(1+v)(1+2v)} \cdot \omega \cdot b \cdot m_v \cdot P_0 = \frac{(1-v)(1+v)(1-v)}{(1+v)(1-2v)} \cdot \omega \cdot b \cdot m_v \cdot P_0$$

$$= \frac{(1-v)^2}{(1-2v)} \cdot \omega \cdot b \cdot m_v \cdot P_0$$

$$\frac{(1-v)^2}{(1-2v)} = A \text{ bilen aňladyp alýarys:}$$

$$S = A \cdot \omega \cdot b \cdot m_v \cdot P_0$$

Bitewi basyşda ahyrky çökmäni hasaplan formulamyz $S = h \cdot m_v \cdot p$ bilen deňeşdirip görýäris. Bu ýerde p bilen p_0 bahasy bir zady aňladýar, $A \cdot \omega \cdot b = h_e$ bolsa, ekwiwalent gatlagyň galyňlygy hökmünde seredýäris.

Onda:

$$S = h_e \cdot m_v \cdot p_0$$

Şeýlelikde ekwiwalent gatlagyň galyňlygyny h_e tapyp, ýerli basyşyň täsirinden binýadyň çökmegini ýeňil tapyp bileris.

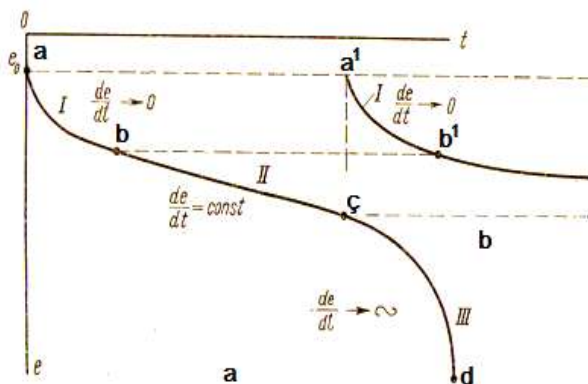
$A\omega$ köpeltmek hasylyny **ekwiwalent gatlagyň koeffisiýenti** diýip atlandyrýarlar. Bu koeffisiýent $n = l/b$ gatnaşyga we Puassonyň koeffisiýentine görä epilýän we absolyút gaty binýatlar üçin tablisalar boýunça kesgitlenilýär.

8.4. Wagt dowamynda binýatlaryň teýkarynyň çöküşi

Teýgumlaryň reologik häsýetleri hakynda düşünje

Reologiýa – dürli materiallaryň ýüküň täsiri zerarly ýarsmasynyň geçişini öwrenýän ylym pudagydyr. Käbir

maglumatlara görä (МИСИ) reologik ýarsmalar (sozulup süýşme ýarsmalary) süzülme köşeşende ýarsmalarynyň 36%-den 165%-ne çenli bölegini tutýar. Umuman, sozulup süýşme ýarsmalary süzülme köşeşmesi bilen bir wagtda bolup geçýär. Sozulup süýşmäniň 3 sany tapgyry bolýar (44-nji surat).



44-nji surat. Sozulma egrileri

1-nji tapgyr (ab bölek)- durnuklaşmadyk sozulyp süýşme. Bu tapgyrda:

$$\frac{de}{dt} \rightarrow 0$$

2-nji tapgyr (bc bölek) – hemişelik tizlikli durnuklaşan sozulyp süýşme. Bu tapgyrda:

$$\frac{de}{dt} = \text{const}$$

3-nji tapgyr (çd bölek) - tizligi artýan sozulyp süýşme.
Bu tapgyrda:

$$\frac{de}{dt} \rightarrow \infty$$

Reologik häsýetler esasan kirşenşow-toýunsow teýgumlar we doň teýgumlara mahsus. Reologik häsýetler S.S. Wýalow, Ý.K. Zaretiskiý (rus alymlary) tarapyndan öwrenilen. Bu nazarýetiň gysgaça manysy şeýledir. Dartgynlylygyň artmagy bilen teýgumlaryň bölejikleriniň arasynda ýarsdyrtjy güýçler döreýärler. Olaryň täsiri bilen ilki berkligi pes baglanşyklar, soňra has berk baglanşyklar bozulýarlar. Netijede ýarsmalar, ownujak jaýryklar emele gelýärler.

Şol bir wagtda bu ýerde we goňşy gýralarda gysylmanyň we süýşmäniň netijesinde suw-kolloid, molekulýar-galtaşma baglanşyklary emele gelýärler. Şol sebäpli teýgum bozulmaýar, owranmaýar, ýumrulmaýar, diňe goşmaça ýarsmalary döredýär.

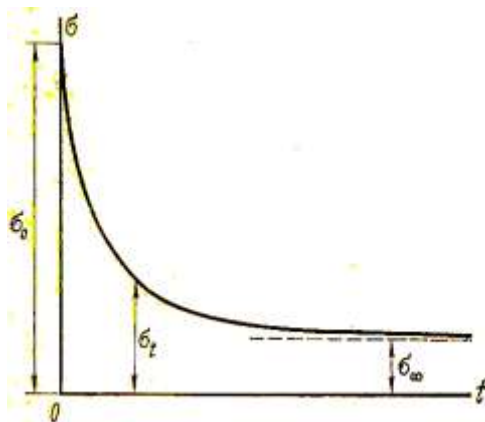
Şeýlelik bilen, reologiýa öwrenilende 3 ugra:

1) wagtyň dowamynda örän haýal ösýän ýarsmalara – **sozulyp süýşme ýarsmalaryna;**

2) ýarsmalaryň durnuklaşan ýagdaýynda dartgynlygyň gowşamagyna (azalmagyna) – **dartgynlygyň relaksasiýasyna;**

3) ýüküň uzak wagtyň dowamyndaky täsiri zerarly materiallaryň döwürmegine (mynjramagyna, owranmagyna, ýumrulmagyna) ýa-da **_materiallaryň dowamly berkligine üns berilýär.**

Tükeniksiz uzak wagtyň dowamynda nusgalaryň döwürlän in pes dartgynlygyna **dowamly berkligiň çägi** (σ_{∞}) diýilýär (45-nji surat).



45-nji surat. Dowamly berkliligiň egrisi

Relaksasiýa-hemişelik ýarsmada dartgynlygyň peselmegidir (göwşamagydyr). Baglanşykly teýgumlarda relaksasiýa struktur baglanşygyň bozulmagy, döwürmegi bilen bolup geçýär.

Dartgynlygyň relaksiýasynyň egrisi şu deňleme bilen ýazylyp bilner:

$$\sigma_t = \sigma_{\infty} + (\sigma_0 - \sigma_{\infty}) \cdot t^{-n}$$

bu ýerde:

σ_t – t wagtdaky dartgynlyk;

σ_{∞} - relaksasiýadan soňky dowamly berkligiň çägi;

σ_0 – synagyň başynda ($t=0$) döwürlän dartgynlyk;

t – basyş berlenden soňky geçen wag;

n – dartgynlygyň relaksasiýasynyň tizligini häsýetlendirýän görkeziji (adatça $n < 1$).

Tükeniksiz uzak wagtyň dowamynda synaglary geçirip bolmaýandygy sebäpli, σ_0 dürli bahalarynda birnäçe dowamly eksperimentleri ýerine ýetirip, hasaplama bilen σ_∞ we n kesgitleýärler.

8.5. Binýatlaryň teýkarlarynyň çöküşiniň hasabynyň aýratyn ýagdaýlary

Hasaplanan we iş ýüzünde gözegçilik edilen çökmeleri deňeşdirmek

Ýokarda görkezilen çökmeleri hasaplamalaryň amaly usullary desgalaryň we teýkarlaryň bile çökmelerini sadalaşdyrýan käbir ýolbermelere esaslanýar. Şonuň üçin çökmäniň çaklamalarynyň ygtybarlygyna baha bermekde gurlan desgalaryň dürli usullar bilen hasaplanan çökmesiniň hakyky ululyklary bilen deňemek wajyp ähmiýete eýedir. Beýle gözegçilikler onlarça ýyllaryň dowamynda daşary ýurtlarda alnyp barylýar.

S.N.Sotnikow S_h – hakyky (köşeşen) çökme bilen S_p – gatlaklaýyn jemleme usuly bilen kesgitlenen çökmäniň arabaglanşygyny deňeşdirýär. Inžener-geologik häsiýetlerine görä ähli obýektleriň teýkarlaryny gowşak ($E_0 = 5 - 10$ MPa) we dykyz ($E_0 > 10$ MPa) teýkarlara bölýär. Netijede, dykyz teýkarlarda fiziki we hasaplanan çökme $\pm 50\%$ takyklyk bilen gabat gelýär (50% ýagdaýda), galanlarda (45%). S_p ululygy S_h görä ep-esli uly bolýar. Gowşak teýgumlaryň 70%-de bu gabatlaşma bellenilýär; 25% ýagdaýda S_h ululygy S_p görä ep-esli uly. Gatlaklaýyn jemleme usuly bilen hasaplanan çökmäniň çaklamasynyň takyklygy binýadyň meýdanynyň we çuňlugynyň artmagy bilen kemelýändigini barada maglumatlar alnýar. Hasaplanan we iş ýüzünde çökmeleriň arasyndaky tapawutlar şeýle düşündirilýär:

1) meseläniň goýluşy bilen (aýry duran binýadyň çökmesiniň hasaby desganyň ähli konstruksiýasynyň gatylygyny göz önünde tutman hasaplanýar, gurluşyk çukury gazylanda teýkardaky teýgumlaryň böwşenleşmesi hasaba alynmaýar we ş.m.);

2) çökmäni kesgitlemek üçin kabul edilen hasap shemasynyň şertleýinligi bilen (teýgumlaryň gönüçyzykly ýarsma nazaryýetinde ýolbermelerini ulanylmagy, binýadyň dabanyndaky basyşy teýgumlaryň hasap garşylygy bilen çäklendirilmegi, teýkarda işjeň zolagyň çäklendirilişi we ş.m.);

3) teýkardaky teýgumlaryň ýarsma görkezijileri eksperimental kesgitlenendäki ýalňyşlyklar (esasan, gowşak teýgumlar üçin);

4) inžener-geologik kesim gurlanda dörän nätakyklyklar sebäpli, hasaplanýan teýkaryň hakyky gurluşynyň ýeterlik takyk dälligi bilen.

Emma ähli ýagdaýlary doly hasaba almaklyk hasaplamalary örän çylşyrymlaşdyrýar. Taslama işleri binýadyň ini $b < 10$ m we gurluşyk gazmasynyň çuňlugy $d < 5$ m bolan ýagdaýlarda çökmäniň hasabynyň amaly usullary inžener maksatlary üçin kanagatlanarly netijeleri berýärler.

Soňky ýyllarda çökmäniň hasaplamalarynda Gurluşyk normalaryna girizilen gurluşyk gazmalary özleşdirilende teýgumlaryň böwşemleşmesini hasaba alýan Z.G. Ter-Martirosýanyň usuly ulanylýar.

Gazma gazylanda teýgumyň böwşemleşmesini hasaba alyp, binýadyň teýkarynda çökmäniň ösüş prosessini şertleýin iki tapgyra bölýärler:

- 1) başky dartgynlygyň artyp, tebigy basyşyň dartgynlygyna ýetende çökmäniň bölegini S_1 kesgitlemek;
- 2) $\gamma \cdot \alpha$ dartgynlygyň artyp, doly bahasyna ýetende çökmäniň bölegini S_2 kesgitlemek.

Onda umumy çökme $S = S_1 + S_2$. (S_1 we S_2) gatlaklaýyn jemleme usuly bilen kesgitlenýär.

Şeýlelikde, bu ýol bilen tapylan doly çökme $S = S_1 + S_2$ böwşenleşmäni hasaba alman tapylan çökmeden azdygyny hasaplamalar görkezýär. Gapdal giňelmäni hasaba alýan teýgum gatlagynyň garşylyşynyň hasap shemasyny ulansaň, has takyk netijeleri alyp bolar. Munda hasaplamalar we teýgumyň ýarsma görkezijilerini kesgitlemegiň tehnikaşy has çylşyrymlaşýar.

Teýgumlaryň gönüçyzyksyz ýarsmasyny hasaba almak. Ýokarda berlen çökmäniň hasap usullary teýgumlaryň gönüçyzykly ýarsma nazaryýetine esaslanan we binýadyň dabanyndaky doly basyş teýgumyň hasap garşylygyndan uly bolmadyk ($P \leq R$) şert üçin adalatlydyr. Käte dykyz teýgumlarda gurluşyk edilende bu şert üçin hasaplanan çökme aňryçäk çökmeden ep-esli kiçi ($S \ll S_u$) bolýar.

Şeýlelikde, binýadyň tygşytly ölçeglerini almak üçin onuň dabanyndaky basyşy birneme artdyryp bolar. Emma bu ýagdaýda garaşylýan çökmäni hasaplamak üçin gönüçyzykly ýarsma nazaryýetini ulanmak mümkin däl. Teýgumlaryň gönüçyzykly ýarsma çäginin daşynda ($P > R$) çökmäniň hasaby çylşyrymly we häzirki döwürde EHM ulanyp san usullary bilen ýerine ýetirilýär. Emma käbir ýolbermelerde basyşyň göni baglanyşygyň çäginin daşynda çökmäniň hasaplary üçin golaýlaşdyrylan usullary özleşdirip (işläp) bolar.

Bu usulyň manysy “çökme-basyş” we “ýarsma-dartgynlyk” egrileriniň meňzeşliginiň ulanylýanlygydyr. $P \leq R$ bolanda çökme bilen basyşyň baglanyşygy gönüçyzykly diýlip kabul edilýär. $P = P_u$ bolanda çökme tükeniksiz hasaplanýar.

$P = R$ bilen $P = P_u$ aralykda basyşyň çökmä baglylygynyň egričyzykly bölegini häsiýetlendirýän funksiýany tapsak, onda mesele çözülýär. Bu usul bilen çökmäniň hasaby şu yzygiderlikde geçirilýär. Ilki $P = R$ üçin binýadyň çökmesini gatbarlaýyn jemleme usuly bilen hasaplaýarlar. Hasaplamada $S \ll S_u$ bolsa, onda binýadyň täze kiçi ini bellenýär we onuň üçin **P** täze bahasy kesgитlenýär, ol $P > R$ bolar. Binýadyň täze ölçegleri üçin häsiýetnamalary

hasaba alyp, \mathbf{P}_u bahasy kesgitlenýär we formula boýunça S_p hasaplanýar. Bu ýagdaýda $S_p \leq S_u$ şertiň berjaý edilmegi hökmandyr.

9. Teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerinde hasaplamanyň sanly usullarynyň ulanyşy barada

9.1. Ahyrky tapawutlar usuly (ATU) we ahyrky elementler usuly (AEU) barada düşünje we olaryň teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerinde ulanylyşy

Teýgumlaryň basyşyň astynda ýarsmasy örän çylşyrymly prosesdigini belläpdik. Ol teýgumlaryň tebigaty we konstruksiýalardan düýpgöter tapawutlanýan häsiýetleri bilen bagly. Teýgumlara aram basyşlarda hem dartgynlyk bilen ýarsmasynyň arasyndaky baglanyşyk gönüçyzyksyz (fiziki gönüçyzyksyz), özem plastik (galyndy) ýarsma ýarsmanyň köp bölegini düzýär. Teýgum massiwiniň dartgynly – ýarsma ýagdaýynyň aýratynlygy onda berkligi boýunça aňrybaş ýagdaýyň öňisyrasyndaky we aňrybaş ýagdaýdaky sebitleriň bilelikde bolmagydyr.

Bu sebitlerde teýgumyň häsiýetleri dürli ýagdaýyň deňlemeleri bilen ýazylmalydygy äşgär. Köplenç teýgum massiwleri birmeňzeş däl, ýagny olar düzümi we mehaniki häsiýetleri boýunça dürli teýgumlardan düzülen. Teýgum massiwleriň daşky çäkleri, gatlaklaryň çäkleri, ýerasty desgalaryň ýerasty böleginiň şekilleri köplenç çylşyrymly geometrik sypatly, olary kesgitli çözgütleriň içinde görkezmek mümkin däl.

Bitewi ýarsýan gurşawyň mehanikasynyň matematiki apparatynyň, amaly matematikanyň we hasaplaýyş tehnikasynyň ösmegi gyra çäk meseleleri çözmegiň sanly usullarynyň esasyny goýdy. Häzirikçe sanly usullar diňe aýratyn çylşyrymly we jogapkär ýagdaýlaryň amaly işlerinde ulanylýar. Emma onuň amaly meseleleri çözmekde gerimi giňelýär. Oňa ylmy we taslama edaralarynda depginli özleşdirilýän programma üpjünçiligi we ornaşdyrylýan ýokary öndürijilikli hasaplama tehnikaýy ýardam berýär. Teýgumlaryň

mekanikasynda sanly usullaryň içinde **ahyrky tapawutlar usuly (ATU)** we **ahyrky elementler usuly (AEU)** giňden ulanylýar.

Bu usullar ilki başda maýyşgak meseleleri çözmek üçin işlenen hem bolsa, soňra teýgumlar mehanikasynyň maýyşgak-süýgeşik meselelerini çözmekde ulanyp başlandy. Häzirki döwürde sanly usullar bilen teýgumlaryň köşeşmegini, sozulyp ýarsmanyň dinamikasynyň, gidrodinamikanyň we ş.m. meseleleri çözülýär. Sanly usullar teýgumlara mahsus aýratynlyklary hasaba alyp, desga bilen baglanyşykda teýgum masiwiniň özüni alyp baryşyny matematiki modelirlenmäge mümkinçilik berýär. Sanly usullary ulanmak üçin kesgitli meseleleri çözmäge niýetlenen hasaplama programmalary ýa-da programma toplumlary (kompleksleri) özleşdirilýär. Takyk meseleleriň aýratynlyklary (hasaplama sebitiniň sypaty, fiziki-matematiki häsiýetleri boýunça dürlüligi, gyra çäk şertleri we ş.m.) başky maglumatlarda berilýär we çözgüdiň algoritmini üýtgetmegi talap etmeýär. Bu bolsa, sanly usullaryň analitiki çözgütlerden wajyp artykmaçlygyny görkezýär.

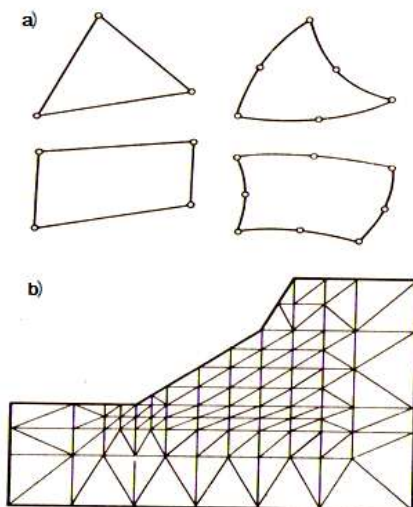
Ahyrky tapawutlar usulyňyň taglymaty çözülýän meseleleriň differensial deňlemelerdäki önümleri (proizwodnylary) **ahyrky tapawutlar** diýip atlandyrylýan üýtgemeleriň tapawut gatnaşyklary bilen çalyşmakdan ybarat. Netijede, gyra çäk meselesiniň differensial deňlemeleri **çyzykly algebraik deňlemeler ulgamyna** birleşdirilýän ahyrky-tapawutlar gatnaşyklary bilen çalşylýar. Hasap sebitiniň gyra çäginde üýtgemeleriň ýa-da olaryň önümleriniň üýtgemeyän bahalary görnüşinde gyra çäk şertleriniň girizilmegi deňlemeler ulgamyny kesgitli edýär.

Gurşawyň häsiýet görkezijileri ähli hasap sebitinde birmeňzeş ýa-da onuň aýry-aýry böleklerinde dürlü bolup biler. Bu ATU meselelerini birmeňzeş däl gurşaw üçin çözmäge mümkinçilik berýär. Uly mümkinçiliklere eýe bolan ATU teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerini çözmekde ahyrky elementler usulyndan (AEU) az ulanylýar.

Ahyrky elementler usuly differensial deňlemeler bilen ýazylyan köp meseleleri çözmekde örän giň ulanylýar. Bu usulyň ösmegi awiagurluşyk we kosmiki barlaglar bilen bagly. AEU meselelerini çözmekde hasap sebiti teýgum massiwi, “binýat - teýkar” ýa-da “desga - teýkar” kysymly ulgam we ş.m. görnüşde berilýär, ol birnäçe kiçi sebitlere (ahyrky elementlere) bölünýär.

Elementler sada görnüşli birölçegli, tekiz ýa-da giňişleýin sypatly bolup bilerler. Meselem, tekizlik meselesi çözülide gönüçyzykly we egriçyzykly üçburçluklar ýa-da dörtburçluklar ulanylýar (46-njy surat).

Elementlerde **düwün nokatlary** ýa-da **düwünler** diýip atlandyrylýan nokatlar alynýar. Düwünler köplenç elementleriň depelerinde ýerleşdirilýär, emma elementleriň gapdalynda ýa-da içinde hem ýerleşdirip bolar. Elementleriň umumy taraplary we düwünleri bar.



**46-njy surat. Ahyrky elementler usuly
ulanmaklygyň shemasy**

Elementlere bölünmegi (ahyrky elementli diskretizasiýa) sebiti mehaniki ýol bilen böleklerе bölmäni aňlatmaýar, bu diňe matematiki tär bolup, gurşaw ýarsma prosessinde bitewiligine we üznüksizligine galýar.

Takyk çözgüde has gowy golaýlaşma mesele çyzykly algebraik deňlemeler ulgamyna getirilende ýetilýär. Ahyrky elementleriň toruny güreldip ýa-da elementleriň has çylşyrymly funksiýalaryny ulanyp, meseläniň çözgüdiniň takyklygyny artdyrmak mümkin. Ulgamda deňlemeleriň sany düwünleriň sanyna baglylykda amaly meselelerde ýüzlerçä ýa-da münlerçä ýetip bilýär.

Teýgumlar mehanikasynyň fiziki gönüçyzyksyz meseleleriniň çözgüdi hasaplamalaryň *iterasion proseslerine* getirýän ýörite usullar bilen ýerine ýetirilýär. Bu prosess yzygiderli golaýlaşmany (iterasiýany) ýerine ýetirmekdir. Iterasion prosess çözgüdiň takyklygyna ýetilende tamamlanýar.

Fiziki gönüçyzyksyz meseleleriň çözgüdinde üýtgeýän gatylyk usuly, başlangyç dartgynlyklar usuly we başlangyç ýarsmalar usuly giňden ulanylýar.

Teýgumlaryň mehanikasynyň ýeten derejelerini sanly usullar bilen bile ulanyp, çözülýän inžener meseleleri ygtybarly hasaplamalar bilen esaslandyrylan tygşytly binýatlary taslamaga mümkinçilik berýär.

EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusíýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň 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. Nurgeldiýew N., Orazdurdyýew D., Teýgumlaryň mehanikasy dersi boýunça ýyllyk taslamasyny ýerine ýetirmek üçin usuly gollanma. Aşgabat, TBM, TPI, 2004.

11. Nurgeldiýew N., Orazdurdyýew D. Umumy inžener geologiýasy. Aşgabat, TDNG, 2008.
12. Акгаев Г. А., Ораздурдыев Д. Лабораторный практикум по механике грунтов. Ашхабад, ТПИ, 1991.
13. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л., Стройиздат, 1988.
14. Дашко Р. Э., Каган А. А. Механика грунтов в инженерно-геологической практике. М., Недра, 1977.
15. Зиангиров Р. С., Роот П. Э., Филимонов С. Г. Практикум по механике грунтов. М., Изд. МГУ, 1984.
16. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М., Высшая школа, 1982.
17. Механика грунтов, основания и фундаменты. Под ред. Ухова С. Б. М., Высш. шк., 2007.
18. Нургелдыев Н., Ораздурдыев Д. Лабораторные работы по инженерной геологии, дорожному грунтоведению и механике грунтов для студентов спец. 29.10 «САД и А». Ашхабад, ТПИ, 1989.
19. Полуботко А. А. Практикум по механике грунтов. М., МГРИ, 1981.
20. Полуботко А. А. Пендин В. В. Задачник по механике грунтов. М., МГРИ, 1991.
21. Цытович Н. А. Механика грунтов (краткий курс) М., Высшая школа, 1983.
22. Чеботарев Г. П. Механика грунтов, основания и земляные сооружения М., Строительство, 2008.
23. Швецов Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. М., Высшая школа, 1987.
24. TDS 609-2003. Teýgumlar dagynyk. Toparlama (Düzüjiler N. Nurgeldiýew we başg.).

“Türkmenstandartlary” Baş döwlet gullugy. Aşgabat, 2003.

25. TGN 2.02.07-98. Türkmenistanyň gurluşyk normalary. Jaýlaryň we desgalaryň düýbi. TMK-nyň ýanyndaky AGGMK. Aşgabat, 1998.

MAZMUNY

1. Giriş.....	7
1.1. Esasy düşüňjeler: teýkar we binýat. Teýgumlar mehanikasynyň manysy, çözyän meseleleri, ösüş taryhy, ähmiýeti, gaýry ylymlar bilen baglanyşygy.....	7
2. Teýgumlaryň düzümi, gurluşy we ýagdaýy.....	13
2.1. Teýgumlaryň jisim düzümi.....	13
2.2. Teýgumlaryň zireleriniň arsyndaky struktur baglanyşyklar.....	28
3. Teýgumlaryň esasy fiziki häsiýetleri we synplanýşy, teýkarlaryň gurluşy.....	42
3.1. Teýgumlaryň esasy fiziki häsiýetleri.....	42
3.2. Teýgumlaryň synplanýşy.....	63
4. Teýgumlaryň mehanikasynyň eksperimental-nazary esaslary.....	99
4.1. Teýgumlaryň mehanikasynda meseläniň goýluşy we teýgumlaryň ýarsma aýratynlyklary.....	99
4.2. Teýgumlaryň esasy hasap modelleri.....	109
5. Teýgumlaryň mehaniki häsiýetleri.....	117
5.1. Teýgumlaryň ýarsmasy.....	117
5.2. Teýgumlaryň suw süzdürijiligi.....	125
5.3. Teýgumlaryň berkligi.....	134
5.4. Teýgumlaryň ýarsma we berklik görkezijileriniň kesgitlenişiniň meýdan usullary.....	141
5.5. Teýgumlaryň mehaniki häsiýetleriniň hasap bahalarynyň kesgitlenişini.....	146
6. Teýgum massiwlerinde dartgynlygyň kesgitlenişini.....	150
6.1. Binýatlaryň we desgalaryň dabanynda dartgynlygyň Kesgitlenişini.....	150
6.2. Deňýaýran basyşyň täsiri.....	155
6.3. Binýadyň dabanynda dartgynlygyň kesgitlenişini (kontakt ýa-da galtaşma meselesi).....	162

6.4.	Teýgumyň öz agramyndan döreýän dartgynlygyň kesgitlenşi.....	166
7.	Teýgum massiwleriniň berkligi, durnuklylygy we söýget desgalaryna teýgumlaryň basyşy.....	168
7.1.	Soragyň ähmiýeti.....	168
7.2.	Teýgumlaryň desgalaryň teýkarynda durnuklylygy.....	170
7.3.	Teýkardaky teýgumlara düşýän kritiki (howply) basýşlar.....	173
7.4.	Teýgumlaryň eňnit ýapylarda durnuklylygy.....	178
7.5.	Söýget konstruksiýalara teýgumlaryň basyşy.....	183
8.	Teýgumlaryň ýarsmasy we desgalaryň teýkarlarynyň çöküşiniň hasaby.....	190
8.1.	Soragyň ähmiýeti.....	190
8.2.	Binýatlaryň teýkarlarynyň çöküşiniň hasaplarynyň nazary esaslary.....	194
8.3.	Binýatlaryň teýkarynyň ahyrky ýarsmasyny hasaplamagyň amaly usullary.....	198
8.4.	Wagt dowamynda binýatlaryň teýkarynyň çöküşi.....	202
8.5.	Binýatlaryň teýkarlarynyň çöküşiniň hasabynyň áýratyn ýagdaýlary.....	205
9.	Teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerinde hasaplamanyň sanly usullarynyň ulanyşy barada.....	209
9.1.	Ahyrky tapawutlar usuly (ATU) we ahyrky elementler usuly (AEU) barada düşünje we olaryň teýgumlaryň mehanikasynyň meselelerinde ulanylyşy.....	209
	EDEBIÝATLAR.....	213