TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

H.Şaripow, A.Geldiýew, J.Sapaýew

GIDRAWLIKA WE GIDROMETRIÝA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

H.Şaripow, A.Geldiýew, J.Sapaýew. “ Gidrawlika we gidrometriýa”

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

Dünýäde her bir ynsan üçin hünärleri özleşdirmekden, öwrenmekden beýik zat ýokdyr. Çünki ylymda, bilimde adamzadyň uzak geçmişi, şu günki hem-de nurana geljegi jemlenendir.

Gurbanguly Berdimuhamedow

SÖZBAŞY

Türkmenistanyñ hormatly Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyñ yglan eden we üstünlikli amala aşyrýan „Täze galkynyşlar we Beýik özgertmeler“ syýasy Maksatnamasy ýurdumyzyñ Garaşsyz we baky Bitarap ösüşinde täze taryhy eýýamy açdy. Bu eýýamyñ geçen üç ýylynda Türkmenistan dünýäniñ çalt we durnukly ösýän ýurtlarynyñ hatarynda ymykly ýerleşdi.

„Altyn-asyr Türkmen köli“, „Türkmenistan-Hytaý“ we „Türkmenistan-Eýran“ halkara gaz geçirijileri, gurulan köp sanly senagat desgalaryñ mysalynda Türkmenistan häzirkizaman ýokary derejeli tilsimatlary, dünýä ylymy-tehniki ösüşiniñ, şol sanda, Gidrawliki ylymynyñ gazananlarny doly özleşdirip we ulanyp bilýän ýurtdygyny subut etdi.

Türkmen politehniki institutynyñ “Gidrogeologiýa we inženerçilik geologiýasy” hünäriniñ okuw maksatnamalarynda Gidrawlika we gidrometriýa dersine hünäri esaslandyryjy we ýörite tehniki bilim öwrediji orun berilýär. Nebiti, gazy we suwy gazyp almak, saklamak, turbalar arkaly akdyrmak we gaýatadan işlemek bilen baglanşykly hem-de

maşynlar we enjamlar boýunça inžener-mehanikleri taýýarlaýan hünärlerde Gidrawlika we gidrometriýa dersi esasy tehniki bilen dersleri hatarynda seredilýär.

Ýokarda agzalan hünärleriñ Gidrawlika we gidrometriýa dersi boýunça nusgawy okuw maksatnamalaryna hem-de Türkmen politehniki institutynda köp ýyllaryñ dowamynda toplanan okuw işlerniñ tejribesine esaslanyp, „Umumy gidrawlika“ atly okuw kitaby taýýarlanyldy. Bu kitap Türkmen politehniki institutynyñ talyplary üçin niýetlenilýär. Belli derejede bu kitaby taslamaçy, gurnaýjy we ulanyjy hünärmenler gollanma höküminde ulanyp bilerler.

Kitaby ýazanlar: t.y.k.,dosent H.N.Şaripow 1-5-nji baplar; uly mugallym A.M.Geldiýew 6-nji baby we uly muhallymlar A. Geldiýew we J. Sapaýew 7-24-nji baplary işlediler.

1. GIRIŞ

Suwuklyklaryñ we gazlaryñ esasy fiziki häsiýetleri

1.1. Gidrawlikanyñ mazmuny we häzirki zaman meseleleri

Gidrwalika we gidrometriýa dersi suwuklyklaryñ, gazlaryñ deñagramlyk, hereket kanunlaryny hem-de bu kanunlaryñ dürli tehniki meseleleri çözmeklikde ulanyşyny öwredýän amaly ylymdyr. Suwuklyklaryñ, gazlaryñ we gidrohereketlendirijileriñ mehanikasy dersiniñ özenini Gidrawlika ylymy düzýär.

„Gidrawlika“ sözi „hýudor “ (suw) we „aulos“ (turba) grek sözlerinden alynypdyr we XIX asyrdan başlap Gidromehanika ylymynyñ kanallary we akdyryjy turbalary gurmak bilen baglanyşykly amaly meseleleri özünde jemleýän ylmy ugra öwrülipdir. XX asyryñ dowamynda senagatyñ tehnikanyñ we oba hojalygnyñ ösmegi bilen baglanşyklykda Gidrawlikanyñ (amaly gidromehanikanyñ) esasynda „Ýer asty gidrawlika“, „Amaly gazodinamika“, „Aerodinamika“ ýaly täze ylmy-amaly ugurlar döredi.

Gidromehanika ylmy nazary derñewlere esaslanmak bilen suwuklyklaryñ we gazlaryñ hereket kanunlarny öwrenmekde diñe matematikanyñ takyk usullaryny ulanýar. Nazary we amaly gidromehanika biri-birine esaslanýan we biri-birine baglanşykly, emma dürli derñew we çözgüt usullarny ulanýan bitewi ylymdyr.

Soñky ýyllarda, nazary we amaly gidromehanikanyñ esasynda täze Tehniki gidromehanika ylymy döredi. Bu ylym fizikanyñ we mehanikanyñ esasy ýörelgelerini ulanmak esasynda alynan netijeleriñ tejribe derñewleriniñ maglumatlary arkaly doly derejede tassyklamagyny gazanýar. Häzirki döwürde Tehniki gidromehanikanyñ ylmy usulýetine esaslanyp onuñ çözýän köpugrly gidrogazodinamiki amaly meseleleriniñ häzirki zaman talaplary doly ödemekligini üpjün etmek maksady bilen, bu ylymyñ has

ýöriteleşdirlen ugurlaryny döretmeklige ýykgynlyk edildi „Gidrwalika we gidrometriýa“ ýaly ylmy-amaly ugrlar gidrawlikanyñ häzirki zaman meselelerini has aýdyñlaşdyrmagyñ we giñeltmegiñ mysallarydyr.

Gidrastatikada asuda halda suwuklyklaryñ we gazlaryñ deñagramlyk kanunlary öwrenilýär. Suwuklyk we gaz göwrümlerinde gidrostatiki basyşyñ döreýşi we onuñ häsiýetleri, basyşyñ görnüşleri we ölçenişi, Paskalyñ kanuny we gidrostatiki basyşyñ tehnikada ulanylşy, dürli şekilli üstlerde döreýän gidrostatiki basyş güýjiniñ kesgitlenilşi, Arihmediñ kanuny we jisimleriñ ýüzmek şertleri ýaly meseleler öz çözgütlerinde gidrostatikanyñ kanunlaryna esaslanýandyr.

Gidrodinamikada yzygiderlilikde nazary we amaly nukdaý nazarlardan suwuklyklaryñ we gazlaryñ hereket kanunlary öwrenilýär. Gidradinamikanyñ başky baplary hereketiñ ylymda kabul edilen çüwdürüm modelini, onyñ esasy mehaniki görkezijilerniñ arabaglanşygny kesgitleýän deñlemeleri, suwuklyk we gaz akymlaryñ hereket kadalaryna we görnüşlerine hem-de akymlary çäklendirýän üstleriñ (akabalaryñ) häsiýetnamalaryna baglylykda döreýän gidrawliki garşylyklary we ýitgileri beýan etmeklikde, olaryñ esasy çözgütlerni nazary we amaly usullar bilen ýerine ýetirmeklige bagyşlanýar. Gidrodinamikanyň ahyrky baplary köp görnüşli geçiriji turbalaryñ, kanallaryñ, gidrotehniki desgalaryñ gidrohereketlendiriji we beýleki akdyryjy ulgamlaryñ gidrawliki hasaplamalary bilen baglanşykly amaly meseleleri çözmeklige bagyşlanýar.

Gidrostatikanyñ we gidrometriýanyň esasy meselelerini çuññur we ygtybarly öwrenmek maksady bilen degişli baplarnyñ soñunda nusgawy amaly meseleler getirilýär. Çözülýän meseleleriñ praktiki ähmiýetini döwrebaplaşdyrmak maksady bilen onyñ degişli temalarynda gerek bolan soragnama maglumatlary ýerleşdirilýär.

1.2. Gidrawlika ylymynyñ taryhy

Gidrawlika ylymynyñ taryhy adamzat durmuşynyñ we jemgiýetiniñ döreýiş we ösüş taryhy bilen gös-göni baglanğykdadyr.

Gadymy döwürlerden başlap adamzat suwy akdyrmak, ýerleri suwarmak, umuman suw hadysasyny boýun egdirmek maksady bilen köp işleri ýerine ýetiripdir.

Biziň eramyzdan 10 müň ýyl ozal Murgap we Tejen derýalarynyň ugrunda kiçi meliorativ desgalary ulanylypdyr. Messopotamiýada we Hindistanda 7 müň ýyl mundan ozal kanallar we suw howdanlary giňden ýaýrapdyr. Şol döwürlerden soňrak Müsürde, Rimde we Gresiýada suw geçiriji turbalar, akweduklar we beýleki suw desgalary ulanylyp başlanypdyr. Muňa garamazdan, şol döwürlerde gidrawlika ylmyna degişli ýazgy görnüşli ylmy çeşmeler ýa-da döredilmändir, ýa-da adamzadyň täze erasyna gelip ýetmändir.

Gidrawlika ylmy öz ýazgy görnüşli taryhy başlangyjyny biziň eramyzdan 250 ýyl öň ýaşan grek akyldary Arhimediň "Jisimleriň ýüzüjiligi hakynda" kanunyndan alyp gaýdýar. Emma gidrawlikanyň yzygiderli we köptaraplaýyn ösüşi diňe XV asyrdan soň başlanýar. Genial italýan alymy Leonardo-da-Winçi (1452-1519 ý.ý., gidrawliki energiýanyň nazaryeti), flamand alymy Stewin (1548-1620 ý.ý., gidrostatiki basyş güýjini hasaplamak), italýan alymlary Galileý (1564-1642 ý.ý., "Gidrostatiki paradoks" hadysasy), Toriçelli (1608-1647 ý.ý., suwuklyklaryň deşiklerden akyşyny hasaplamak) fransuz alymy Paskal (1625-1662 ý.ý., suwuklyklaryň daşky basyşy geçirijiligi, wakuum hadysasy) genial iňlis alymy Nýuton (1642-1724 ý.ý. suwuklyklarda içki sürtülme kanuny) we beýlekiler biri-birine baglanyşyzlykda gidrawlika ylmynyň düýbini tutdylar.

XVIII asyrda genial rus alymlary M. Lomonosow (1771-1765ý.ý. Massanyň we energiýanyň saklamak kanunlary...), D.Bernulli (1700-1782ý.ý. Gidrodinamika ýa-da suwuklygyň hereketi we güýçler hakynda ýazgylar...) we L. Eýler (1707-

1783ý.ý. Suwuklyklaryň deňagramlygynyň we hereketiniň deňlemeleri...) gidrawlikanyň bütewi ylym hökmünde döremegine we onuň düýpli ylmy ösüş ýoluna girmegine uly goşant goşdylar.

1738-nji ýylda D.Bernulli ýokarda agzalan ylmy işinde hyýaly suwuklygyñ elementar çüwdürimi üçin basyşyñ we tizligiñ arabaglanşygny kesgitleýän teoremany ýa-da deñlemäni ýazyp beýan etdi. Bu deñleme soñky döwürlerde Bernulliniñ deñlemesi diýip atlandyryldy hem-de gidrawlikanyñ esasy deñlemesi hökmünde kabul edildi. Suwuklyk we gaz akymlaryñ hasaplamalary, akymlary praktikada we tehnikada ulanmak, gidrawlikanyñ köpugrly çüwdürüm tilsimatlary we enjamlary öz çözgütlerinde we gurnalyşlarynda Bernulliniñ deñlemesine esaslanýarlar.

1755-1769-njy ýylarda L.Eýler M.Lomonosowyñ ilkinji bolup ýazyp beýan eden energiýanyñ saklanmak kanunyna esaslanyp, hyýaly suwukluk üçin statiki we dinamiki deñagramlylygyñ diferensial deñlemelerini ýazdy. Bu deñlemeler M.Lomanosowyñ we D.Bernullynyñ ylmy açyşlarynyñ takyk matematiki subutnamasy boldy. L.Eýler şeýle-de suwuklyk giñişliginiñ we hereketiniñ üznüksüzlüginiñ differensial deñlemesini ylma hödürledi. Bu deñlemeler nazary gidromehanikanyñ ylmy esaslaryny we düýpli çözgütlerini emele getirdi.

XIX asyrda gidrawlikanyñ ylmy döredijilik we ösüş ýoly dürli amaly ugurlar boýunça dowam edýär. Bu döwürde Fransiýada, Angilýada, Germaniýada we Rusiýada alymlaryñ we inženerleriñ gidrawlikadan ylmy mekdepleri döredi.

Fransuz gidrawliklary A.Şezi, I.Puazeýli we A.Darsi kanallaryñ we geçiriji turbalaryñ gidrawliki hasaplama usullary we formulalary, iñlis alymlary O.Reýnolds we R.Maning suwukluk akymlarynyñ hereket kadalary hem-de kanallaryñ we turbalaryñ gidrawliki hasaplama formulalary we koeffisientleri, nemes gidrawligi Ýu.Weýsbah ýerli gidrawliki garşylyklary we ýitgileri derñemek we kesgitlemek, rus alymlary N.P.Petrow we I.S.Gromeka suwukluklarda içki sürtülme garşylygy we kopilýar

hadysalary ýaly uly ylmy we praktiki ähmiýetli işleri ýerine ýetirdiler. Agzalan ylmy işleriñ netijeleri şu günki gidrawlika ylmynda we praktikasynda giñden ulanylýar.

XX asyrda senagatyñ we tehnikanyñ has ýokary depginler bilen ösmegi, deñi taýy bolmadyk gidroenergetiki desgalaryñ döremegi gidrawlika ylmynyñ praktiki ösüş esasyny has giñeltdi we berkitdi. Mehanika ylmynda meñzeşlik we ölçemeler nazarýetiniñ açylmagy we berk ornaşmagy, gidrawlika ylmynyñ nazary esaslaryna gaýtadan seretmeklige we ony çuñlaşdyrmaga mümkünçülik döretdi.

Rus awiasiýasynyñ atasy adyny alan N.Ýe.Žukowskiý (1836-1920ý.ý.)dünýä belli merkezi aerogidrodinamiki institutyny döretdi hem-de bu ugurdan ilkinji bolup giñ gerimli ylmy – barlag işlerini ýola goýdy. N.Ýe.Žukowskiý geçiriji turbalarda gidrawliki urgular we teýgumlarda suwyñ süzülme nazaryýetlerniñ awtorydyr. Ol şeýle-de suwuklugyñ laminar we turbulent kadaly hereketiniñ käbir nazary we amaly meselelerini aýdyñlaşdyrdy we giñeltdi.

S.A.Çaplygin (1869-1942 ý.ý.) häzirki zaman gazodinamika ylmyny esaslandyryjy hem-de nazary gidroaeromehanikanyñ soñky döwirlerdäki ösüşini üpjün eden alym hökümünde özini tanatdy.

N.N Pawlowskiý (1884-1937 ý.ý.) suwyñ süzülme nazarýetini dowam edip, onuñ öýjikli giñişlikdäki hereketiniñ amaly meselelerini elektrogidrodinamiki meñzeşlik usuly bilen çözmeklik usulyny we bu babatda ölçeg hasaplama enjamyny döretdi. Ol şeýle-de açyk akabalarda deñölçegsiz hereketiñ differensial deñlemelerini çözmeklige degişli köp sanly ylmy işleri ýazdy.

Belli sowet alymlary L.G.Loýsýanskiý, R.R.Çugaýew, S.A.Hristianowiç, M.W.Keldyş, M.A.Lawirentýew, L.I.Sedow, M.A.Welikanow, A.D.Altşul we beýlekiler we tanymal daşary ýurt alymlary D.Teýlor, T.Karman, L.Prandtal, G.Şlihting we beýlekiler açyk akabalaryñ, süzülme akymlarynyñ, kiçi we iri gidrotehniki desgalaryñ köp görnüşli çylşyrymly gidrawliki

meseleleriniñ amaly we nazary çözgütlerini, galybersede, köp ýyllaryñ dowamynda öz çözgüdüne garaşan turbulentigiñ ýarym empriki nazaryýetini döretdiler. Bu we beýleki köp sanly we köp ylmy-tehniki çözgütler, şu döwürde adamzadyñ emeli derýalary we kölleri döretmeklige, ummasyz suw we howa giñişliklerini özleşdirmäge, iñ amatly we gaýtadan döräp bilýän suw we howa akymlaryñ energiýasyny ulanmaklyga, suwy, howany, gazy we nebiti gaýtadan işlemeklige we olary rejeli ulanmaklyga mümkinçilik döretdi. Şeýle-de bolsa, gidrawliki hadysalarynyñ we meseleleriniñ köp görnüşliligi we çylşyrymlylygy sebäpli, olaryñ aýratyn ugurlarynyñ ylmy nukdaý-nazardan doly derejede çözülmekligi entek öz gezegine garaşýandyr.

Garaşsyz we Baky Bitarap Türkmenistan „Täze galkynyşlar we beýik özgertmeler“ Milli ýoly bilen öz 20 ýyllyk ýubileýine barýar. Bu ýolyñ her güni türkmeniñ asyrlar boýy arzuw eden döredijilik we ösüş gadamlary bilen beslenendir. Milli bilimi we ylmy häzirki zaman dünýä derejesinde ösdürmek biziñ milli Liderimiz hormatly Gurbanguly Berdimuhamedowyñ ilkinji syýasy çözgütleriniñ biri boldy. Hormatly Prezidentimiziñ üstünlikli we tutanýerli alyp barýan içeri we daşary syýasatynyñ miweleri hökmünde soñky ýyllarda gurlan deñi- taýy bolmadyk halkara gaz akdyryjy ulgamlary, Altyn asyr türkmen köli, dünýäde iñ uzyn emeli suw desgasy bolan Garagum derýasynyñ ugryndaky alynyp barylýan täze dikeldiş işleri öz esasy halk hojalygyny we ykdysadyýeti ösdürmek niýetlenişinden daşary, ýokary derejeli inženerleri taýýarlamak hem-de gidrawliki ylmynyñ gazananlaryny ulanmak we ony ösdürmk bilen baglanşykly okuw-ylmy-önümçülik işleriniñ ygtybarly esasyny döredýär.

1.3. Suwuklyklaryň we gazlaryň esasy fiziki häsiýetleri

Suwuklyklar we gazlar barada umumy düşünjeler: Suwuklyk ýa-da gaz materiýanyň (jisimiň) ýeňil akgynly faza halynyň görnüşidir. Bu jisimleri emele getirýän material bölejikler hem ýeňil hereketlidirler. Suwuklyk ýa-da gaz göwrüminiň hemişelik geometrik şekili ýokdyr. Olaryň islendik göwrüminiň şekili basyşa, temperatura we täsir edýän güýçleriň wektor meýdanynyň häsiýetine baglydyr.

Suwuklyklar bilen gazlaryň esasy mehaniki deňeşdirme aýratynlygy olaryň göwrüminiň basyşa baglylygydyr. Suwuklyklar basyş güýjiniň täsiri astynda öz göwrümini üýtgetmeýärler. Gazlar tersine-gysylanda göwrümi ep-esli kiçeldýärler. Seredilýan esasy ýagdaýlarda göwrümi üýtgetmeýän ýa-da ujypsyz üýtgedýän gazlar bilen suwuklyklaryň fiziki häsiýetleri bir meňzeşdir. Şonuň üçin normal şertli mehaniki prosesslerde suwuklyklar we gazlar bir jisim suwuklyk hökmünde seredilýärler.

Şeyle hem suwuklyklar we gazlar ideal we real görnüşlere bölünýärler. Ideal suwuklyklar hakyky (tebigy) däldir, olar islendik şertde hemişelik göwrümli, içki ürtülme güýji bolmadyk suwuklyklardyr. Real suwuklyklar tersine-hakyky, ýtgeýän göwrümli, şepbişikli suwuklyklardyr. Ideal suwuklyklar diňe ylmy-nazary derňemelerde ulanylýandyrlar. Bu babatda gidromehanika ylmy XIX asyrdan başlap iki ugra bolündi. Birinji ugur-teoretiki (nazary) gidromehanika – ideal suwuklyklary (gazlary) öwrenýän ylym, ikinji ugur – amaly gidromehanika (gidrawlika)-real suwuklary (gazlary) öwrenýän ylym.

Göwrüm (udel) agyrlyk: Suwuklyklaryň göwrüm (udel) agramy (γ) diýlip, olaryň göwrüm (V) birliginiň agramyna (G) aýdylýar. Diýmek,

$$\gamma = \frac{G}{V} \qquad N/m^3; \qquad (1.1)$$

Göwrüm agyrlyk temperatura baglydyr. Suwuklyklar (gazlar) gyzdyrylanda göwrüm agyrlygy kiçelýändir. Suw göwrüm agyrlygynyň maksimal ululygyna +3,98 ^0C temperaturada eýe bolýar. Bu görkeziji diňe suwa degişlidir.

Dykyzlyk: Suwuklyklaryň dykyzlygy (ρ) diýilip, olaryň göwrüm birliginiň massasyna (M) aýdylýar.
Diýmek,

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad g/sm^3\ kg/m^3, t/m^3. \qquad (1.2)$$

Dykyzlyk bilen göwrüm agyrlyk özara hemişelik baglanyşykdadyrlar. Hakykatdan hem, mehanikanyň II-kanuna laýyklykda suwuklygyň agramyny onuň massasy bilen aňlatsaň

$$G = M \cdot g$$

onda $\gamma = \frac{G}{V} = \frac{Mg}{V} = \rho g$

(1.3) bolar.

Bu ýerde g-agyrlyk güýjiniň tizlenmesi. Soňky aňlatmadan SI halkara ölçeg birliginde dykyzlyk üçin

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \qquad Ns^2/m^4 \qquad (1.4)$$

ölçeg birligini alyp bolar.

1.1-nji tablisada käbir suwuklyklaryñ we gazlaryñ göwrüm agyrlygy we dykyzlygy getirilýär.

Suwuklyklaryñ ($t=+20^0C$) we gazlaryñ ($P=10^5Pa$,) göwrüm agyrlygy we dykyzlygy.

1.1-nji tablisa

Suwuklyklar we gazlar	Göwrüm agramy $\gamma, \frac{N}{m^3}$	Dykyzlyk $\rho, \frac{kg}{m^3}$
Arassa tebigy suw	9890	998
Deñiz suwylar	10010-10090	1002-1029
Dizel ýangyjylar	8150-8450	831-861
Kerosinler	7770-8240	792-840
Awtomobil benziniler	6990-7470	712-761
Ilkinji arassalanan nebitler	8340-9320	850-950
Uçar benzinler	1250-7370	739-751
Gliserin	12260	1250
Kastor ýagy	9520	970
Mineral ýaglar	8000-8750	877-892
Etil spirti	7740	789
Kompressor ýaglar	8820-9060	899-924
Transfarmatorlaryň ýagy	8927	910
Industrial ýaglary	8839	901
Simap	132900	13547
Howa	11,6	1,20
Suw bugy	7,25	0,74
Tebigy gaz	6,87	0,70
Wodorod	0,81	0,08
Kislorod	12,8	1,30
Azot	11,3	1,15
Kömür turşy gazy	17,6	1,80

Ýylylyk giňelmesi: Ýokarda bellenilişi ýaly, suwuklyklaryň göwrümi temperatura baglydyr. Suwuklyklaryň ýylylyk giňelme koeffisiýenti (αt) bu hadysany α_t häsiýetlendirýän görkezijidir:

$$\alpha t = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}, \quad {}^0C^{-1} \qquad (1.5)$$

Bu aňlatmada

Vo-suwuklygyň başky temperaturadaky göwrümi,

ΔV - üýtgän göwrüm,

Δt - üýtgän temperatura.

Suwuklygyň ýylylyk giňelme koeffisiýentiniň kömegi bilen onuň göwrüm agyrlygyny (γ) we dykyzlygyny (ρ) islendik temperaturada takyk hasaplap bolýandyr,

$$\gamma_t - \gamma_0(1 - \alpha_T \Delta T) \quad (1.6)$$

$$\rho_t = \rho_o(1 - \alpha_T \Delta t) \quad (1.7)$$

Soňky aňlatmalarda γ_0 we ρ_0- normal şertlerdäki göwrüm agyrlyk we dykyzlyk, Δt-üýtgän temperatura, $\Delta t = t_a - t_1$, ^0C

Aşakda käbir suwuklyklaryň normal şertlerinde (t=+20 ^0C, P=10^5 Pa) ýylylyk giňelme koefisentiniň ululygy getirilýär:

Suw ....α_t=0,00015, $^0C^{-1}$;
Nebit ....α_t=0,00060, $^0C^{-1}$;
Spirt ....α_t=0,00110, $^0C^{-1}$;
Simap ....α_t=0,00018, $^0C^{-1}$;

Göwrüm gysylmasy: Bilişimiz ýaly, real suwuklyklaryň göwrümi basyşa baglydyr. Suwuklyklaryň göwrüm gysylma koeffisiýenti (α_p) bu hadysany takyk häsiýetlendirýän ululyk

$$\alpha_p = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta P} \qquad m^2/N,\ Pa^{-1},\ atm^{-1} \quad (1.8)$$

Bu ýerde ΔP - üýtgeýän basyş güýji, Pa

Hakykatdan hem suwuklyklar ujypsyz az gysylýandyrlar. Şonuň üçin, praktiki şertlerde göwrüm gysylma koeffisiýenti hemişelik ululykly san hökmünde kabul edilýär.

Mysal üçin, islendik göwrümli ýapyk gapda saklanýan suwa täsir edýän basyş güýji 500 atm çenli üýtgände (ΔP=500 atm), α_p=0,0000475 atm^{-1} diýilip kabul edilýär.

Göwrüm gysylma koeffisiýentiniň ters ululygyna

$$\frac{1}{\alpha_p} = K_p = \frac{V_0 \Delta P}{\Delta V} \qquad \text{Pa, atm.,} \qquad (1.9)$$

suwuklygyň göwrüm maýyşgaklygynyň (gysylma garşylygynyň) moduly diýilýär.

Suwuklykdan doldurylan absolýut ýapyk gaplar gyzdyrylanda (sowadylanda), onuň temperaturasynyň ýa-da basyşynyň ulylyklaryny kesgitlemek praktikada gaty wajyp meseledir. Bu meseläniň çözgüdi. (1.5) we (1.9) aňlatmalar bilelikde seredilende gelip çykýandyr. Dogrudan hem ýokarda agzalan aňlatmalar gabyň göwrümine (V_0) görä bilelikde çözülende gelip çykýan täze aňlatma goýlan soragyň takyk jogabydyr;

$$\Delta P = \alpha_t K_p \Delta t \qquad \text{Pa, atm.} \qquad (1.10)$$

Ýokarda getirilen (1.9) aňlatmany ΔV üýtgeýän göwrüm üçin ýazsak,

$$\Delta V = \frac{V_0 \Delta P}{K_p} \qquad (1.11)$$

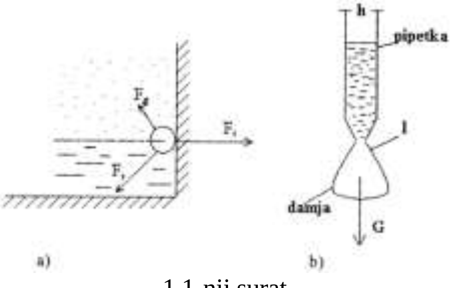
onda gysylýan suwuklyk üçin mehanikada belli Gukyň kanuny alynar.

Aşakda käbir suwuklyklaryñ göwrüm gysylma garşylyk modulynyñ ululygy getirilýär:

Suw ....K_p=2100 MPa;
Simap ....K_p=25000 MPa;
Gliserin ....K_p=4300 MPa;
Kerosin........................K_p=135 MPa;
Motor ýaglary ....K_p=1300 MPa;
Uçar ýaglary ....K_p=1350 MPa;
Industrial ýaglar...........K_p=1350-1530 MPa;

Tebigy suwuklyklaryñ göwrüm gysylma garşylyk modulynyñ ululygy ΔP=1-500 atm çäklerinde üýtgemeýän ululyk hököminde kabul edilýär. Dürli görnüşli ýaglaryñ we beýleki nebit önümlerniñ göwrüm gysylma garşylyk modulynyñ ululygy basyşyñ ululygyna laýyklykda kabul edilmelidir.

Üst dartylma güýji: Suwuklyklaryň göwrümlerini çäklendirýän üst (daşky) gatlaklarda çekiji (süýndiriji, ýolujy, goparyjy) güýçlere garşy üst dartylma güýçleri döreýändir. Bu güýji we onuň esasynda döreýän hadysalary hemme şertlerde görmek mümkin däldir. Muny kapillýarlarda, pezometrlerde we ş.m görüp bolar. 1.1a. suratda üç madda halyň (gaty jisim, suwuklyk we gaz) galtaşýan çäginde ýerleşen molekulanyň deňagramlygy görkezilipdir. Bu ýerde F_j, F_s we F_g - dürli haldaky maddalar tarapyndan molekula täsir edýän çekiji güýçleriň deňtäsiredijileridir. Bu ýagdaýda seredilýän molekulanyň (üstiň) haýsy tarapa hereket etjekdigi, güýçleriň ululygyna, has takygy olaryň geometrik jeminiň ululygyna we ugruna baglylygy şübhesizdir. Üst dartylma güýjiniň täsirini we häsiýetini mysalda göz öňüne getirmek maksady bilen, atmosfera ýagynlarynyň ýa-da kosmos giňişliginde (gemilerinde) suwuň islendik erkin göwrüminiň şar şekilli bolýandygyny ýeriň gatlaklarynda we ösümlikleriň suw aýlanşynda suwuklygyň hereketi esasan kapilýar öýjüklerdäki erkin ýokary galmanyň netijesidigni bilmek ýeterlikdir.



1.1-nji surat

Eger-de F_s güýç agdyklyk etse, onda suwuklygyň üsti (meniski) aşaklygyna süýşer, eger-de F_j güýç agdyklyk etse, onda menisk (üst) beýikligine süýşer. Bu hadysa kapillýarlyk ýa-da kapilýar hereket diýilýär. Kapillýar turbajyklarda, tebigy kapillýarlarda suwuklygyň süýşmegi (hereketi) uly aralyklar bolýandygy hakykatdyr.

Suwuklyklarda üst dartylma güýji häsiýetlendirýän ululyga üst dartylma koeffisiýenti (α_0) diýilýär. Bu fiziki ululygy islendik suwuklyk üçin, onuň bir damjasynyň görkezijileri boýunça kesgitläp bolar:

$$\alpha_0 = \frac{G}{\pi d}, \qquad \left(\frac{N}{m}\right) \tag{1.12}$$

Bu ýerde, G-damjanyň agramy, d - damjanyň esasy suwuklyk göwrüminden aýrylýan pursadyndaky kese kesiginiň uzynlyk ölçegi (m) (1. 1 b surata seret).

Deňeşdirme mysalynda käbir suwuklyklaryň üst dartylma koeffisýentiniň α_0 ululyklaryny getirýäris. (t=+20 ^{0}C, gurşaw giňişligi howa): suw 0,081 N/m; benzin 0,021; simap 0,541; çalgy ýaglary 0,035-0,038;

Gazlaryň häsiýetleri: Bilişimiz ýaly, suwuklyklardan tapawutlylykda gazlar dürli faktorlaryň täsiri zerarly öz tutýan göwrümlerini ýeňil üýtgetmeklige ukyplydyrlar. Hemişelik temperaturada basyşyň P ululygyna baglylykda gazyň göwrüminiň üýtgemek kanuny Boýl (1669 ý) we Mariott (1676 ý) aşakdaky görnüşde ýazyp beýan etdiler:

$$PV=const \tag{1.13}$$

bu ýerde, V - udel göwrüm ýa-da gazyň agram birliginiň göwrümi.

Hemişelik basyşda gazyň göwrüminiň temperatura baglylykda üýtgemegi Ge-Lýussak (1802ý) tarapyndan takyk kesgitlenildi. Hemişelik basyşda gazyň berlen massasy 1°C

gyzdyrylanda öz göwrümini 0°C temperaturadaky tutýan göwrüminiň α= 1/273 bölegine ulaldýar. Bu hemişelik α ululyk gazyň ýylylyk giňelme koefflsiýenti diýilip atlandyryldy we has takyk kesgitlemelere görä onuň ululygy α=1/273,15 deňligi anyklanyldy.

Şunlukda, ideal gazyň 0°C-dan t °C çenli üýtgeýän temperaturadaky göwrümini we basyşyny kesgitlemek üçin degişli gatnaşyklary ulanyp bolar:

$$V=V_0(,(l+\alpha t)$$

(1.14)

$$P=P_0(l+\alpha t)$$

(1.15)

Eger-de Selsiýa (°C) şkalasynyň 0-ny +273,I5° diýip kabul etsek, onda ýokarda getirilen gaz halynyň deňlemelerini has ýönekeý we umumy görnüşde ýazyp bolar. Bu ýylylyk ölçeg şkalasyna absolýut şkala diýilýär. Onuň başlangyç nokady ýa-da noly Selsiýa gradusynda - 273,15° deňdir. Ýylylygyň bu derejesine absolýut nol diýilýär we temperaturanyň halkara ölçeg birligi bolan kelwin (°K) gradusynyň başlangyç nokady ýa-da noly (T_0) bolup hyzmat edýär.

Şunlukda, gazyň T temperaturasy absolýut şkala boýunça T=273,l 5+t°C kabul ediler, bu bolsa adaty ýylylyk ölçeginde t=T-273,l 5°C deň bolar.

Onda 1.14 deňlemäni

$$V = V_0\left(1+\frac{T-273,15}{273,15}\right) = V_0\frac{T}{273,15} = V_0\frac{T}{T_0} \qquad (1.16)$$

görnüşde ýazyp bolar,

ýa-da

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \qquad (1.17)$$

hem-de 2.15 üçin

$$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0} \qquad (1.18)$$

Şeýlelikde, gazyň hemişelik massasy üçin aşakdaky wajyp gatnaşyklary alyp bolar:

T=const bolanda $PV=const$

P=const bolanda $\frac{V}{T} - const$ (1.19)

V=const bolanda. $\frac{P}{T} - const$

Bu gatnaşyklary bilelikde seredip, P, V we T ululyklary birleşdiriji hem-de gaz halyny san we hil taýdan doly beýan ediji esasy deňlemäni alyp bolar.

Goý T_1 temperaturada we P_1 basyşda gazyň udel göwrümi V_1 bolsun, onda T_2

temperaturada we öňki P_1 basyşda onuň V' udel göwrümi

$\frac{V_1'}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$ bolar, ýa-da

$$V_1' = V_1 \frac{T_2}{T_1} \qquad (1.20)$$

Gazyň V_2 udel göwrümi öňki T_2 temperaturada, emma P_2 üýtgän basyşda $P_1V'_1=P_2V_2$ ýa-da V'_1 ululygyny (1.20) ýerine goýup

$P_1V_1\frac{T_2}{T_1} = P_2V_2$ alynar.

Soňky deňlemedäki ululyklary tertipleşdirip şeýle görnüşde $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ ýazyp bolar. Onda

$$\frac{PV}{T} = const$$

ýa-da

$$PV=RT \qquad (1.21)$$

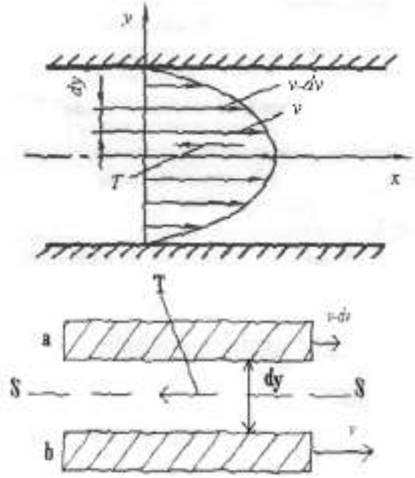
Soňky (1.21) deňleme ideal gaz üçin Klapeýperonyň deňlemesidir. Bu deňlemede R seredilýän gazyň hemişeligidir. Onuň ululygy gazyň düzümine we M molekulýar agramyna baglydyr. Islendik gazyň hemişeligi onuň 1 kilogramynyň hemişelik basyşda (P=const) 1°C temperatura gyzdyrylanda edip biljek işiniň ululygyny aňladýandyr. Onda

$$R = \frac{848}{M}\left[\frac{kgg.m}{kg.s}\right]; \qquad (1.22)$$

Meselem, howa üçin $R = \frac{848}{28,95} = 29,27\frac{kgg.m}{kg.s}$

Şepbeşiklik: Hereket edýän suwuklyk (gaz) göwrümini emele getirýän bölejikleriň (gatlaklaryň, çüwdürimleriň, üstleriň) akymyň çäginde dürli şertlerde bolýandyklary sebäpli, olaryň hereketleri üznüksiz bolsada, tizlikleri biri-birinden tapawutlydyrlar ýa-da otnasitel ululykdadyrlar. Bu ýagdaýy islendik akymda, hususanda kanallardaky we turbalardaky akymlarda has aýdyň görmek bolar. Tapawutly tizlikli ýa-da otnasitel hereketleriň döremegine we olaryň durnukly derejesini saklamaklyga sarp edilýän güýje Nýutonyň sözi bilen aýdylanda ″içki sürtülme güýji″ ýa-da şepbeşiklik diýilýär. Diýmek, şepbişiklik, suwuklyk (gaz) akymynyň hereketlendiriji güýçlerine garşy döreýän güýji häsiýetlendirýän we kesgitleýän fiziki ululykdyr.

Suwuklyk akymynyň düzüminde hereket edýän iki ýanaşyk gatlagyň deňagramlygyna seredeliň (1.2 surat). Tizlikleriň tapawudyna (dV) proporsional, umumy sürtülme tekizligiň (S-S ugry bilen, tizlik wektoryna garşylykly ugurda T ululykly sürtülme güýji döreýär.



1.2-nji surat.

Bu güýjiň ululygy

$$T = \frac{\mu s dV}{dy} \qquad (1.23)$$

ýa-da

$$\tau = \frac{T}{s} = \frac{\mu dV}{dy}; \qquad H/m^2, \ (1.24)$$

τ - sürtülme güýjiniň güýjenmesi, μ - şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýenti, d $\frac{dv}{dy}$ - tizlik gradiýenti. Eger-de (1.24) aňlatmany μ üçin ýazsak, ýagny

$$\mu = \frac{\varepsilon dy}{dV\mu}, \qquad Ns/m^2, \text{ Pa.s-Paskal sekund} \qquad (1.25),$$

onda şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýentiniň, otnositel hereket edýän suwuklygyň sürtülme meýdanynda wagt birliginde döreýän şepbeşiklik güýjiniň güýjenmesiniň ululygyny aňladýandygy subut ediler. Diýmek, dinamiki şepbeşiklik wagt birliginde döreýän içki sürtülme güýjenmesidir. Diýmek şepbeşiklik gs/sm^2 μ=l gfs/sm^2=1P_u (P_{uaz}) ýa-da SGSE fiziki ölçeg birliginde dinamiki şepbeşikligiň giň ýäýran ölçeg birligidir.

Gidrawlikada şepbeşikligiň kinematiki koeffisiýenti (ν) hem giňden ulanylýar. Bu ululygyň aňlatmasy

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad m^2/s \qquad (2.26),$$

Onuň fiziki manysy aşakdakydan ybaratdyr: şepbeşikligiň kinematiki koeffisiýenti otnositel hereket edýän suwuklykda wagt birliginde döreýän (süýşýän, typýan) üstiň ulylygyny aňladýandyr. Diýmek, kinematiki şepbişiklik güýji otnositel sürtülýän (typýan) üstiň meýdanynyň ululygydyr. Ululygy ν=l sm^2/s=l Cт deň bolan kinematiki şepbeşiklige Stoks diýilýär. Gidrohereketlendiriji ulgamlarda ulanylýan işçi gidrawliki ýaglaryň kinematiki şepbeşikligi dünýä praktikasynda esasan santistoks (cCт) birliginde aňladylýar. 1 cCт=0,01 Cт=1mm^2/s

Aşakda, 1.2-nji tablisada käbir suwuklyklaryñ dinamiki we kinematiki şepbeşiklik koeffisýentleriniñ ululyklary getirilýär.

Suwuklyklaryñ t=+20 ^{0}C tempiraturada şepbeşikligiñ ululyklary.

1.2-nji tablisa

Suwuklukar	Şepbeşiklik koeffisiýenti	
	Dinamiki μ, Pa·S	Kinematiki $\gamma \cdot 10^{-4}$ m^2/s
Arassa tebigy suwy	0,001	0,0101
Benzinler (t=+15 ^{0}C)	0,0006-0,0008	0,0083-0,010
Kerosinler (t=+15 ^{0}C)	0,0016-0,0025	0,02-0,03
Gliserin	0,512	4,10
Kastor ýagy	0,972	10,02
Mineral ýaglar	0,0275-1,29	0,313-14,5
Nebitler (t=+15 ^{0}C)	0,007	0,081-0,093
Simap	0,0015	0,0011
Etil spirti	0,00119	0,0151
Suwuk kömür kislatasy	0,00002	0,000202
Howa	0,0168	0,157

Tablisadan görnüşi ýaly suwukluklaryñ şepbeşikligi biri-birinden has tapawutlydyrlar. Suw bilen deñeşdirilende suwuk kömür kislotasynyñ şepbeşikligi 50 esse kiçidir, kastor ýagy bilen deñeşdirilende suwuñ şepbeşikligi 1000 esse kiçidir. Suwukluklary turbalar arkaly akdyrmak meselesinde olaryñ şepbeşiklik görkezijisi esasy kesgitleýjisi hem-de goşmaça çykdaýjy emele getiriji görkezijidir.

Suwuklyklaryň we gazlaryň şepbeşikligi olaryň temperaturasy we basyşy bilen baglanyşyklydyr. Ähli suwuklyklaryň şepbeşikligi temperatura ulaldygyça kiçelýändir. Gazlaryň şepbeşikligi tersine-ulalýandyr.

Islendik temperaturada suwuklyklaryň şepbeşikligi fransuz alymy Puazeýliñ formulasy boýunça kesgitlenilýär:

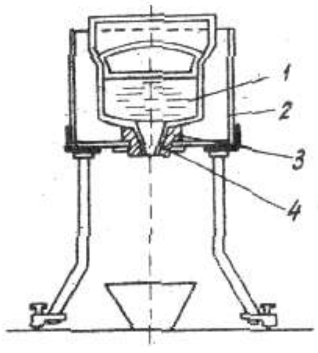
$$\nu = \frac{\nu_0}{1+\alpha t+\beta t^2} \qquad (2.27)$$

Bu ýerde: v_0- normal şertdäki kinematiki şepbeşiklik, t- suwuklygyň temperaturasy, α we β-suwuklyklaryň aýratynlyklaryna baglylykda kabul edilýän hemişelik ululyklar. Suw üçin 1.27 formula girýän ululyklaryñ san bahalary γ_0=0,0178 Pu (t=0 ^{0}C), α=0,0337; β=0,000221

Suwuklyklaryň we gazlaryň şepbeşikligi basyş ulaldygyça ulalýandyrlar. Emma gazlar üçin basyşyň belli bir kritiki ulylygyndan soň şepbeşiklik has kiçelýändir.

Suwuklyklaryň şepbeşikligi meýdan we tejribehana şertlerinde kabul edilen şertli birliklerde kesgitlenilýär we soňra adaty birliklere ýörite aňlatmalar ýa-da grafikler arkaly geçirilýär.

Suwuklyklaryň şepbeşikligi wiskozimetrlerde ölçenilýär. Tehnikada, önümçilikde we ylymda köplenç halatlarda nemes alymy Engleriñ wiskozometri ulanylýar. (1.3-nji surat)



1.3-nji surat.

Bu ölçeg enjamyñ 200 sm^3 göwrümli latundan ýasalan silindr şekilli 1 etalon gabyna derñelmeli suwuklyk guýylýar. Etalon gabyñ içi ýokary hilli reñkli metal gabygy bilen örtülýär. Derñelýän suwuklykly etalon gap 2 belgili suw wannasynda ýerleşýär hem-de iki sagatdan az bolmadyk wagytda awtomatiki kadada degişli tempiratura çenli gyzdyrylýar ýa-da sowadylýar. Etalon gabyñ güberçek şekilli düýbinde 3 belgili latun turbajygy we oña geýdirilen ýörite dykyly 4 belgili platina turbajygy

ýerleşdirilýär. Derñew mahalynda diñe etalon gabyndaky suwuklygyñ erkin akyp çykýan t_1-wagty ölçenýär.

Onda, derñelýän suwuklygyñ şertli şepbeşikliginiñ (ŞŞ) $E_{şş}$ ululygy t_1 we t_0 (derñew şertlerinde etalon gapdan distilirlenen suwuñ erkin akyp çykýan wagty), wagtlaryñ gatnaşygy görnüşinde kesgitlenilýär.

$$E_{şş} = \frac{t_1}{t_0} \qquad (1.28)$$

Kesgitlenen $E_{şş}$ şertleri şepbeşiklige Engleriñ şepbeşikligi ýa-da Engleriñ gradusy diýilýär.

Derñelen suwuklygyñ şepbeşikligniñ kinematiki koeffisýentiniñ ululygy ylymda Kabul edilen empriki geçiş formulalaryñ kömegi bilen hasaplanylýar.

Ubellodyñ (iñlis alymy) empriki formulasy:

$$\lambda = 0.0732; \qquad E_{şş} - \frac{0.0631}{E_{şş}}, \ \frac{sm2}{s} \qquad (1.29)$$

Fogeniñ (nemes alymy) has takyk emperiki formulasy:

$$\lambda = 0.01\ E_{şş}\ 7.6\ (1 - \frac{1}{E_{şş}}) \qquad \frac{sm2}{s} \qquad (1.30)$$

Meseleler we mysallar

1. Göwrümi V_1=I25 m^3, dykyzlygy $\rho_{□}$=760 kg/m^3 ýeňil nebit saklanýan rezerwuara ýene-de göwrümi V_2=224 m^3 we dykyzlygy. ρ_2=848 kg/m^3 bolan agyr nebit guýulypdyr.Garylan nebitleriň orta dykyzlygyny kesgitlemeli.

Garylan nebitleriň orta dykyzlygyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitläp bolar:

$$\rho_{g.n} = \frac{M_1 + M_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

Bu ýerde:

M_1 - dykyzlygy ρ_1 bolan ýeňil nebitiň massasy:

M_2 - dykyzlygy ρ_2 bolan agyr nebitiň massasy.

Onda degişli berlen ululyklary aňlatmada ýerine goýup, garylan nebitleriň orta dykyzlygynyň ululygyny kesgitläp bolar:

$$\rho_{g.n} = \frac{760 - 125 + 848 - 224}{125 + 224} = \frac{284952}{349} = 816{,}48\, kg/m^3$$

Jogaby: $p_{g.n}$=816, 48 kg/m^3

2. Ölçemeleri D=350 mm we H=1200 mm bolan silindr şekilli suwuk gaz saklanýan ballony gidrawliki barlag geçirmek üçin göwrümi V_2 we basyşy $P_2=60\cdot10^5$ Pa bolan suw bilen doldyryldy. V_2 göwrümiň ululygyny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Normal şertlerde ($P_1=9{,}81\cdot10^4$ Pa; T=293°k) ballona onuň erkin V_1 göwrümine laýyk suw guýup bolar. Bu suwuň göwrümi.

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4H} = 3.14 \cdot \frac{0.35^2}{4 \cdot 1.2} = 0.155395 m^3$$

Ululygy $P_2=60\cdot10^5$ Pa basyşly ballona guýulýan suwuň göwrümi, onuň göwrüm gysylma häsiýetine laýyklykda aşakdaky aňlatma boýunça kesgitläp bolar:

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + \frac{V_1(P_2 - P_1)}{K_0}$$
$$= 0{,}155395 + \frac{0{,}155395\,(60 - 0{,}981)10^5}{1962\ \cdot 10^6}$$

$$V_2 = 0{,}155395 + \frac{6{,}8105 \cdot 10^5}{1962\ \cdot 10^6} = 0{,}155395 + 0{,}000347$$
$$< 0{,}155742\, m^3$$

Bu aňlatmada $K_0=19{,}62\cdot10^8P_a$ – suwuň göwrüm maýyşgaklygynyň (garşylygynyň) moduly

Diýmek, suwdan doldurylan ballondaky basyş 60 esse ulaldylanda, suwuň göwrümi 0,34 dm^3 ýa-da 0,3 % kiçelýär.

Jogaby: $V_2=155{,}742dm^3$.

2. Temperaturasy $T_1=288°K$ nebitiň dykyzlygy $\rho_□=828$ kg/m^3 deňdir. $T_2=295°K$ temperaturada onuň şertli şepbeşikli ŞŞ=6,4°E (°E - nemes alymy Engleriň derejesi. Bu birlik suwuklyklaryň şepbeşikligini şertlerinde şertli şepbežiklik hökmünde ulanylýar). Nebitiň şepbeşikliginiň dinamiki μ we kinematiki υ koefisiýentleriniň ululygyny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Islendik temperaturada suwuklyklaryň (nebitiň) dykyzlygny aşakdaky aňlatmanyň kömegi bilen kesgitläp bolar.

$$\rho_2=\rho_□(l-\alpha_\tau\Delta T)=\rho_□[1-\alpha_\tau(T_2-T_1)];$$

Bu ýerde:

α_τ - nebitiň ýylylyk giňelme koefisiýenti, $T_1=288°K$ bolanda $\alpha_\tau=0{,}00077°K^{-1}$; Onda,

$$p_2=828\,[l-0{,}00077(295-288)]=823{,}5\ kg/m^3;$$

Nebitiň şepbeşikliginiň kinematiki koefisiýenti $T_2=295°K$ bolanda Ubbelodeniň emperiki formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$v_2=\left(0{,}0631ŞŞ-\frac{0{,}0631}{SS}\right)\cdot10^{-4}$$
$$=\left(0{,}0731\cdot6{,}4-\frac{0{,}0631}{6{,}4}\right)\cdot10^{-4}$$
$$=0{,}458\cdot10^{-4}\ m^2/s$$

Nebitiň şepbeşikliginiň dinamiki koefisiýenti T_2=295°K bolanda:

$\mu_2 = \nu_2 \cdot \rho_2 = 0,458 \cdot 10^{-4} \cdot 823,5 = 0,03772$ Pa·s.

Jogaby: $\nu_2 = 0,458 \cdot 10^{-4}$ m^2/s=0,458 St:

$\mu_2 = 0,03772$ Pa·s=$3,772 \cdot 10^{-5}$ Pu.

4. Agramy G=320000 kg, temperaturasy T_2=303°K bolan dizel ýangyjynyň tutýan göwrümini kesgitlemeli. Ýangyjyň temperaturasy 20°K peselende onuň göwrümi nähili üýtgär? Dizel ýangyjynyň ýylylyk giňelme koefisiýentiniň ululygyny α_t=0,00068°K^{-1} kabul etmeli.

5. Mator ýagynyň göwrüm agyrlygy γ=883 kg/m^3. Ýagyň temperaturasy 30°K ulalanda onuň şertli şepbeşikliginiň ululygy ŞŞ=7°E. Onuň şepbeşikliginiň dinamiki we kinematiki koefisiýentleriniň ululygyny kesgitlemeli.

6. Absolýut gaty diwarly ýapyk gaba 36 dm^3 nebit normal basyşda guýulypdyr. Gabyň içindäki basyşy 25 esse ulaltmak üçin oňa ýene-de näçe dm^3 suwuklygy goşmaça guýmaly? Nebitiň göwrüm gysylma modulyny K_0=1325 MPa kabul etmeli.

7. Nebitiň şepbeşikliginiň kinematiki koefisiýenti onuň ýylylyk derejesi t_1=10°C bolanda ν_1=21Pa·S deň, t_2=35° bolanda ν_2=0,3 Pa·S. Nebitiň şepbeşikligini t_3=20°C kesgitlemeli.

2-nji bap. GIDROSTATIKA

Gidrawlikanyň suwuklaryň we gazlaryň deňagramlyk kanunlaryny öwredýän bölümine gidrostatika diýilýär. Gidrostatikanyň esasy meseleleri aşakdakylardan ybaratdyr: suwuklyk göwrümine täsir edýän güýçleri anyklamak we olaryň deňagramlyk şertlerini häsiýetlendirmek, göwrümiň islendik nokadynda gidrostatiki basyşyň ululygyny kesgitlemek; göwrümde we üstlerde gidrostatiki basyşyň ululygyny we paýlanyşyny kesgitlemek; Paskalyň kanunyny we oňa esaslanan maşynlaryň işleýiş prinsiplerini öwrenmek; dürli şekilli üstlere täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygyny we basyş merkeziniň kordinatyny kesgitlemek; gidrostatiki basyş epýurlaryny we göwrümlerini gurmak; Arhimediň kanunyny öwrenmek we jisimleriň ýüzmeklik we deňagramlyk şertlerini kesgitlemek.

Ýokarda agzalan meseleleri çözmeklikde gidrostatikanyň ulanýan usullary, fizikanyň, nazary mehanikanyň we matematikanyň nusgawy usullaryna esaslanýandyr.

2.1 Asuda halda suwuklyklara täsir edýän güýçler we gidrostatikanyň esasy meselesi

Islendik suwuklyk göwrümine asuda we deňagramlyk ýagdaýda güýçleriň iki görnüşi täsir edýändir:

1. Daşky ýa-da üst güýçleri. Bu güýçler toplumy seredilýän göwrümiň daşky çäklendiriji üstüne täsir edýän güýçlerdir we olaryň ululygy üstiň meýdanynyň ululygyna göni proporsionaldyr. Bu güýçler göwrümi gurşap alan gurşawyñ basyş (gysyjy) ýa-da agyrlyk güýji, atmosferanyň basyşy we ş.m. bolyp bilerler.

2. Içki ýa-da massa güýçleri.

Bu güýçler toplumy seredilýän göwrümiň hut öz hususy göwrüminde döreýän we onuň massasynyň ululygyna proporsional güýçlerdir. Massa güýçlerine agyrlyk, inersiýa, maýyşgaklyk we ş.m. güýçler girip bilerler. Mysal üçin seredilýän suwuklyk göwrüminiň ölçemeleri dx,dy,dz bolanda, onuň agramy

dG=ρ·g·dx·dy·dz, we massasy dM=p·dx·dy·dz bolar. Eger-de massa güýçleriniň tizlenmeleriniň degişli proeksiýalary F_x, F_y, F_z bolsa, onda elementar göwrümde döreýän massa güýçleriniň proeksiýalarynyň ululyklary dG_x=p·dx·dy·dz·F_x; dG_y=p·dx·dy·dz·F_y, dG_z=p·dx·dy·dz·F_z bolarlar.

Gidrostatikanyň esasy meselesi-islendik suwuklyk göwrümine täsir edýän üst we massa güýçlerini san we hil taýdan hem-de bu güýçleriň bilelikde täsiriniň potensiallary netijesinde döreýän içki dargynlyk ýagdaýyň deňagramlylygy üpjün edýän esasy statiki şertdigini matematikanyň takyk usullary arkaly subut etmekdir.

2.2 Gidrostatiki basyş we onuň häsiýetleri

Asuda we deňagramlyk ýagdaýyny saklaýan suwuklyk göwrüminiň esasy mehaniki häsiýetnamasy onuň içki dartgynlyk ýagdaýydyr. Bu ýagdaý, ýokarda bellenişi ýaly, göwrüme täsir edýän daşky we içki güýçleriň jemleýji netijesidir.

Suwuklyk göwrüminiň (sütüniniň) döredýän içki dartgynlyk jemleýji güýjiniň güýjenmesine gidrostatiki basyş diýilýär. Bu kesgitleme aňlatma görnüşinde şeýle ýazylyp biliner:

$$p = \frac{P}{\omega} \qquad (2.1)$$

bu ýerde: p-gidrostatiki basyşyň ululygy, N/M^2, kgf/sm^2, kgf/m^2... T-göwrüme (sütüne) täsir edýän, daşky we içki güýçleriň deňtäsiredijisi (N, gf, kgf, tf-massanyň ölçeg birliklerini (g,kg,t) agram ýa-da güýç birlikleri höküminde ulanmak üçin girizilen güýç belgili goşundydyr. Şeýle bu birligi G, kG, T belgileri bilen aňladyp bolar) ω-göwrümiň (sütüniň) kesiginiň meýdany (m^2, sm^2, mm^2,…) Eger-de suwuklyk göwrüminiň (sütüniniň) kesiginiň meýdany çäksiz kiçeldilse, onda p′=lim(p/ω) w-gidrostatiki basyşyň nokatdaky ululygyny aňladar.

Gidrostatiki basyş öz döreýiş tebigaty boýunça gysyjy

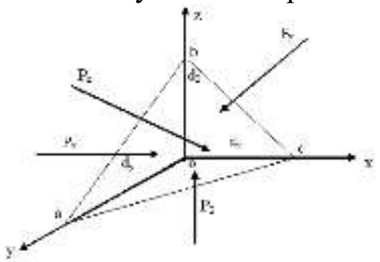
(dykyzlandyryjy) güýçdir sebäbi asuda we deňagramlylyk haldaky suwuklygyñ ýa-da gaz göwrümlerinde diñe gysyjy güýç bu şerti kanagatlandyrar.

Gidrostatiki basyşyň esasan iki häsiýeti bardyr.

1-nji häsiýet: gidrostatiki basyş islendik üste içki normal boýunça täsir edýändir. Bu teorema gidrostatik basyşyň wekto ululykdygyny we onuň islendik üste suwuklyk tarapyndan inderilen perpendikulýar ugur boýunça täsir edýändigini tassyklaýar. Bu teoremanyň subutnamasy hökmünde, gidrostatik basyşyň üstlere başga (ters) ugurlar boýunça täsir edende, suwuklyklarda statikanyň esasy talabyna (asudalyk, deňagramlyk) gabat gelmeýän hadysalaryň ýüze çykjakdygyna göz ýetirmek ýeterlikdir.

2-nji häsiýet: suwuklyk göwrüminiň islendik nokadynda gidrostatiki basyşyň ululygy ähli ugurlar boýunça üýtgrýän ululykdyr. Bu teorema gidrostatiki basyşyň ululygyny, onuň suwuklyk göwrüminde we üstlere ýaýraýşyny we paýlanyşyny kesgitleýän esasy teoremadyr.

Bu teoremanyň takyk matematiki subutnamasyna aşakdaky 2.1-nji suratda şekillendirilen mysalda seredip bolar.



2.1-nji surat

Asuda suwuklyk göwrüminden alynan dx, dy, dz ölçemeli 0abc elementar fraýderiň çäklendiriji üstlerine täsir edýän Px, Py, Pz güýçleri deňeşdireliň. Bu güýçleriň ugurlary ýokarda seredilen birinji teorema görä, degişli elementar üstlere normal ugurlar boýunça ugrykdyrlandyr. Olaryň ululyklary

$$P_x = \frac{1}{2} dydx \cdot P_x; \quad P_y = \frac{1}{2} dxdz \cdot P_y; \quad P_z = \frac{1}{2} dxdy \cdot P_z; \qquad (2.2)$$

bu ýerde P_x, P_y, P_z aob boc we aoc elementar üstleriň agyrlyk merkezindäki degişli gidrostatiki basyşlardyr. Eger-de elementar ölçemeler dx, dy, dz tükeniksiz kiçeldilse, tetraýderiň göwrümi tükeniksiz kiçeler we nokada öwrüler. Diýmek P_x, P_y, P_z we P_n bir nokatda we dürli ugurlarda täsir edýän deň ululykly gidrostatiki basyş güýçleridir. Şunlukda $P_x=P_y=P_z=P_n$

Bellik: suwuklyk göwrüminde (giňişliginde) gidrostatiki basyşyň ululygy, onuň täsir edýän nokadynyň koordinatlaryna baglydyr. Onda,

$$P=f(x;y;z), \qquad (2.3)$$

x, y, z - nokadyň kabul edilen giňişlikdäki koordinatlary. Gidrostatiki basyşyň üznüksiz doly üýtgeýän ululygy

$$dP = \frac{\partial P}{\partial x} dx + \frac{\partial P}{\partial y} dy + \frac{\partial P}{\partial z} dz \qquad (2.4)$$

bu ýerde dx, dy, dz – nokadyň koordinatlarynyň üýtgeýän ululyklary

$\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y}, \frac{\partial P}{\partial z}$ – gidrostatiki basyşyň degişli ugrlardaky hususy gradiýentleri.

2.3 Gidrostatikanyň esasy deňlemeleri

Gidrostatikanyň esasy deňlemeleri differensial we analitik görnüşlerde ýokarda agzalan meseleleri, ýagny, suwuklyklara täsir edýän güýçleriň deňagramlyk şertlerini, gidrostatik basyşyň

üstlere paýlanyş kanunlaryny, suwuklyk göwrüminiň islendik nokadynda gidrostatiki basyşyň ululygynyň kesgitlenilişini we beýlekileri takyk çözýän, subut edýän deňlemelerdir. Aşakda biri-birine baglanyşykda gidrostatikanyň esasy deňlemesiniň gelip çykyşynyňa we olaryň çözýän mysallaryna serediler.

Suwuklyklaryň deňagramlygynyň differensial deňlemesi 1755-nji ýylda genial rus alymy Leonardo Eýler tarapyndan düzüldi:

$$
\begin{aligned}
&Fx - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} = 0 \\
&Fy - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \qquad (2.5) \\
&Fz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial z} = 0
\end{aligned}
$$

Bu deňlemede F_x, F_y, F_z - suwuklyk göwrümine täsir edýän massa güýçleriniň tizlenmeleriniň degişli proeksiýalary, ρ - suwuklygyň dykyzlygy, $\partial P/\partial x$, $\partial P/\partial y$, $\partial P/\partial z$ – seredýän elementar göwrüme täsir edýän daşky güýçleriň degişli gradiýentleri.

Gidrostatikanyň differensial deňlemesi aşakdaky kesgitlemäni aňladýar: deňagramlyk halyny seredilýän suwuklyk göwrümine täsir edýän içki massa güýçleriniň tizlenmeleriniň degişli proeksiýalarynyň we daşky üst güýçleriniň degişli gradiýentleriniň algebraik jemleri nola deňdir. Diýmek, suwuklyk göwrüminiň asudalygynyň we ona täsir edýän güýçleriň deňagramlygynyň esasy şerti, olaryň potensiallarynyň (iş edip bilijilik ykybynyň) özara deňligidir.

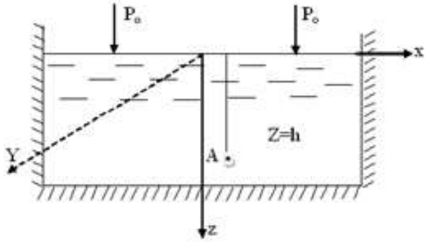
Eýleriň deferensial deňlemeler sistemasy gidromehanika ylmynyň matematiki we nazary başlangyjydyr we onuň esasydyr.

Bu deňlemeler sistemasyny belli usul bilen ýönekeýleşdirenimizde we çyzykly deňleme görnüşine getirenimizde ol **gidrostatikanyň esasy differensial deňlemesine** öwrüler.

$$dP=\rho(F_x dx+F_y dy+F_z dz); \qquad (2.6)$$

Bu deňlemede dP – daşky güýçleriň ýa-da gidrostatiki basyş güýjiniň doly üýtgeýän ululygy, $F_x dx+F_y dy+F_z dz$. – massa güýçleriniň birlikleriniň elementar işleriniň jemi. Görüşimiz ýaly bu deňleme statiki deňagramlygyň mukdar hasabyny has takyk matematiki görnüşde beýan edýär.

Gidrostatikanyň esasy differensial deňlemesiniň has giň ulanylýan çözgüdine mysal hökmünde 2.2-nji suratda görkezilen asuda suwuklyk göwrümine seredeliň.



2.2-nji surat

Tizlenmesi g ululykly agyrlyk güýji täsir edýän ρ dykyzlykly asuda suwuklyk göwrüminiň wertikal koordinaty (çuňlygy h) z bolan A nokadynda doly gidrostatiki basyşyň P ululygyny kesgitläliň.

Berlen şert üçin $F_x=0, F_y=0, F_z=g$.

Onda gidrostatikanyñ esasy differensial deňlemesi şu görnüşe geler

$$dP=\rho g dz. \qquad (2.7)$$

(2.7) Deňlemäni integrirläp şu görnüşde ýazaris:

$$P=\rho g z+C \qquad (2.8)$$

Ýokarda alynan 2.7 we 2.8 deňlemeleriň ýönekeý, emma uly ähmiýetli manysy bardyr, ýagny diňe hususy agyrlyk we hemişelik üst basyşy täsir edýän suwuklyk göwrümlerinde (tebigy we emeli şertlerinde çykýan ähli suwuklyklar) gidrostatiki basyş diňe çuňluga baglylykda 2.8 deňlemede integralyň hemişeligini berlen belli şert esasynda, ýagny, suwuklygyň üst tekizliginiň islendik nokady üçin (z=0) gidrostatiki basyşyň ululygy hemişelik $P=P_0$ ululykly daşky ýa-da üst basyşa deňdiginden kesgitleýäris. Şeýlelikde $C=P_0$ A nokatda doly absolýut gidrostatiki basyşyň ululygy

$$P=P_0+\rho gh \qquad (2.9)$$

bolar. Alynan 2.9-deňleme gidrostatikanyň esasy deňlemesi diýlip atlandyrylýar. Bu deňleme teorema derejesinde şeýle okalýar: otnositel asudalygyny saklaýan suwuklyk göwrüminiň islendik nokadynda doly absolýut gidrostatiki basyşyň (P) ululygy hemişelik ululykdaky (P_0) üst basyşyň we beýikligi nokadyň (h) çuňlygyna deň bolan suwuklyk sütüniniň agramynyň döredýän artykmaç (agyrlyk) basyşynyň (ρgh) jemine deňdir.

Gidrostatikanyň esasy deňlemesi praktikada we tehnikada gabat gelýän köp sanly amaly meseleleriň we mysallaryň çözgüdini özünde jemleýär. Bu tezisiň subutnamasy hökmünde suwuklyk göwrüminiň ähli nokatlaryna üst basyşyň geçişine (ýaýraýşyna) seredeliň. Bu hadysa mehanikada Paskalyň kanuny diýilýär we ol şeýle okalýar: Suwuklyklara täsir edýän daşky üst basyşy onuň ähli nokatlaryna üýtgemeýän ululykda ýaýraýar. Paskalyň kanunyna esaslanýan mysallar we gidrohereketlendiriji ulgamlar şu kitabyň XI bapynda giňişleýin seredilýär.

Paskalyň kanunynyň subutnamasy hökmünde ýene-de ýokarda seredilen mysala ýüzlenip bileris. Hakykatdan hem seredilen göwrümiň islendik (i) nokady üçin doly gidrostatiki basyşyň ululygy $P_i=P_0+\rho gh_i$ bolar. Diýmek, daşky hemişelik (P_0 üst basyşy göwrümiň ähli nokadyna (P_0=const) üýtgemeýän ululykda geçýär.

Gidrostatikanyň ýene-de bir deňlemesine deň basyşly üstleriň deňlemesi diýilýär. Bu deňleme gidrostatikanyň esasy differensial deňlemesinden, deň basyşly üstler üçin basyşyñ üýtgemeýänligini (dP=0) we seredilýän suwuklyk göwrümi üçin dykyzlygyñ (ρ=const) hemişelikdigini göz öňünde tutup, differensial deňleme görnüşde şeýle ýazylýar

$$F_x dx+F_y dy+F_z dz=0 \qquad (2.10)$$

Gidrostatikanyň (2.10) belgili deňlemesiniň takyk amaly çözgüdi hökmünde aşakdaky mysallara ýüzleneliň. Otnositel dynçlykda we agyrlyk güýjiniň täsirinde duran suwuklyk göwrümi üçin (2.2-nji surat) deň basyşly üstüň görnüşini kesgitläliň. Bu mysalda F_x=0, F_y=0, F_z=g. Onda deň basyşly üstüň deňlemesi

$$gdz=0 \qquad (2.11)$$

görnüşde ýazylar. Integrirlenen soň, deňleme

$$z=\frac{c}{g}=const \qquad (2.12)$$

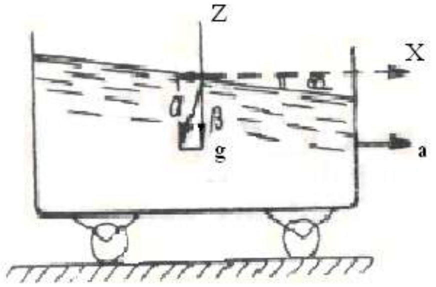
görnüşe geler. Bu deňleme, bilşimiz ýaly, wertikal (z) koordinaty hemişelik bolan tekizlikleriň (üstleriň) deňlemesidir. Diýmek otnositel dynçlykda duran suwuklyk göwrüminde islendik gorizontal tekizlik ýa-da üst deň basyşly üstdir. Onda 2.2-nji suratdaky mysalda XOY gorizontal tekizligne paralell geçirlen islendik tekizlik deñ basyşly üstdir.

Ýene-de bir mysal. Položitel ýa-da otrisatel tizlenme bilen hereket edýän gapdaky (awtomobil ýa-da demir ýol çelegi, 2.3-nji surat) suwuklygyň deň basyşly üstüniň görnüşini kesgitläliň. Bu ýerde F_x=±a; F_y=0; F_z=g. Onda, deň basyşly üstüň differensial deňlemesi

$$(\pm a)dx+(\pm g)dz=0 \qquad (2.13)$$

görnüşde ýazylar we integrirlenenden soň

$$(\pm a)x+(\pm g)z=C=const \qquad (2.14)$$



2.3-nji surat.

görnüşe geler. Bilişimiz ýaly, alynan deňleme eňňit ýa-da ýapgyt tekiz üstleriň deňlemesidir. Seredilen mysallarda ± - inersiýa güýjiniň tizlenmesi, ± - agyrlyk güýjiniň tizlenmesi, x, z - gabyň ýa-da suwuklyk göwrüminiň kese we dik ölçemeleri. Çyzgyda getirilen mysalda x=l, z=H 2.14 deñlemede ýerine goýup, integralyñ C hemişeligini kesgitläp bolar.

2.4 Gidrostatiki basyşyň görnüşleri we ölçeg birlikleri. Gidrostatiki napor

Napor rus sözünden alyndy. Napor suwuklyk ýa-da gaz göwrüminiñ içki doly basyşynyñ suwuklyk sütünine getirilen beýikligi türkmen dilinde ulanyp bilinjek dyñzab, bat, itgi ýaly sözler basyşyñ ýa-da içki dartgynlyk halyñ manysyny doly añlatmaýarlar.

Gidrostatiki basyşyň görnüşlerini we olaryň ululyklaryny deňeşdirmek üçin 2.3-nji suratda görkezilen tejribe mysalyna ýüzleneliň. Işçi doly däl asuda suwuklykly ýapyk gabyň h çuňlygynda ýerleşen A nokadynda gidrostatiki basyşy görmek we ölçemek üçin (V) we (P) wertikal aýnadan salan turbajyklardan peýdalanalyň. Bu ýerde (V) - trubajygyň ýokarky

ujy ýapyk we içi absolýut boşluk (absolýut wakuum), (P) - trubkanyň ýokarky ujy açyk we oňa atmosferanyň (howanyň) P_a basyşy täsir edýär. Bu trubajyk pýezometrik turbajyk ýa-da pýezometr diýilip atlandyrylýar. A nokada doly gidrostatiki basyşyň ululygy

$$P_A=P_0+\rho gh \qquad (2.9)$$

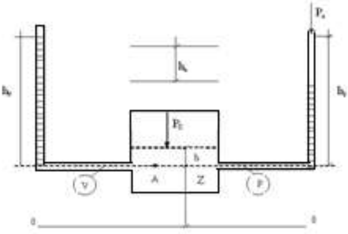
gidrostatikanyň esasy deňlemesi boýunça kesgitlenilýär we bu basyşyň täsiri (V) we (P) turbajyklarda suwuklyk degişli h_v we h_p beýikliklere galar. Onda, A nokatdaky gidrostatiki basyşyñ doly ululygyny aşakdaky deñlemeler arkaly hem kesgitläp bolar.

$$P_A=\rho gh_v \qquad (2.14)$$

hem-de

$$P_A=P_a+\rho gh_p. \qquad (2.15)$$

Diýmek, A nokatdaky gidrostatiki basyşyň ululygyny üç sany deňleme arkaly bilen kesgitläp we iki beýiklik bilen ölçäp bolar.



2.4-nji surat

Absolýut wakumly (V) turbajygyñ içindäki suwuklyk h_v sütüniniň agramy we beýikligi

$$h_v = \frac{P_a}{\rho g} = \frac{P_0}{\rho g} + h \qquad (2.16)$$

A nokatdaky doly absolýut gidrostatiki basyşyň ululygyny aňladýar. Pýezometrik turbajygyň içindäki suwuklyk h_p sütünininiň agramy we beýikligi

$$h_p = \frac{(P_A - Pa)}{\rho g} = \frac{(P_0 - Pa)}{\rho g} + h \qquad (2.17)$$

A nokatdaky artykmaç (manometrik, agyrlyk) gidrostatiki basyşyň ululygyny aňladýar, h_v we h_p beýiklikleri deňeşdirenimizde, olaryň tapawudynyň hemişelik ululykdygyna we onuň ýerli atmosfera basyşynyň ululygyna gabat gelýän suwuklyk sütünininiň beýikligidigine göz ýetirýäris. Dogrudan hem

$$h_v - h_p \frac{P_a}{\rho g} = 10\, m$$

10 metr suw sütüni 760 mm simap sütünine deňdir. Şeýlelikde, şol bir nokatdaky gidrostatiki basyşyň iki hili gönünişi (aňladylyşy) bolýandyr: absolýut we artykmaç (pýezometrik) gidrostatiki basyşlar. Umumy görünişde bu basyşlar şeýle aňladylýarlar:

$$P_{abs} = P_{art} + P_a \qquad (2.18)$$

ýa-da

$$P_{art} = P_{abs} - P_a \qquad (2.19)$$

Onda ýokarda belleýşimiz ýaly,

$$P_a = P_{abs} - P_{art}. \qquad (2.20)$$

Gidrostatiki basyşyň ýene-de bir görünişi-wakuumetrik

basyşdyr. Wakuumetrik basyş diýilip ululygy atmosferanyň basyşynyň ululygyna ýetmeýän basyşa aýdylýar, ýagny,

$$P_{vax}=P_a-P_{abs}=-P_{art} \qquad (2.21)$$

Diýmek, wakuumetrik basyş öz tebigaty boýunça otrisatel bellikli artykmaç basyş bilen gabat gelýär we ol diňe absolýut basyşyň ululygy atmosferanyň basyşyndan kiçi bolan ýagdaýda ýüze çykýar.

Eger-de gidrostatiki basyş suwuklyk sütünininiň beýikligi bilen aňladylanda, onuň ululygy erkin saýlanan 0-0 gorizontal tekizligine görä kesgitlense, onda bu wertikal beýiklige gidrostatiki napor (bat, itig, dyñzaw) diýilýär. (2.4-nji surata seret) Gidrostatiki naporyň fiziki manysy we düşündirilişi, gidrostatiki basyş bilen doly gabat gelýär. Ýokarda seredilen mysalymyzdan görnüşi ýaly, doly gidrostatiki naporyň ululygy

$$H=z+h_v \qquad (2.22)$$

artykmaç ýa-da, pýezometrik naporyň ululygy

$$H_p=H-h_a=z+h_p \qquad (2.23)$$

Diýmek, gidrostatiki basyşy napor görnüişinde aňlatmak üçin seredilýän mysal üçin hemişelik bolan, wertikal ž koordinaty ýa-da geometrik (geodeziki) beýikligi ulanmaly.

Meseleler we mysallar

10. Suw saklanýan ýapyk gaba birleşdirilen pýezometrdäki suw sütünininiň beýikligi h_p=3,8 m. Gapdaky suwa täsir edýän artykmaç üst basyşynyň (P_0) ululygyny kesgitlemeli. Pýezometr gaba h=2,0 m. çuňlukda birleşdirilipdir. (2.4-nji surat)

Suratda görkezilen deňagramlyk ýagdaýy üçin gapdaky suwa täsir edýän artykmaç üst basyşynyň (P_0) we pýezometrdäki suw sütünininiň döredýän artykmaç agyrlyk basyşynyň ($\rho g h_p$ deňlik şertini aşakdaky görnüişde aňladyp bolar:

$$P_0+\rho gh=\rho gh_p$$

bu ýerde:

ρ – suwuň normal şertlerindäki dykyzlygy, ρ= l000 kg/m^3;

g – agyrlyk güýjiniň tizlenmesi g = 9,8l m/s^2.

Onda $P_0=\rho g(h_p-h)$=l000 ·9,8 (3,8-2,0)=l7658 Pa;

Mysalyň jogaby: P_0=l7658; Pa=l7,658; KPa=0,0l7658; MPa=0,l7658 atm.

Bellik: Meseläni basyşyň absolýut ululyklarynda çözmek üçin açyk pýezometrdäki howanyň basyşynyň ululygyny göz öňünde tutmaly, ýagny:

$$\rho_0+\rho gh = Pa+\rho gh_p$$

Bu ýerde:

Pa – normal şertlerdäki howanyň (atmosferanyň) basyşy, Pa=l kgf/sm^2=10000 kgf/m^2 kgf/m^2=98100 Pa;

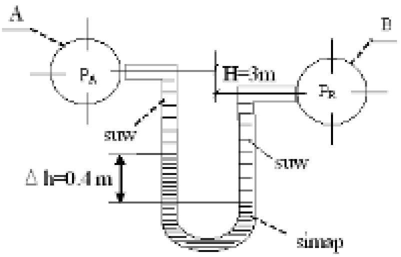
Onda $P_0=P_a+\rho g(h_p-h)$=98100+1000·9,81·1,8=115758 Pa.

Ýa-da P_0=0,115758 MPa=1,15758 Atm.

11. Çuňlygy H=4200m. bolan guýy buraw ergini bilen doldurylan. Erginiň göwrüm agyrlygy $\gamma_{b.e}$=1880 kgf/m^3. Guýynyň uzaboýundaky (urgy bölegi) basyşyň ululygyny kesgitlemeli.

Buraw ergini suw bilen çalşyrylanda basyş nähili üýtgär?

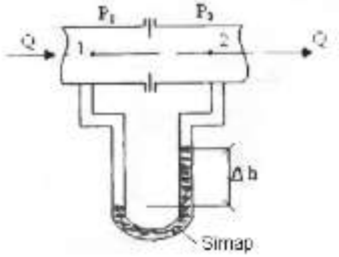
12. Beýikligi H=9,0 m bolan ýapyk wertikal nabit rezerwuarlarynyň ýokarky H_n=7,2 m, bölegi çig nabitden we aşakky galan bölegi suwdan ybarat. Rezerwuaryň düýbine täsir edýän doly gidrostatiki basyşyň ululygyny kesgitlemeli. Rezerwuardaky nebitiň doýan buglarynyň basyşy P_n=0,026 MPa.



2.5.-nji surat.

13. A we B geçiriji turbalardaky suwuň statiki basyşyň tapawudyny ölçemek üçin simaply differensial manometri ulanylypdyr. 2.5-nji suratda görkezilen şertler üçin P_A we P_R basyşlaryň tapawudynyň ululygyny kesgitlemeli. Suwuň we simabyň dykyzlyklary p_s=1000 kg/m^3 ρ_{si}=13600 kg/m^3, ululyklarda kabul etmeli. (2.5-nji surat).

14. 13-nji meseläniň suratyndaky şertlerde, B geçirijiturbadaky statiki basyşyň ululygyny P_B=0,65 MPa kabul edip, A geçiriji turbadaky P_A basyşyň ululygyny kesgitlemeli.



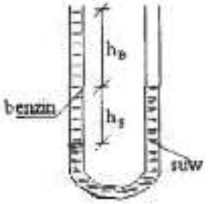
2.6-njy surat.

15. Gorizontal magistral gazgeçirijiniň geçirijilik ukybyny ölçemek üçin diafragma we ondaky statiki basyşyň tapawudyny ölçeýän 2.6.-nji suratda şekillendirlen simaply difmanometr ulanylypdyr. Ideal gazyň hereketi üçin, basyşlar P_1=5,5 MPa, P_2=5,25 MPa bolanda difmanometrdäki simabyň derejeleriniň ∆h tapawudynyň ululyklaryny kesgitlemeli. Gazyň orta dykyzlygy ρ=4,2 kg/m^3.

16. 15-nji meseläniň şertlerinde P_1=5,5 MPa, difmanometriň

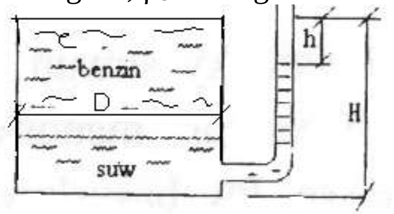
suwuklygy gliserine (ρ=2500 kg/m^3) çalşyrylanda we beýiklik Δh=0,8m bolanda P_2 basyşyň ululygyny kesgitlemeli.

17. U - şekilli aýnadan ýasalan turbajyga (2.7-nji surat) suw we benzin guýulypdyr. Normal şertlerde turbadaky suwuň beýikligi h_s=600 mm, benziniň beýikligi h_b=400 mm. Benziniň göwrüm agyrlygyny we dykyzlygyny kesgitlemeli. Suwuñ dykyzlygy ρ_s=1000 kg/m^3



2.7-nji surat.

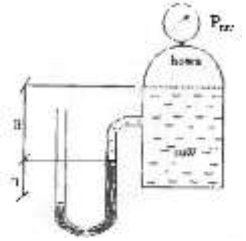
18. Diametri D=2,0 m wertikal silindr gaba H=1,5m derejä çenli suw we benzin guýulypdyr. Pýezometrdäki suwuň beýikligi gapdaky benziniň derejesinden h=300 mm ululyk pes (2.8-nji surat). Gapdaky benziniň agramyny we göwrümini kesgitlemeli. Suwuň we benziniň agram dykyzlyklary degişlilikde p_s =1000 kg/m^3; ρ_b=700 kg/m^3.



2.8-nji surat.

19. Suw bilen doly doldyrylmadyk gabyň ýokary bölegindäki howanyň basyşyny ölçeýän manowakumetriň görkezýän ululygyny kesgitlemeli. Gabyň gapdal üstüne birleşdirilen simap basyş ölçeýjisiniň degişli görkezijileri H=1,0 m, h=368 mm. (2.9-njy surat) Atmosferanyň (howanyň) basyşy Pa=740 mm. simap sütüni,

simabyň dykyzlygy ρ_{si} =13600 kg/m^3.

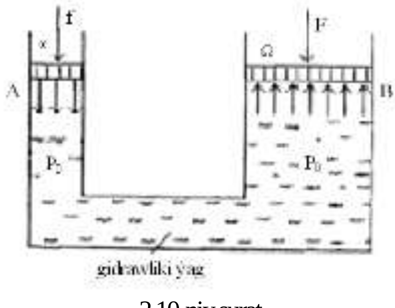


2.9-njy surat.

2.5 Paskalyň kanunynyñ tehnikada ulanylşynyñ mysallary

Suwuklyklaryň daşky basyşy geçirijiligi praktikada we tehnikada giňden ulanylýar. Paskalyň kanuny ýönekeý gidrostatiki maşynlaryň gurulyşynda, basyş üýtgedijileriň hem-de dürli görnüşli hereketi geçirijileriň, hereketlendirijileriň we dolandyryjylaryň işleýiş prinsiplerinde öz ornuny tapdy.

Ýönekeý gidrostatiki maşynyň gurlyş shemasyna we işleýiş prinsipine gidrawiiki pressiň mysalynda seredeliň. 2.10-njy suratdan görnüşi ýaly, gidrawliki press silindr şekilli iki sany galtaşýan A we B dik gaplardan ybaratdyr. Gaplar ýörite gidrawliki (industrial) ýagyndan doldurylýar.



2.10-njy surat

Gaplardaky suwuklygyň üst tekizliginde meýdanlary ω we Ω ululykly porşenler ýerleşdirilendir. Eger-de kiçi A porşene f ululykly güýç bilen täsir edilse, onda suwuklygyň islendik nokadynda ululygy $P_0=f/\omega$ ululykly basyş dörär. Bu basyş uly B porşende $F=P_0 \cdot \Omega$ ululykly güýji döreder. Şeýlelikde, pressde dörän gidrostatiki P_0 basyş hem-de güýçler f we F üçin, olaryň deňagramlygyny suratlandyrýan, gatnaşyk ýazyp bolar:

$$\frac{f}{\omega}=\frac{F}{\Omega} \qquad (2.24)$$

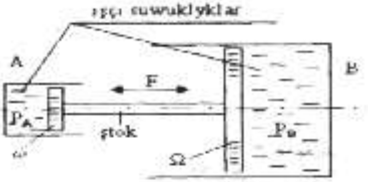
ýa-da

$$F=\left(\frac{\Omega}{\omega}\right) \qquad (2.25)$$

2.25 aňlatmadan görnüşi ýaly, f–ululykly kiçi güýjiň kömegi bilen, has uly F güýji (agramy) deňagramlaşdyryp bolar. 2.24 gatnaşyga başga hili seredilende güýçleriň gatnaşygy meýdanlaryň gatnaşygyna deňligi belli bolar.

$$\frac{F}{f}=\frac{\Omega}{\omega} \qquad (2.26)$$

Beýle diýildigi porşenleriň meýdanlary biri-birinden naçe esse uly bolsa, presde döreýän güýçler hem biri birinden şonça esse tapawutlanar. Häzirki zarnan senagat presslerinde işçi Pa basyş nasoslaryň kömegi bilen 5-20 MPa çäklerde döredilýär, hem-de işçi F güýjiň ululygy müňlerçe tonna bolup biler.



2.11-nji surat

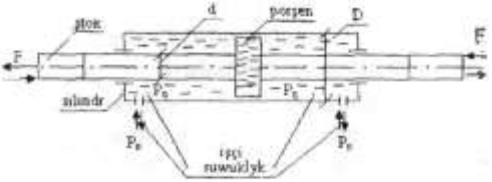
Tehnikada bir bitewi gidrawliki ulgamda basyşy dürli ululykly işçi suwuklyklar ulanyp bilinerler. Bu zeýilli gidrawliki enjamlara basyş üýtgedijiler ýa-da basyş reduktorlary diýilýär. 2.11-nji suratda bir basgançakly gidrawliki basyş reduktorynyñ shemasy we işleýiş prinsipi şekillendirilen. Bu enjam silindr şekilli ýörite suwuklykly A we B gaplardan, ω we Ω meýdanly hemişelik özara birleşdirilen porşenlerden ybaratdyr. Ulgamyň deňagramlygyny $P_A\omega=P_B\Omega$ (2.26) deňlemäniň kömegi bilen, P_A we P_B basyşlaryň döredýän F güýjiniň A we B gaplar (porşenler) üçin deňliginden suratlandyryp bolar. Enjamda işçi basyş hökmünde P_B ululykly kiçi basyş ulanylanda porşenler çepden saga hereket ederler,

ýagny: $$P_B=P_A(\omega/\Omega) \qquad (2.27)$$

Onda A gapdaky P_A ululykly uly basyş P_B ululyga çenli ω/Ω - esse kiçeldiler. Eger-de enjam basyş ulaldyjy hökmünde ulanylsa, onda tersine P_B ululykly başky basyş, porşenleriň sagdan çepe hereketi netijesinde Ω/ω - esse ulalar, ýa-da

$$P_A = P_B\left(\frac{\Omega}{\omega}\right) \qquad (2.28)$$

Gidrawliki hereket geçiriji, hereketlendiriji hem-de dolandyryjy ulgamlarda esasy iş guraly hökmünde güýç gidrosilindrleri ulanylýarlar. Bu gidrawliki gural içki suwuklykda döreýän P_0 basyşy garşylykly ugurlara yzygiderli gezegine täsir edýän F ululykly itiji – çekiji güýje öwürýän ýerine ýetiriji guraldyr. Güýç gidrosilindriniň gurluş shemasy we işleýiş prinsipi 2.12-nji suratda görkezilen.



2.12-nji surat

Gidrosilindriň çep işçi göwrümine P_0 basyşly suwuklyk akdyrylanda, porşen - ştok ulgamynda döreýän itiji - çekiji F güýjiň ululygy aşakdaky ululyga

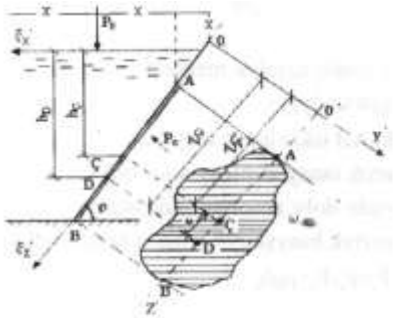
$$F = P_0 \pi \frac{\left(D^2 - d^2\right)}{4} \qquad (3.12)$$

deň bolar. Bu iş pursadynda, gidrosilindriň sag işçi göwrümindäki suwuklyk daşky ýapyk aýlaw kontura akdyrylar we porşen - ştok ulgamy çepden saga hereket eder.

Gidrohereketlendirijiler ulgamlarynyň niýetlenilşine we görnüşlerine laýyklykda gidrosilindrleriň dürli görnüşleri we enjamlaşdyryş shemalary bolup biler. Köp basgançakly we köp funksional bütewi ýerine ýetiriji gidrosilindrler ulgamyna gidromultiplikatorlar diýilýär. Gidromultiplikatorlar maşynlaryň we tilsimat prosessleriniň dolandyryjy we yzarlaýjy gidrawliki ulgamlarynda esasy ýerine ýetiriji işçi gurallardyr.

2.6. Suwuklyklaryň tekiz üstlere basyşy

Dürli statiki deňagramlyk hallarda, islendik suwuklyk göwrümini çäklendirýän üstlerde ýüze çykýan basyş güýçleriniň ululyklaryny hem-de şol güýçleriň basyş merkezlerini kesgitlemeklik gidrostatikanyň esasy amaly meseleleriniň biri bolup durýar.



2.13-nji surat

Ýapgytlygy φ burçy bilen $(0^\circ<\varphi<90^\circ)$ ölçenýän, tekizlikde ýerleşýän, şekili erkin görnüşli, merkezi OZ simmetriýa okynyň ugruna A we B nokatlar bilen çäklenen meýdany ω deň bolan tekiz üste täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygyny kesgitläliň. Seredilýän tekiz üsti otnositel deň agramlyk halyndaky suwuklyk saklanýan gabyň gapdal üstiniň bir bölegi hökmünde kabul edip bolar. Suwuklyga P_0 ululykly daşky üst basyşy täsir edýändir. AB üstiň daş tarapyndaky gurşawyň basyşy P_e deň.

AB üste täsir edýän daşky P_0 we P_e basyşlar özara deň däldirler hem-de atmosferanyň basyşyndan tapawutly basyşlardyr. Üstüň doly geometrik şekilini, çyzuw tekizligini 90° OZ' dik okunyň töwereginde aýlap görüp bolar. Koordinatlar ulgamynyň başlangyjy O nokat suwuklygyň üst tekizligi bilen AB üstiň dik simmetriýa okunyň kesişýän nokady bilen gabat gelýär. Ç nokat AB üstiň agyrlyk merkezidir.

Seredilýän mysalda koordinatalar oky aşakdaky tertipde kabul edilen:

OX' oky suwuklygyň üst gorizontal tekizliginde ýerleşýär; OY' oky suwuklygyň üst tekizligi bilen AB üstiň dowamynyň kesişýän çyzygy bilen gabat gelýär; OZ' oky aşaklygyna ugrukdyrylan we AB üstiň merkezi dik simmetriýa oky bilen gabat gelýär.

Umumy ýagdaýda AB tekiz üste täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň jemleýji ululugy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenip biliner.

$$P=P_ç\omega \qquad (2.30)$$

bu ýerde:

$P_ç$ - AB tekiz üstüň agyrlyk merkezi ç nokada täsir edýän doly absolýut gidrostatiki basyşyň ululygy;

ω - seredilýän AB tekiz üstüň meýdany.

Gidrostatikanyň esasy deňlemesine laýyklykda suwuklyk göwrüminiň islendik nokadynda doly absolýut gidrostatiki basyşyň ululugy daşky we içki artykmaç agyrlyk basyşlaryň jemleri hökmünde kesgitlenilýär. Diýmek

$$P_ç=P_0-P_e+\rho gh_ç \qquad (2.31)$$

bu ýerde:

P_0 - suwuklygyň üst tekizligine täsir edýän we Paskalyň kanuny esasynda onuň islendik nokadyna doly ululykda geçýän daşky üst basyşy;

P_e - AB tekiz üstüň daş tarapyndaky daşky gurşawyň döredýän basyşy;

ρ - suwuklygyň dykyzlygy;

g - agyrlyk güýjüniň tizlenmesi;

$h_ç$ - AB tekiz üstüň agyrlyk merkeziniň çuňlugy;

Onda (2.30) aňlatmada (2.31)-den $P_ç$ basyşyň ululygyny ýerine goýup aşakdaky görnüşinde ýazyp bolar.

$$P=(P_0-P_e+\rho gh_ç)\omega \qquad (2.32)$$

Şeýlelikde (2.32)-den gelip çykyşy ýaly, tekiz üstlere täsir edýän gidrostatiki basyş güýjüniň ululygy üstüň agyrlyk merkezine täsir edýän daşky basyşlaryň tapawudy bilen şol nokatda täsir edýän artykmaç agyrlyk gidrostatiki basyşyň jeminiň üstüň meýdanyna köpeltmek hasylyna deňdir.

(2.32) aňlatmany äşakdaky görnüşinde ýazyp bolar:

$$P=(P_0-P_e)\omega+\rho gh_ç\omega \quad (2.33)$$

ýa-da

$$(P_0-P_e)\omega=P_0 \quad (2.34)$$

$$\rho g\, h_ç\cdot\omega=P_s \quad (2.35)$$

Soňky aňlatmalarda P_0 seredilýän üste täsir edýän daşky basyş güýji we P_s – üste täsir edýän artykmaç ýa-da agyrlyk gidrostatiki basyş güýji. Diýmek, umumy ýagdaýda islendik tekiz üste gidrostatiki basyş güýçleriniň iki görnüşi - daşky we agyrlyk gidrostatiki basyş güýçleri täsir edýändir.

Eger-de $P_e=P_{atm}$ bolsa, ýagny seredilýän üstüň daş tarapynda artykmaç basyş bolmasa, onda:

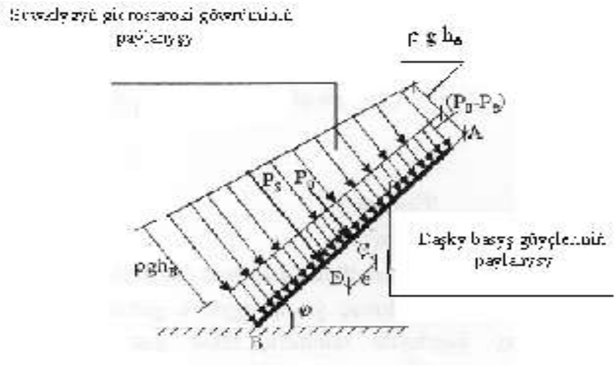
$$P_0=P_0\cdot\omega \quad (2.36)$$

Eger-de $P_0-P_e=P_{atm}$ bolanda, ýagny üstüň iki tarapynda-da artykmaç basyş bolmasa onda

$$P=P_s=\rho gh_ç\cdot\omega \quad (2.37)$$

Ýa-da üste täsir edýän gidrostatiki basyş güýji diňe suwuklygyň degişli göwrüminiň ($V_{bg}=h_ç\cdot\omega$) agyrlyk basyş güýji bilen çäklener. $V_{bg}=h_ç\cdot\omega$ ululyk basyş göwrümi diýilip atlandyrylýar. Diýmek basyş göwrümi seredilýän tekiz üst bilen suwuklygyň üst tekizligi bilen çäklenen basyş güýjüni döredýän suwuklyk göwrümine aýdylýar.

Tekiz üstlere täsir edýän gidrostatiki basyş güýjüniň jemleýji ululygynyň düzümini statiki nukdaý-nazardan 2.14-nji suratda görkezilen basyş güýçlerniñ paýlanşynyñ mysalynda seljerip bolar. Ýokarda bellenilşi ýaly daşky basyş güýçleriniň üste deň ululykda paýlanýar we bu güýçleriň deň täsiredijisi P_0 üstiň agyrlyk merkezinde (Ç nokatda) ýerleşýär.



2.14-nji surat

Suwuklygyň basyş göwrüminiň döredýän artykmaç agyrlyk güýji üste deň ululykda paýlanmaýar. Bu güýjüň agramy çuňluk ulaldygyça ulalar. Suwuklygyň agyrlyk güýjiniň deň täsir edijisi basyş merkezinde (D nokatda) ýerleşýär. 2.14-nji suratdaky basyş güýçleriniň paýlanyş şekiline gidrostatiki basyşyň epýury diýilýär.

Umumy ýagdaýda üstüň basyş merkeziniň onuň agyrlyk merkezine görä ýerleşýän l – aralygy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$l = \frac{I_0}{S_{ox'}} = \frac{I_0}{z_c \cdot \omega} \qquad (2.38)$$

Bu aňlatmada:

l - üstüň agyrlyk we basyş merkezleriniň aralygy;

I_0- seredilýän üstüň öz merkezi simmetriýa okuna görä inersiýa pursady;

$S_{ox'}$-üstüň ox gorizontal koordinatalar okuna görä statiki pursady;

$z_ç$ - üstüň agyrlyk merkeziniň dik koordinaty.

(2.38) aňlatmadaky l aralyga basyş merkeziň eksentrisiteti diýilýär. Bu ululyk üstüň <φ - ýapgytlyk

burçynyň ululygyna baglylykda üýtgeýän ululykdyr. $<\varphi=0$ (gorizontal tekiz üstler) l=0 bolar ýa-da üstüň agyrlyk we basyş merkezleri gabat gelerler. $<\varphi$ ulaldygyça basyş güýjüniň eksentrisiteti ulalar. $<\varphi=90^0$ (dik tekiz üstler) bolanda *l* maksimal ululyga deň bolar. Bu ýagdaýda üstüň basyş merkeziniň çuňlugyny (h_D) aşakdaky görnüşde kesgitläp bolar:

$$h_d = h_c + l_{\max} = \frac{I_0}{h_c \cdot \omega} \qquad (2.39)$$

bu ýerde:

$h_ç$ – üstüň agyrlyk merkeziniň çuňlygy;

$l_{\max}$ – dik tekiz üst üçin basyş merkeziň maksimal eksentrisiteti.

2.7 Basyş göwrüminiň we merkeziniň grafo-analitiki usuly bilen kesgitlenilşi

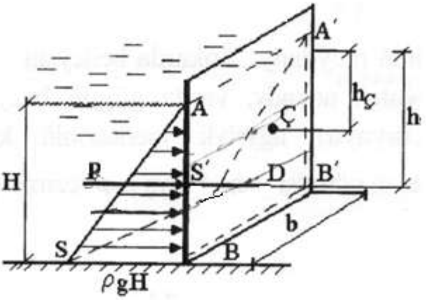
Ýokarda bellenilişi ýaly üstlere täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy getirilen basyş göwrüminiň agramy bilen kesgitlenýär. Diýmek, islendik tekiz üste täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy

$$P=\rho g V_{bg} \qquad (2.40)$$

aňlatma boýunça kesgitläp bolar.

Bu ýerde, V_{bg} - basyş göwrümi. Basyş göwrüminiň geometrik şekili seredilýän üstüň şekiline we gidrostatikanyň esasy kanunlaryna laýyklykda gurulýar. Basyş göwrümi umumy ýagdaýda üste täsir edýän gidrostatiki basyşyň epýury bilen çäklenen giňişlik geometriki şekilidir. Öz gezeginde gidrostatiki basyşyň epýury diýlip, üstüň ýerleşen çuňlugyna görä, oňa täsir edýän basyşyň üýtgeme grafiki şekiline aýdylýar.

Gidrostatiki basyş güýjiniň üste täsir edýän nokady ýa-da basyş merkezi, basyş göwrüminiň (basyş epýurynyň) agyrlyk merkezi bilen gabat gelýär. Basyş göwrüminiň we merkeziniň grafo-analitik usuly bilen kesgitlenilşini takyk mysalda seredeliň (2.15-nji surat) şekillendirilişi ýaly, ABB'A' göniburçly tekiz suw saklaýan şite (diwara) täsir edýän gidostatiki basyş güýjiniň ululygyny we onuň täsir edýän nokadynyň koordinatyny kesgitläliň. Şitiň öňündäki suwuň çuňlugy H, şitiň ini b bolsun.



2.15-nji surat

Seredilýän mysalda, şite artykmaç güýç hökmünde diňe gidrostatiki basyş güýji, ýa-da şitiň öňündäki suwuň döredýän agyrlyk basyş güýji täsir edýär (şitiň öz hususy agramy hasaba alynmaýar). Onda, şite täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň epýury (basyşyñ paýlanyşy) p=ρgh ýönekeý deňleme bilen kesgitleniler we gurular. Bu deňlemede h şitiň beýikligini häsiýetlendirýän nokatlaryň çuňluklary. Şitiň minimal çuňlygy A nokat bilen berlen. Bu nokat üçin h=0; onda P_A=0, ýa-da suwuň üst tekizligi bilen şitiň kesişýän nokatlarynda gidrostatiki basyşyň ululygy 0 deňdir.

Şitiň maksimal çuňlugy B nokat üçin h=H we gidrostatiki basyşyň ululygy P_b=ρgH bolar, ýa-da şitiň aşaky gorizontal esasynyň islendik nokadynda gidrostatiki basyşyň ululygy hemişelikdir we pgH deňdir.

Şitiň A we B nokatlary üçin gidrostatiki basyşyň kesgitlenen ululyklaryny Gidrostatikanyň 1-nji kanunyna laýyklykda (gidrostatiki basyş üste içki normal boýunça ugrukdyrylandyr) wektor ululyklar hökmünde ölçäp goýýarys. Suratda emele gelen ∆ABS (göniburçly üçburçlyk) seredilýän şit üçin gidrostatiki basyşyň epýurydyr.

Alynan ∆ABS epýur şitiň b ini boýunça dowam edilende, ABSS'B'A' üçburçly prizmanyň şekili alynar. Bu şekil gözlenýän gorizontal basyş göwrümidir. Diýmek ABB'A' şite täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy:

$$P = \rho g V_{b.g.} = \rho g V_{ABSS'B'A'} = \frac{1}{2}\rho g H \cdot bH \qquad (2.41)$$

ýa-da

$$P = \rho g h_c \cdot \omega \qquad (2.42)$$

Soňky aňlatmada $h_c = \frac{H}{2}$ - şitiň agyrlyk merkeziniň ω=bH– şitiň öllenýän üstüniň meýdany. Ýokarda belleýşimiz ýaly, üste täsir edýän basyş güýjiniň täsir edýän nokady ýa-da güýjiň basyş merkezi D, basyş göwrüminiň (epýurynyň) agyrlyk merkeziniň koordinaty hökmünde kesgitlenilýär. Suratdan görnüşi ýaly, basyş merkeziniň çuňlygy

$$h_D = \frac{2}{3}H \qquad (2.43)$$ deňdir.

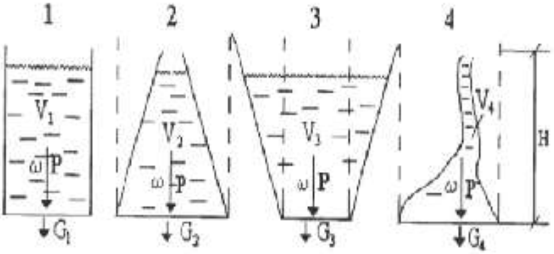
2.8 Gidrostatiki paradoks hadysasy

Dürli geometrik şekilli gaplarda saklanýan suwuklyklaryň hususy G_i agramlary bilen gaplaryň düýbine täsir edýän gidrostatiki basyş P güýçleriniň (dik basyş göwrüminiň agramy) deňsizligine gidrostatiki paradoks ýa-da gidrostatiki çaprazlyk

hadysasy diýilýär. Bu hadysany düşündirmek üçin aşakdaky mysallara ýüzleneliň (2.16-njy surat). Bu mysallarda geometrik şekiller boýunça tapawutly 4 sany suwuklyk saklanýan gaplaryň gidrostatiki häsiýetnamalary deňeşdirilýär. Gaplaryň beýiklikleri (H) düýbiniň meýdanlary (ω) we olarda saklanýan suwuklyklar ρ dykyzlygy boýunça birmeňzeşdirler.

2.1-nji tablisa

Gaplardaky suwuklygyň agramy. G, N, kgg, tg	$G_1=\rho gV_1$	$G_2=\rho gV_2$	$G_3=\rho gV_3$
Gaplaryň düýbine täsir edýän gidrostatiki basyş güýji **P**, kg	$P=\rho gH\omega$	$P=\rho gH\omega$	$P=\rho gH\omega$
Suwuklygyň agramynyň, gidrostatiki basyş güýjiniň gaplardaky suwuklygyň hakyky göwrümleriniň we gidrostatiki basyş göwrümleriniň deňeşdirme görkezijileri	$G_1=P$ $V_1=H\cdot\omega$	$G_2<P$ $V_2<H\cdot\omega$	$G_3>P$ $V_3>H\cdot\omega$



2.16-njy surat.

Görnüşi ýaly, gaplaryň diňe birinjisinde (prizma ýa-da silindr şekilli dik gap) deňeşdirilýän ululyklar özara deňdirler. Sebäbi, bu gapdaky saklanýan suwuklygyň hut öz göwrümi we gabyň düýbine täsir edýän gidrostatiki basyş göwrümi şol bir ululyklardyr, ýagny $V_1=H\cdot\omega$. Şonuň üçin gapdaky suwuklygyň agramy (G_1) we basyş göwrüminiň döredýän agyrlyk güýji (P) özara deňdirler.

Seredilýän mysaldaky 2, 3 we 4 gaplarda suwuklygyň hakyky V_2, V_3 we V_4 göwrümleri we olarda döreýän dik basyş göwrümleri dürli ululykly göwrümlerdir. Şonuň üçin, bu

göwrümleriň agramlary we döredýän basyş güýçleri hem dürli ululykdadyr. 2 we 4 gaplaryň düýbine täsir edýän P ululykly gidrostatiki basyş güýjiniň, olardaky suwuklygyň agramyndan artýan bölegi gaplaryň gapdal diwarlarynyň döredýän dik aşak ugrukdyrylan reaktiw (gaýtargy) güýçleriniň goşandydyr. 3 gapdaky ýüze çykýan hadysa, ýagny, suwuklygyň G_3 hususy agramynyň gabyň düýbine täsir edýän P gidrostatiki basyş güýjinden artýan bölegi (G_3>**P**) dik ýokary ugrukdyrylan gapdal diwarlaryň kabul edýän goşmaça agyrlyk güýjidir.

Gidrostatiki paradoks hadysasy suwuklyklaryň hususy agramy we olaryň döredýän gidrostatiki basyş güýjiniň dürli ululyklardygyny ýa-da dürli suwuklyk göwrüminiň deň ululykly basyş güýjini döredýän mysallaryny düşündirýän hadysadyr.

Meseleler we mysallar

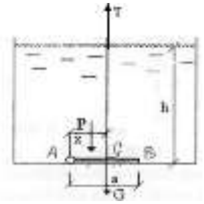
20. Suw bilen doldurylan açyk rezerwuaryň düýbindäki gönüburçlyk şekilli deşik ölçemeleri axb=0,5x0,6m bolan tekiz gorizontal klapan bilen ýapylypdyr. Klapanyň agramy G_K=12 kgg. Rezerwuardaky suwuň çuňlygy h=2m. Klapan şarnirli A okuň töwereginde aýlanýar (2.17-nji surat).

Kesgitlemeli:

1) klapan täsir edýän P basyş güýjiniň ululygyny;

2) klapany açmak üçin ulanylýan tros A şarnirden näçe x aralykda daňylanda, onuň T çekiş güýji minimal bolar?

3) tros x=0,25m aralykda daňylanda onuň T çekiş güýji näçe bolar?



2.17-nji surat.

Meseläniň çözülişi.

I. Klapana täsir edýän **P** basyş güýjiniň ululygy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenip biliner:

P=$\rho gh\cdot\omega+G_k\cdot g$

bu ýerde: ρ - suwuň dykyzlygy,

ρ=1000 kg / m^3;

ω - klapanyň meýdany,

ω=axb.

Onda $\boldsymbol{P}=\rho gh\cdot a\cdot b+G_k g;$

P= 1000·9,81·2·0,5·0,6+ 12·9,81;

P=6004 N=6l2 kgg.

P güýjiniň klapana täsir edýän nokady onuň agyrlyk merkezi bilen gabat gelýär, sebäbi klapan tekiz gorizantal üstdir.

2. Klapanyň statiki deňagramlygy oňa täsir edýän iki güýjiň, ýagny **P** ululykly basyş güýjiniň we T ululykly trosyň çekiş güýjiniň A şarnire görä döredýän güýç pursatlarynyñ deňligi bilen kesgitlenilýär. Bu şerti kanagatlandyrýan güýçleriň pursatlarnyñ deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$P\frac{a}{2}=T\cdot x$$

2.17-nji suratdan görnüşi ýaly, T çekiş güýjiniň minimal ululygy x aralyk maksimal bolanda, ýa-da x=a=0,5m bolar. Onda

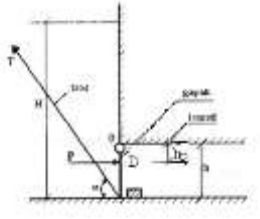
$$T_{\min}=P\frac{a}{2x}=P\frac{a}{2a}=\frac{P}{2};\qquad T_{\min}\ \frac{6004}{2}=3002N=306kgg.$$

3. Tros klapana x=0,25 m aralykda daňylanda, onuň çekiş güýji ýokarda seredilen güýç pursatlaryñ deňlemesine laýyklykda aşakdaky görnüşde kesgitleniler:

$$P=\frac{a}{2}=T\cdot 0{,}25; \qquad T=P\frac{a}{2\cdot 0{,}25\chi}=P\frac{0{,}5}{0{,}5}=P$$

Diýmek, bu ýagdaýda klapanyň basyş güýji bilen trosyň çekiş güýjiniň täsir edýän nokatlary gabat gelýärler.

21. Suw bendiniň akdyryjy tonneli göniburçlyk gapak bilen ýapylan. Gapak 0 şarniriň töwereginde aýlanýar. Tonneliň beýikligi h=1m, ini b=2m. Tonneliň gapagyny açmak üçin onuň aşakky ujyna α=45° burç bilen tros daňylan. (2.18-nji surat) Bendiň beýikligi H=4m. Gapagy açmak üçin trosy näçe ululykly T çekiş güýji bilen çekmeli?



2.18-nji surat.

Meseläniň çözülişi: Berlen deňagramlyk ýagdaýynda 0 şarnire görä gapaga täsir edýän güýç pursatlarnyñ deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$\boldsymbol{P}\cdot h_D - T\cdot h\cos\alpha = 0.$$

Onda, kesgitlenilmeli: T çekiş güýji: D h_D

$$T = \frac{P \cdot h_D}{h \cdot \cos\alpha} = \frac{P \cdot h_D}{h \cdot \cos 45^o}$$

bu ýerde:

P – gapaga bendiň öňündäki suw tarapyndan täsir edýän basyş güýji;

h_D – basyş güýjiň 0 şarnire görä egni.

Gapaga täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniñ ululygy we onuñ basyş merkezi aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär.

$$P = \rho g\left(H - \frac{h}{2}\right)b \cdot h = 1000 \cdot 9{,}81\left(4 - \frac{1}{2}\right)2 \cdot 1 = 68670N$$

$$h_D = \frac{h}{2} + \frac{I_0}{S}$$

bu ýerde:

I_0 – gapagyň geometrik şekiliniň öz hususy simmetriýa okuna görä inersiýa pursady

$$I_o = \frac{bh^3}{12} = \frac{2 \cdot 1^3}{12} = 0{,}167m^4$$

S – gapagyň geometrik şekiliniň suwuň üst tekizliginden geçýän gorizontal okuna görä statiki pursady:

$$S = b \cdot h\left(H - \frac{h}{2}\right) = 2 \cdot 1\left(4 - \frac{1}{2}\right) = 7m^3$$

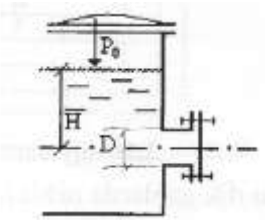
Onda

$$h_D = \frac{1}{2} + \frac{0{,}167}{7} = 0{,}524m$$

Şeýlelikde, gapagy açmak üçin trosda döredilmeli T çekiş güýjiniň ululygy:

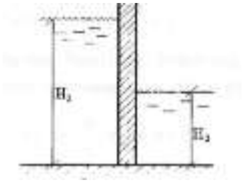
$$T = \frac{68670 \cdot 0{,}524 \cdot 2}{1 \cdot \sqrt{2}} = 50860N = 5184{,}5kgg$$

22. Dik nebit rezerwuarynyň girip-çykylýan lýugy tekiz gapak bilen ýapylan. Gapagy saklaýan boltlara täsir edýän güýjiň ululygyny kesgitlemel? Rezerwuardaky nebitiň udel agramy γ=0,92 kgg/dm^3; beýikligi H=3,8 m, üst basyşy P_0=0,31 atm Lýugyň diametri D=850 mm.(2.19-njy surat)



2.19-nji surat

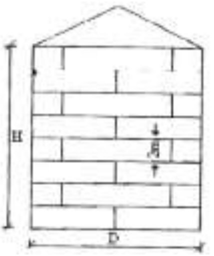
23. Dik tekiz diwar emeli suw howdanyny iki bölege bölýär. (2.20-nji surat) Suwuň çuňluk derejeleri H_1=4,0 m we H_2=1,4 m. Diwaryň ini b=3m. Diwara täsir edýän basyş güýçlerini we olaryň döredýän agdaryjy güýç pursatlarynyň ululyklaryryny kesgitlemeli?



2.20-nji surat.

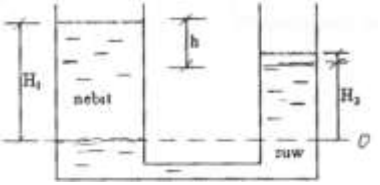
24. Polat nebit rezerwuary dikligine 8 sany deň böleklerden ybarat bolan prokat listlerinden ýasalypdyr. Rezerwuaryň beýikligi H=16 m, diametri D=10 m. (2.20-nji surat) Listleriň ini 2 m, süýnmeklige çydamlygy G=1·10^5 P_a. Nebitiň dykyzlygy

ρ=910kg/m^3, ýüzýän gapagyň agramy G=70KN. Nebitiň içki basyş güýjiniň listlere paýlanyşyny we olaryň galyňlygyny kesgitlemeli.



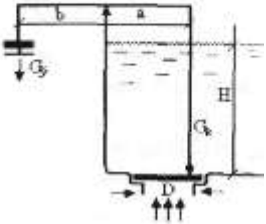
2.21-nji surat

25. Iki açyk galtaşýan dik gaplarda nebit (dykyzlygy ρ_n=810 kg/m^3) we ondan aýrylan suw (dykyzlygy ρ_S=1000 kg/m^3 saklanýar. Suwuklyklaryň beýiklik derejeleriniň tapawudy h=660 mm bolanda (2.22-nji surat) olaryň deň basyşly bölüji gorizontal 0-0 tekizlige görä H_1 we H_2 beýikliklerini kesgitlemeli.



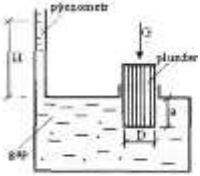
2.22-nji surat

26. Açyk rezerwuarynyň suw girelgesi (diametri D=l50mm) ölçemeleri a=200mm we b=540mm bolan ýükli klapan bilen ýapylan (2.23-nji surat). Rezerwuardaky suwuň H=3,0m-den kiçi bolmadyk beýiklik derejesini üpjün edýän ýüküň $G_ý$ agramyny kesgitlemeli. Klapanyň öz agramy G_K=l96,2 N.



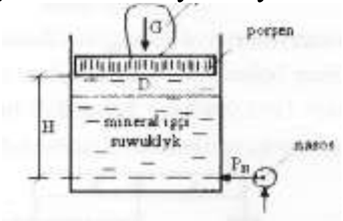
2.23-nji surat.

27. Gaba birleşdirilen pýezometrdäki mineral ýagyň (dykyzlygy ρ=840 kg/m^3) derejesini H=3,0 m. beýiklige galdyrmak üçin diametri D=200 mm, çümen böleginiň çuňlugy a=400 mm bolan plunžeriň G agramy näçe bolmaly? (2.24-nji surat).



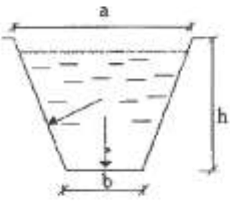
2.24-nji surat.

28. Agramy G=800 KN ýüki H=1,8m beýiklige galdyrýan gidrawliki galdyryjyny (2.25-nji surat) hereketlendirýän nasosyň işçi basyşynyň ululygy näçe bolmaly? Gidrawliki galdyryjynyň porşeniniň diametri D=600 mm, işçi suwuklygyň dykyzlygy ρ=920 kg/m^3. Porşeniň hususy agramy we ulgamda döreýän sürtülme güýçleri hasaba alynmaly däl.



2.25-nji surat

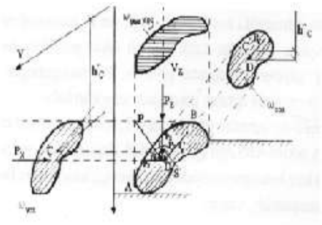
29. Esaslary kwadrat kesik piramida şekilli açyk gap (2.26-njy surat) glisirinden doldurylan. Piramidanyň ölçemeleri a=2,0 m, b=1,2 m, h=3,0 m. Glisiriniň dykyzlygy ρ=1200 kg/m^3 Piramidanyň esasyna we onuň gapdal üstlerine täsir edýän basyş güýçleriniň ululygyny kesgitlemeli?



2.26-njy surat.

2.9 Suwuklyklaryň egri çyzykly üstlere basyşy

Egri çyzykly üstleriň islendik nokadyna täsir edýän gidrastatiki basyş we onuň döredýän basyş güýçleri, umumy ýagdaýda, özara parallel däldirler ýa-da dürli tekizliklerde ýerleşen güýçlerdir. Diýmek, bu güýçleri ýa-da olaryň deňtäsiredijisiniň ululygyny hem-de onuň üste täsir edýän nokadyny kesgitlemeklik, goýulan meseläniň baş maksadydyr.



2.27-nji surat

Erkin görnüşli ABS egri çyzykly üste (2.27-nji surat) suwuklyk tarapyndan täsir edýän gidrostatiki basyş güýçleriniň **P** ululykly deňtäsiredijisini kesgitläliň. Bu güýji umumy ýagdaýda basyş göwrüminiň wektor agramy hökmünde, onuň degişli emelegetirijileriniň geometrik jemi görnüşinde kesgitläp

bolar, ýagny

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \qquad (2.44)$$

bu ýerde

P$_x$ we **P**$_y$ – jemleýji basyş güýjiniň degişlilikde getirilen koordinat ulgamynyň gorizontal oklaryna, bolan proýeksiýalary, **P**$_z$ – ýokarda agzalan tertipde kabul edilen dik oka bolan proýksiýasy.

P$_x$, **P**$_y$ we **P**$_z$ emelegetirijileriniň ululyklary kesgitlenilende, olaryň kabul edilen giňişlikde esasy güýç **P** bilen emele getirýän α, β we γ burçlarynyň ululyklaryny kesgitläp bolar:

$$\cos\alpha = \frac{P_x}{P}$$

$$\cos\beta = \frac{P_y}{P} \qquad (2.45)$$

$$\cos\gamma = \frac{P_z}{P}$$

Şeýlelikde, islendik egri çyzykly üste täsir edýän jemleýji gidrostatiki basyş güýjiniň ululygyny we ugruny kesgitlemeklik meselesi onuň emelegetirijiniň ululyklaryny we ugurlaryny kesgitlemek meselesine getirilýär. Bu umumy analitiki usuly, görnüşi şar, silindr ýa-da konus şekilleri bilen çäklenen üstlere suwuklyklar ýa-da gazlar tarapyndan täsir edýän basyş güýçleriniň ululyklary kesgitlenilende kynçylyksyz ulanyp bolar. Ýöne seredilýän egri çyzykly üst üçinji we ondan ýokary derejeleri egri çyzykly üstlere degişli bolanda, jemleýji basyş güýjiniň ululygyny grafo-analitiki usul bilen kesgitlemeklik oňaýly we düşünikli bolar.

Grafo-analitiki çözgüdiň usulyýetine laýyklykda, egri çyzykly üstlerde döreýän gidrostatiki basyş güýjiniň **P**$_x$ we **P**$_y$ gorizontal emelegetirijilerini aýratynlykda, seredilýän üstiň

degişli tekiz proýeksiýalaryna täsir edýän jemleýji güýçler görnüşinde, şeýle-de, $\mathbf{P}_z$ emelegetirijini degişli dik basyş göwrüminiň agramy görnüşinde kesgitläp bolar.

Onda, 2.27-nji suratdan görnüşi ýaly, $\mathbf{P}_x$ we $\mathbf{P}_y$ gorizontal emele getiriji güýçleri, berlen ABS egri çyzykly üstüň, degişlilikde, y o z we x o z dik tekizliklere bolan proýeksiýalary ω_{yoz} we ω_{xoz} tekiz üstlere täsir edýän güýçler diýip hasaplamaly, ýagny:

$$\mathbf{P}_x=\rho g h'_ç\ \omega_{yoz} \qquad \mathbf{P}_y=\rho g h''_ç\ \omega_{xoz} \qquad (2.46)$$

bu ýerde:

$h'_ç$ we $h''_ç$ - degişlilikde ω_{yoz} we ω_{xoz} tekiz üstleriň agyrlyk merkezleriniň çuňlugy.

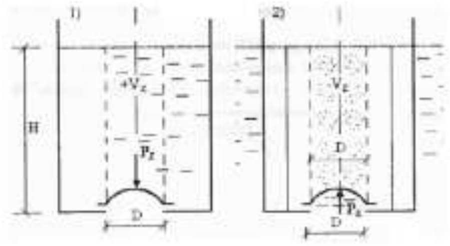
$\mathbf{P}_x$ we $\mathbf{P}_y$ güýçleriň ugurlary, 2.6. we 2.7. paragrflarda belleýşimiz ýaly, ω_{yoz} we ω_{xoz} tekiz üstleriň basyş merkezlerinden geçýän we üstlere perpendikulýar çyzyklar bilen gabat gelýän wektor ugurlar görnüşinde kesgitlenilýär.

$\mathbf{P}_z$ emelegetiriji ABS üst bilen onuň x o y tekizlige (bu tekizlik hökman suwuklygyň üst tekizligi ýa-da şoňa getirlen gorizontal tekizlik bilen gabat gelmeli) bolan ω_{xoy} proýeksiýasynyň aralygynda döreýän V_z dik basyş göwrüminiň agramyna deň bolan güýjiň ululygyna deňdir:

$$P_z=\rho g V_z \qquad (2.47)$$

Bu güýjiň ugry, V_z dik basyş göwrüminiň simmetriýa okunyň ugry bilen gabat gelýär. Amaly meseleler dogry çözülende, $\mathbf{P}_x$, $\mathbf{P}_y$ we $\mathbf{P}_z$ emele getiriji güýçleriň ugurlary ABS üstüň D basyş merkezinde kesişerler.

Bellik: Wertikal emelegetiriji $\mathbf{P}_z$ güýjiň ululygyny we ugruny kesgitleýän V_z wertikal basyş döwrüni položitel (+) ýa-da otrisatel (-) belgili bolup biler.



2.28-nji surat

2.28-nji suratda H beýiklikli wertikal gabyň düýbindäki D diametrli deşigi ýapýan ýarymşar şekilli gapaga täsir edýän $\mathbf{P}_z$ güýjiň ugry iki ýagdaýda şekillendirilen. Birinji ýagdaýda gap suwuklykdan doldurylan ýa-da suwuklyk tarapyndan gapaga täsir edýän ýeke-täk $\mathbf{P}_z$ güýji döredýän V_z dik basyş göwrümi hakykatdan hem gönümel gapagy dik aşak ugrukdyrylan agyrlyk güýji bilen gabyň düýbine gysýar. Bu ýagdaýda V_z basyş göwrümi položitel (+) hasaplanylýar we $\mathbf{P}_z$ güýç dik aşak ugrukdyrylandyr.

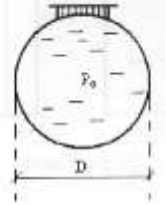
Ikinji ýagdaýda gabyň içi boş, suwuklyk onuň daş töwereginde ýerleşen. Bu ýagdaý-da gapaga suwuklyk tarapyndan ýeke-täk wertikal $\mathbf{P}_z$ güýç täsir edýär. Emma, bu güýç dik ýokaryk ugrukdyrylandyr, sebäbi, ony döredýän V_z wertikal basyş döwrüni hyýalydyr we gönümel gapaga gysyjy basyş güýji hökmünde täsir edýän däldir. Bu zeýilli basyş göwrümine otrisatel (-) basyş göwrümi diýilýär. Getirilen mysaldaky basyş güýjiniň ululygyny kesgitläliň. Mysalyň şertine laýyklykda gabyň gorizontal proýeksiýalary ähli tarapa bir meňzeş bolany sebäpli $P_x=P_y=0$**;** dik güýç $\mathbf{P}_z=\rho g V_z$; dik basyş göwrüminiň agramyna deňdir.

$$V_z = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H - \frac{1}{12} \pi D^3 \text{ onda}$$

$$P = P_z = \rho g \cdot \frac{\pi D^2}{4} \left(H - \frac{D}{3} \right) \qquad (2.48)$$

2.10 Käbir egriçyzykly üstlere gidrostatiki basyşyñ mysallary

Diametri D bolan şar şekilli rezerwuar P_0 ululykly ýokary basyşly suwuklyk ýa-da gaz bilen doldurylanda onuň howply kesiginde döreýän **P** basyş güýjiniň ululygyny kesgitlemek giñ ýaýran meseleleriñ biridir.



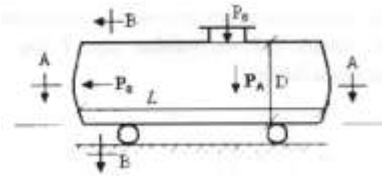
2.29-njy surat

Bu ýagdaýda rezerwuaryň diametri boýunça geçirilen islendik kesik howply ýa-da hasaplama kesigi bolup biler. Sebäbi bu kesik seredýän üstümiziň islendik tekizlikde döredýän proýeksiýa şekilidir. Onda, suwuklygyň ýa-da gazyň $\mathbf{P_0}$ basyşynyň döredýän **P** gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy

$$P = P_o \frac{\pi D^2}{4}, N \qquad (2.49)$$ bolar.

Bu güýç, rezerwuaryň diwarlaryny islendik diametral kesik boýunça ýolujy (ýaryjy) güýç hökmünde kabul edilmeli.

Nebit önümlerini ýa-da beýleki suwuklyklary daşaýan demirýol çelegi ρ dykyzlykly suwuklyk bilen doldurylanda we jebis ýapylanda, suwuklygyň $\mathbf{P_0}$ doýan buglarynyň üst basyşynyñ we suwuklygyñ hususy agramynyñ çelegiň hasaplama (howply) kesiklerinde döredýän gidrostatiki basyş güýçleriniň ululyklarynyñ kesgitlenilşine seredeliñ çelegiň geometriki ölçegleri D we *L*.



2.30-njy surat

2.30-njy suratdan görnüşi ýaly, A-A we B-B kesikle mehaniki berklik we durnuklylyk nukdaý nazaryndan hasaplama ýa-da howuply kesikler bolup bilerler.

A-A kesik boýunça döreýän dik $\mathbf{P_A}$ gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy, kesigiň midel (proýeksiýa) meýdanyna täsir edýän ρgD ululykly gidrostatiki agyrlyk we $\mathbf{P_0}$ ululykly üst basyşlarynyň döredýän jemleýji güýçleriniň ululygy hökmünde kesgitleniler. Onda:

$$P_A = \left(P_o + \rho g \frac{D}{2} \right) \cdot D \cdot L \qquad (2.50)$$

Bu ýerde -üst basyşyň döredýän güýji, pg–dik basyş göwrüminiň döredýän güýji.

B-B kesik boýunça döreýän P_B ululykly gorizontal gidrostatiki basyş güýjiniň ululygy çelegiň dik tekizlige bolan proýeksiýasyna täsir edýän jemleýji güýç görnüşinde kesgitleniler. Onda

$$P_B = \left(P_o + \rho g \frac{D}{2} \right) \frac{\pi D^2}{4} \qquad (2.51)$$

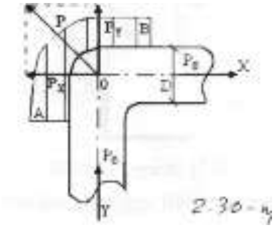
Bu ýerde - $P_o \dfrac{\pi D^2}{4}$ üst basyş güýji, $\rho g \dfrac{\pi D^3}{8}$ – gorizontal basyş göwrüminiñ döredýän güýji.

Kesgitlenilen P_A we P_B güýçler A-A we B-B kesikleriň basyş merkezlerinden geçirilen degişli perpendikulýarlar boýunça

çelegiň diwarlaryna täsir eder.

Mysal üçin, diametri D=3m, uzunlygy L=12m içi benzinli (ρ=740 kg/m^3 doýan bugyñ basyşy P_0=50 kPa) demirýol sisternasynda $\mathbf{P}_A=(50\cdot10^3+740\cdot9{,}81\cdot1{,}5)3\cdot12=2{,}5\cdot10^6$N=250 tonna dik hem-de $\mathbf{P}=(50\cdot10^3+740\cdot9{,}81\cdot5)\cdot3{,}14\cdot9/4=4{,}27\cdot10^5$N=42,7 tonna gorizontal basyş güýçleri dörär.

Diametri D bolan gorizontal magistral geçiriji turbanyň göni burç boýunça egreldilen öwrüminde döreýän basyş güýjiniň ululygyny kesgitlemek tutuş turbageçirijiniñ, esasynda onuñ öwrümininñ berklige we durnuklylyga hasaplanylmagyñ esasy şertidir.



2.31-nji surat

Turbanyň x we y gorizontal oklarynyň ugry boýunça döreýän $\mathbf{P}_x$ we $\mathbf{P}_y$ basyş güýçleriniň geometrik jemi hökmünde kesgitlenilýän **P** jemleýji basyş güýji bu meselede esasy hasaplama ýa-da turbanyň mehaniki durunyklylygyny kesgitleýän güýçdir. 2.31-nji suratdan görnüşi ýaly **P** güýç x o y tekizligiň ters simmetriýa bölegininiň dioganaly boýunça ugrukdyrylandyr. Praktikada bu güýji deňagramlaşdyryjy reaktiw garşylykly güýç hökmünde, turbanyň ýörite direg gurluşlary gurnalýar. Öz gezeginde $\mathbf{P}_x$ we $\mathbf{P}_y$ deň ululykly güýçler $\mathbf{P}_0$ ululykly içki statiki basyşyň döredýän dik göwrümleriniň agramlary görnüşinde kesgitleniler:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \qquad (2.52)$$

$$P_x = P_y = P_o \frac{\pi D^2}{4} \text{ onda } P = \sqrt{2\left(P_o \frac{\pi D^2}{4}\right)} \text{ ýa-da}$$

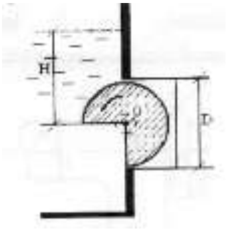
$$P = \sqrt{2} \cdot P_o \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.53)$$

Mysal üçin, D=1m we P_0 =7,5 MPa bolan gaz geçirijiniň göniburçly öwrüminde ululygy

$$P = 7{,}5 \cdot 106 \cdot 3{,}14 \cdot 1^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{4} = 8{,}325 \cdot 10^6 N = 8{,}325 \cdot 10^5 kgg$$ ýa-da *832,5* tonna güýç dörär.

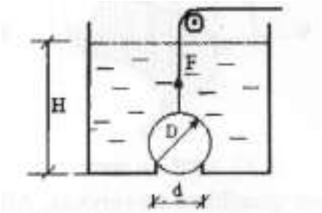
Meseleler we mysallar

30. Nebit ýa-da nebit önümleri saklanýan açyk rezerwuaryň dik diwarynyň göniburçlyk şekilli deşiginde (DxB) silindr şekili zatwor (ýapyjy hem-de döküji gapak) oturdylypdyr. Zatwor O okuň daşynda aýlaw hereketini edýär (2.32-nji surat).Umumy görnüşde zatworo täsir edýän gidrostatiki basyş güýjiniň ululygyny kesgiylemeli.



2.32-nji surat

31. Goýy nebit önümi (γ=840 kgg/m^3) saklaýan rezerwuaryň düýbindäki d=0,6m diametrli deşik D=1,0, diametrli şar şekilli klapan bilen ýapylan. (2.33-nji surat). Klapanyň agramy Gk=6000N. Rezerwuardaky ýagyň derejesi H=6,0m bolanda, klapany açmak üçin nähili F güýç sarp etmeli? Şeýlede ýagyň H derejesi nähili üýtgände klapanyň özi açylar?



2.33-nji surat

2.11 Arhimediň kanuny. Jisimleriň suwuklyklarda ýüzmegi

Biziň eramyzdan takmynan 250 ýyl öň ýaşap geçen genial grek akyldary Arhimed "Ýüzýän jisimler hakda" atly ylmy golýazmasynda aşakdaky kanuny beýan etdi. "Suwuklyga çümdirilen jisime şol suwuklyk tarapyndan ululygy gysyp çykarylan suwuklygyň agramyna deň bolan we dik aşakdan ýokaryk ugrykdyrylan itiji basyş güýji täsir edýär". Bu kanun we itiji basyş güýji ylma Arhimediň ady bilen girdi. Onda, Arhimediň güýji:

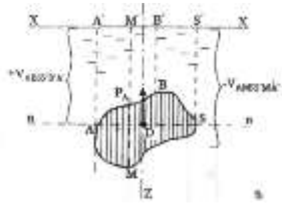
$$\mathbf{P}_A=\rho_s g V_s \qquad (2.54)$$

bu ýerde:

P_s – suwuklygyň dykyzlygy;

V_s – ýüzýän jisimiň gysyp çykaran suwuklýgynyň göwrümi (jisim doly çümüp ýüzende $V_s=V_j$. ýa-da jisimiň gysyp çykaran suwuklygyň göwrümi V_s onuň öz hususy göwrümine V_j deňdir; jisim gaýyp ýüzende $V_s=V_{jçb}$, ýa-da jisimiň gysyp çykaran suwuklygynyň göwrümi V_s onuň suwuklyga çümen böleginiň göwrümine $V_{jçb}$ deňdir).

Arhimediň kanuny subut etmek üçin, ABSM egri çyzykly üst bilen çäklenen, erkin şekilli gaty jisim doly çümdürilende, suwuklyk tarapyndan oňa täsir edýän basyş güýjiniň ululygyny we ugruny kesgitläliň. (2.34-nji surat).



3.34-nji surat

2.9. beýan edilen çözgütlere laýyklykda, ABSM üste ýa-da ýüzýän jisime täsir edýän gorizontal güýçleriň deňtäsır edijileri $\mathbf{P}_x$=$\mathbf{P}_y$=0. Sebäbi, üstiň degişli garşylykly dik tekizliklere bolan proýeksiýalary özara deňdirler, diýmek olarda döreýän basyş güýçleri hem özara deňagramlaşýandyrlar. Onda, suwuklyk tarapyndan jisime diňe $\mathbf{P}_z$ dik güýç täsir edýär. Bilişimiz ýaly, bu güýç dik basyş göwrüminiň agramyna deňdir. Bu basyş göwrüminiň şekilini ululygyny we belgisini anyklamak üçin berlen ABSM üstiniň gorizantal simmetriýa tekizligi bilen iki üste ýagny ýokarky ABS we aşaky AMS üstlere bölüp, olar üçin aýratynlykda wertikal basyş göwrümlerini guralyň.

Bu basyş göwrümleriniň ýokarky çägi x-x üst gorizantal tekizlikde we aşaky çägi ýüzýän jisimi çäklendirýän ABS hem-de AMS üstlerde ýerleşendir. Onda ABSS'B'A' položitel we AMSS'M'A' otrisatel basyş göwrümleriniň deňagramlaryna seredeliň. Bu basyş göwrümleriniň ýokarky esasy we gapdal dik emelegetirijileri umumydyrlar. Olar diňe aşaky esaslary bilen tapawutlanýarlar. Onda bu basyş göwrümleriniň agramlarynyň algebraik jemi:

$$-\rho g V_{AMSS'M'A'} + \rho g V_{ABSS'B'A'} = -\rho g V_{ABSM} = P_z = P_A \qquad (2.55)$$

Diýmek dik basyş göwrümleriniň agramlarynyň algebraik jemi, jisimiň gysyp çykaran suwuklygynyň göwrüminiň (V_{ABSM} ýa-da V_S) agramyna deňdir. Bu agram ýa-da güýç aşakdan ýokaryk dik, ABSM ýüzýän jisimiň dik simmetriýa oky boýunça ugrukdyrylandyr. Bilişimiz ýaly bu güýç Arhimediň

güýjidir we ol ýüzýän jisime onuň basyş merkezinde (D-nokat) ýa-da V_s göwrümiň agyrlyk merkezinde täsir edýär.

Şeýlelikde, ýüzýän gaty jisime umumy ýagdaýda iki güýç, ýagny dik aşak ugrukdyrylan jisimiň agyrlyk merkezinde (Ç nokat) ýerleşen agyrlyk güýji G we dik ýokaryk ugrukdyrylan, jisimiň basyş merkezinde (D nokat) ýerleşen Arhimediň güýji $\mathbf{P_A}$ täsir edýändir:

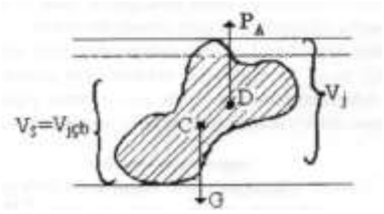
$$G = \rho_j g V_j$$

$$P_A = \rho_s g V_s \qquad (2.56)$$

Onda, jisimleriň ýüzmeklik şertlerini kesgitleýän ululyklar G we $\mathbf{P_A}$ güýçler ýa-da ρ_j we ρ_s dykyzlyklardyr. Eger-de $G>\mathbf{P_A}$ ($\rho_j>\rho_s$) bolsa, onda jisim doly çümer we ýüzüp bilmez.

$G<\mathbf{P_A}$ ($\rho_j<\rho_s$) bolanda, jisim gaýyp ýüzer. Bu ýagdaýda, 2.35-nji suratdan görnüşi ýaly jisimiň çümen böleginiň $V_{jçb}$ gysyp çykaran suwuklygynyň göwrüminiň agramy jisimiň öz hususy agramyna G deň bolýança jisim suwuklygyň ýüzüne çykar.

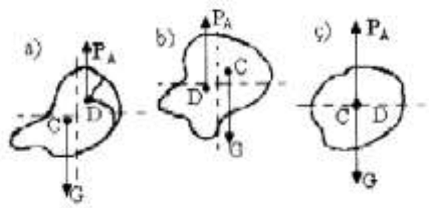
Üçünji ýagdaýda, ýagny, $G=\mathbf{P_A}$ ($\rho_j=\rho_s$) bolanda, jisim çümüp ýüzer. Bu şert diňe $V_j=V_s$ bolanda ýerine ýetirilip biliner.



2.35-nji surat

Ýüzýän jisimleriň deňagramlygy merkezleriň, yagny, agyrlyk we basyş merkezleriniň özara ýerleşişine baglydyr. 2.36-nji suratlarda ýüzýän jisimleriň deňagramlyk şertleri

suratlandyrylypdyr. Eger-de jisimiň agyrlyk merkezi onuň basyş merkezinden aşakda ýerleşse (2.36-njy (a) surat) onda jisim durnukly ýüzer.



2.36-njy surat

Sebäbi jisime täsir edýän G we $\mathbf{P}_A$ güýçleri onuň wertikal simmetriýa okuna görä dikeldiji güýçler pursadyny döredýär.

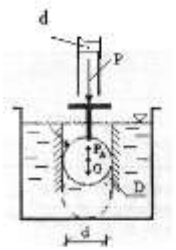
Ýüzýän jisim belli bir çäklerde gyýşaranda ýa-da çaýkananda, güýçler ony öňki ýagdaýyna getirýär. 2.36-njy (b) suratda durnuksyz ýüzmeklik ýagdaýy suratlandyrylypdyr. Deňagramlygyň bu şertine laýyklykda, jisimiň agyrlyk merkezi onuň basyş merkezinden ýokarda ýerleşýär. Onda, ýüzýän jisimiň simmetriýa okuna görä, güýçler agdaryjy pursady, ýagny, jisimiň statiki deňagramlygyna garşy pursady döredýärler.

Üçünji deňagramlyk şertine parhsyz ýüzmeklik diýilýär. Bu şert (2.36-njy (ç) surat) iki merkez bir nokatda gabat gelende ýüze çykýar. Parhsyz deňagramlyk halynda ýüzýän jisimi berlen ýagdaýda saklamak üçin ujypsyz ululykly üçünji güýç ulanylmagy hökmandyr.

Meseleler we mysallar

32. Diametri D bolan şar şekilli klapan P=0,4 M*P*a basyşly d=20mm diametrli suw turbasynyň çykýan kesigini ýapýar. 2.37-nji suratdaky deňagramlyk şerti üpjün edýän şaryň diametrini kesgitlemeli? Klapanyn agramy G=5,2 kgg.

Şekillendirilen deň agramlyk ýagdaýynda klapana üç sany güýç täsir edýär.



2.37-nji surat

Dik aşaklygyna klapanyň ýapyjy üst tekizliginde döreýän $P = P\frac{\pi D^2}{4}$ ululykly basyş güýji we klapanyň öz hususy agramy G hem-de dik ýokarlygyna suwuklyk tarapyndan doly çümen şara täsir edýän $P = \rho_s g \frac{1}{6}\pi D^3$ ululykly Arhimediň itiji güýji.

Onda, güýçleriň deňagramlygynyň deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$G + \boldsymbol{P} = \boldsymbol{P}_A$$

ýa-da

$$G + P\frac{\pi d^2}{4} = \rho_s g \frac{1}{6}\pi D^3$$

Şeýlelikde, deňagramlyk şerti kanagatlandyrýan şar şekilli klapanyň diametrini soňky deňlemeden kesgitläp bolar:

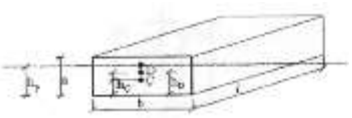
$$D = \sqrt[3]{\frac{6(G + 0{,}785 \cdot d^2 \cdot P)}{\pi \cdot \rho_S \cdot g}}, m$$

Mysalda berilen ululyklary ýerli ýerine goýup şaryň diametriniň ulylygyny kesgitleýäris:

$$D=\sqrt[3]{\frac{6(5,2+9,81+0,785\cdot 0,02^2\cdot 0,4\cdot 10^6)}{3,14\cdot 1000\cdot 9,81}}=0,322m$$

$$D=322mm.$$

33. Agramy Gý=10 tg bolan ýüki suw päsgelçiliginden geçirmek üçin ölçemeleri b=2,0m we 1=5,0m bolan panton (ýüzýän gurnaw) ýasaldy. (2.38-nji suratda). Pantonyň agramy Gp=2,0 tg, agyrlyk merkeziniň beýikligi hç=0,55m. Panton ýükli ýüzende aşaklygyna nace çümer? Onuň ýüzmeginiň durnuklylygy nähili bolar? Pantonyň umumy beýikligi näçe bolmalý?



2.38-nji surat

Meselem ýükli pantonyň gaýyp durnukly ýüzmegini üpjin edýän şerte laýyklykda çözýäris. Bu şertde ýükli pantonyň agramy we suwuklyk tarapyndan pantona täsir edýän Arhimedi itiji güýçleri deňagramlaşmaly we ýüzýän pantonyň basyş merkeziniň beýikligi onuň agyrlyk merkeziniň beýikligine deň ýa-da ondan uly bolmaly ($h_D \geq h_Ç$). Onda:

$$G_ý+G_p=\mathbf{P}_A$$

ýa-da

$$G_ý+G_p=\rho_s g b.l.h_p$$

Bu ýerde $V_{çbg}$ - ýükli pantonyň çümen böleginiň göwrümi; h_p - ýükli pantonyň çümen böleginiň beýikligi.

Onda $$h_p = \frac{G_y + G_p}{\rho_s g \cdot b \cdot l}$$

Berlen ululyklary degişli birliklerde alynan aňlatma goýup meseläniň birinji bölegini çözýäris:

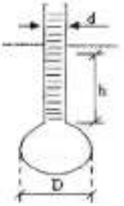
$$h_p = \frac{(10+2)\cdot 1000 \cdot 9{,}81}{1000 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 5} = 1{,}2\,m;$$

Ýükli pantonyň basyş merkeziniň beýikligi;

$$h_D = \frac{h_p}{2} = \frac{1{,}2}{2} = 0{,}6\,m.$$

Pantonyň ýükli ýüzmesiniň deňagramlyk şerti ýokarda bellenilşi ýaly $h_D \geq h_Ç$ ýa-da 0,6≥0,55m. Diýmek, ýükli panton durnukly deňagramlyk şertinde ýüzer. Pantonyň umumy beýikligi kabul edilen gurnaw şertine laýyklykda onuň hasaplama beýikliginden h_p ulurak bolmaly, mysal üçin $a=h_p+0{,}1 = 1{,}2+0{,}1=1{,}3$ m.

34. Suwuklygyň gykyzlygyny ölçemek üçin ulanylan areometr (ölçemeleri d=20mm, D=30mm, agramy G=0,054 kgg), 2.39-njy suratda görnüşi ýaly, aşaklygyna h=150mm çümüpdir. Suwuklygyň dykyzlygynyň ululygyny kesgitlemeli.



2.39-njy surat.

38. Näbelli jisim böleginiň dykyzlygyny kesgitlemek üçin

onuň agramyny iki gezek çekipdirler. Birinji gezek howada (G_h), ikinji gezek suwa doly çümen ýagdaýynda (G_s). Onda bölegiň agramlary degişlilikde G_h=750 kgg; G_s=150 kgg bolupdyr. Onuň dykyzlygynyň ululygy näçä deň bolar?

39. Suw päsgelçiliginden geçiriljek turbany (diametri d=1200 mm, diwarynyň galyňlygy δ=12 mm, uzynlygy l=80 m, materialynyň dykyzlygy ρ_m,=3200 kg/m^3) suwa çümdirmek we ony suwuň düýbinde saklamak üçin goşmaça näçe agramly ýük ulanmaly.

3. Gidrogazodinamçikanyň nazary esaslary

3.1. Suwuklyklaryň we gazlaryň hereketi barada esasy düşünjeler

Gidrogazodinamika gidrawlikanyň suwuklyklaryň we gazlaryň mehanikasynyň (amaly gidromehanikanyň) suwuklyklaryň we gazlaryň hereket kanunlaryny hem-de olaryň praktikada we tehnikada ulanylyşyny öwredýän bölümidir. Gidrogazodinamika suwuklyk ýa-da gaz hereketini san we hil taýdan ýazyp beýan etmekde Eýler tarapyndan hödürlenilen kinematiki model ulanylýar. Bu modele gidromehanikada suwuklyk hereketiniň çüwdürim modeli diýilýär. Hereketiň çüwdürim modeline laýyklykda, hereket giňişliginiň esasy elementler ýa-da olaryň toplumynyň emele getirýän akymlarydyr. Hereket edýän suwuklyk ýa-da gaz elementi (akymy, gatlagy, çüwdürimi) gidrogazodinamikada üznüksiz, boşluksyz hereket giňişligi hökmünde seredilýär. Gidrogazodinamikada şeýle-de çüwdürimleri ýa-da akymlary hereketlendiriji güýçler (daşky basyş, agyrlyk, inersiýa.....) ýörite kesgitlenilýär. Olar berlen ýa-da talap edilýän ulylyklar hökmünde seredilýarler.

Gidrogazodinamikada suwuklyk ýa-da gaz hereketini häsiýetlendirýän we kesgitleýän esasy ululyklar içki gidrogazodinamiki basyş (P) we hereketiň tizligidir (U, υ)

U- hereket giňişliginde ýerli ýa-da elementar bölejigiň (çüwdürimiň,

gatlagyň) tizligi, $\upsilon -$suwuklyk ýa-da gaz göwrüminiň (akymyň) orta tizligi.

Içki gidrogazodinamiki basyş mehaniki häsiýetnamalary boýunça gidrostatikada seredilen basyşa meňzeşdir. Emma umumy hereket giňişliginde ol iki emele getiriji basyş ululyklaryna dargaýandyr, ýagny

$$P=P_{st}+P_{din} \qquad (3.1)$$

bu ýerde, P-hereketiň umumy içki basyşy, P_{st}-hereketiň statiki basyşy; P_{din}-hereketiň dinamiki basyşy.

Hereketiň statiki basyşy (P_{st}) hereket giňişligini (akymlary) çäklendirýän içki gaty üstlere normal ugur boýunça täsir edýän basyşdyr, dinamiki basyş (P_{din}) bolsa hereketiň tizlik wektoryna perpendikulýar ugur boýunça täsir edýän basyşdyr.

Gidrogazodinamiki hereketiň basyşy we tizligi hereket giňişliginiň islendik nokadynda onuň x, y, z koordinatalaryna we t wagta baglydyr. Funksional deňleme görnüşinde bu baglanyşyk aşaky görnüşde ýazylyp biliner:

$$P=f\,(x,y,z,t) \qquad U=f\,(x,y,z,t) \qquad (3.2)$$

Şeýle-de umumy ýagdaýda hereket edýän elementar bölejikleriň (gatlaklaryň, çüwdürimiň) absolýut tizligi ($\bar{U}$) wektor ululyk, hökmünde onuň emelegetirijileri bolan $\bar{U}_x$, $\bar{U}_y$, $\bar{U}_z$ proýeksiýalarynyň geometriki jemi görnüşinde kesgitlenilýär, ýagny:

$$\overline{U = \overline{U_x}} + \bar{U}_y + \bar{U}_z \qquad (3.3)$$

Onda, hereketiň doly derejede çözgüdi onuň tizliginiň degişli proýeksiýalarynyň (3.2) deňlemede getirilen baglanyşyk görnüşde seredilmegini talap edýär, ýagny

$$U_x=f\,(x, y, z, t)$$

$$U_y = f(x, y, z, t) \quad (3.4)$$
$$U_z = f(x, y, z, t)$$

Şunlukda, hereket edýän suwuklyk ýa-da gaz elementiniň basyşynyň we tizliginiň arabaglanyşygyny giňişlikde we wagt ölçeginde doly kesgitlemegiň matematiki çözgüdi köp funksiýaly çylşyrymly deňlemeler ulgamynyň bilelikde seredilmegine esaslanar.

Gidrogazodinamiki hereketi öwrenmegiň ýene-de bir aýratynlgy we çylşyrymlylygy – suwuklygyň (gazyň) gurluş tebygatynyň, olarda ýüze çykýan içki sürtülme ýa-da şepbeşiklik garşylyklarynyň çylşyrymlylygyna esaslanandyr. Şonuň üçin Eýleriň teklibi boýunça nazary gidrogazodinamikada esasan şepbeşiksiz hyýaly suwuklyklar (gazlar) seredilýär.

Nazary gidrogazodinamikada hereketi öwrenmegiň iki usuly ulanylýar:

1. Ž. Lagranžyň usuly;
2. L. Eýleriň usuly.

Lagranžyň usuly gidromehanika ylmynda başlangyç koordinatlar usuly diýlip atlandyrylýar. Oňa görä hereketi öwrenilýän her bir elementar bölejik başlangyç koordinatalar boýunça akýar hem-de hereketiň dowamynda onuň traýektoriýasy doly yzarlanylýar. Bu usul hereketi has doly beýan edýän hem bolsa, aşa çylşyrymlylygy sebäpli giňden ulanylmaýar.

Eýleriň usuly gidromehanikada hemişelik koordinatlar usuly diýlip atlandyrylýar. Oňa görä hereket giňişliginde aýry-aýry elementar bölejikleriň geçýän ýoly yzarlanylmaýar. Hereketi häsiýetlendirýän basyşyň we tizligiň ululyklaryhereket giňişliginiň dürli we hemişelik nokatlarynda geçýän wagta görä hasaba alynýar. Şeýlelikde, tutyş tekizlik üçin onuň tizlikler (basyşlar) meýdanyny (toruny) gurmak mümkinçiligi döreýär.

Gidrogazodinamikada hereketiň durnukly we durnuksyz, laminar we turbulent deňölçegli we deňölçegsizgörnüşlerine biri-birine baglanyşyklykda seredilýär.

Durnukly hereketde suwuklygyň ýa-da gazyň basyşy we tizligi islendik nokatda wagta görä üýtgemeýän ululyklardyr. Onda

durnukly hereket üçin (3.2) funksional deňlemeler aşakdaky görnüşde ýazylarlar:

$$P=f\,(x, y, z)$$
$$U=f\,(x, y, z) \qquad (3.5)$$

Onda dP/dt=0 we du/dt=0, sebäbi, hereketiň dowamynda P=const, u=const.

Durnukly hereket deňölçegli ýa-da deňölçegsiz görnüşlerde bolup biler. Deňölçegli durnukly hereketde suwuklyk ýa-da gaz akymynyň birmeňzeş nokatlarynda tizlik hemişelik ululygyny saklar. Mysal üçin üýtgemeýän diametrli we hemişelik akym mukdarly turbalaryň birmeňzeş nokatlarynda ýerli tizlikler islendik kese-kesiklerde onuň islendik akymynyň orta tizlikleri öz ululyklaryny üýtgetmez. Deňölçegsiz durnukly hereketde ýerli tizlikler alynan nokatda ululygyny üýtgetmese-de akymyň ugruna alynan meňzeş nokatlarda ululygyny üýtgederler. Şeýle-de akymyň yzygiderli alynan kesiklerinde arta tizligiň ululygy üýtgär.

Durnuksyz hereketde akymyň islendik nokadynda basyş we tizlik wagta görä üznüksiz üýtgär. Durnuksyz herekediň mysaly hökmünde suwuklykdan doldurylan rezerwarlaryň deşikler ýa-da turbalar arkaly akdyrylyp boşadylşyny görkezmek bolar. Herekediň lominar we turbulent görnüşleri olaryň akyş kadalaryna akymlaryň içki hereket mehaniziminiň hem-de şepbeşiklik garşylygynyň aýratynlygyna degişlidir.

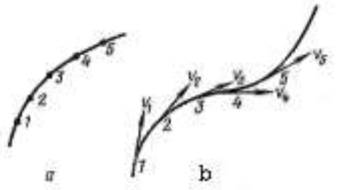
Lominar ýa-da turbolent kadaly akymlaryň deňölçegli ýa-da deňölçegsiz, durnukly ýa-da durnuksyz görnüşlerde bolup bilýändikleri düşünikli hadysadyr.

3.2 Suwuklyk (gaz) herekediniň çüwdürim modeliniň elementleri

Hyýaly suwuklyk (gaz) herekediniň çüwdürim modeli we onuň elementleri gidrogazodinamikanyň kinematiki başlangyjydyr. Tehniki mehanikadan tapawutlylykda gidrawlikada kinematikanyň

seredýän esasy elementi üznüksiz we boşluksyz hereket giňişligiň alynan suwuklygynyň (gazyň) elementar bölejigidir. Bu bölejigiň islendik nokadynda dykyzlyk, basyş we tizlik hemişelik ululyklardyr.

Herekediň çüwdürim modeliniň ilkinji giňişlik elementi akym çyzygydyr. Bu çyzygyň islendik nokadynda berlen t wagt pursatyndan tizlik wektorlary, oňa galtaşýan çyzyklar bolmalydyrlar. 3.1 a we 3.1 b suratlarda durnukly we durnuksyz hereketlerde akym çyzyklary şekillendirilen.



3.1-nji surat

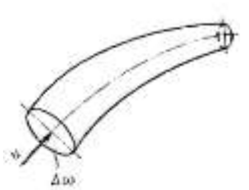
Durnukly hereketde akym çyzyklary t wagtyň dowamynda hemişelikler hem-de elementar bölejikleriň hereket troýektoriýalary bilen gabat gelýändirler. Durnuksyz hereketde dürli wagt pursatlarynda (t_1,t_2) dürli akym çyzyklary emele gelerler.

Hereket giňişliginde akym x, y, z koordinatly nokadyň absolýut tizligine emele getirijileri U_x,U_y,U_z ululykda bolsalar hem-de bu nokat akym çyzygynyň ugry bilen dl aralykdaky x+dx, y+dy, z+dz koordinatly nokada süýşse, onda akym çyzygynyň üznüksiz herekedini beýan edýän aňlatma aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\frac{Ux}{dx} = \frac{Uy}{dy} = \frac{Uz}{dz} \qquad (3.6)$$

3.6 deňligi akym çyzygynyň deňlemesi diýlip atlandyrylýar.

Akym giňişliginde $\Delta\omega$ ululykly elementar meýdany çäklendirýän ýapyk kontur alalyň (3.2-nji surat)



3.2-nji surat

Eger-de berlen t wagt pursadynda $\Delta\omega$ konturyň ähli nokatlaryndan akym çyzyklaryny geçirip bolsa, onda emele gelen elementar giňişlik üst şekiline akym turbajygy diýip bolar. Akym turbajygynyň üsti diňe akym çyzyklary bilen çäklenendir. Şonuň üçin bu üst üznüksizdir, bitewidir hem-de daşky gurşaw bilen alyş-çalyşsyzdyr. Akym turbajygy boýunça hereket edýän elementar suwuklyk (gaz) göwrümine elementar çüwdürim diýilýär.

Elementar çüwdürim 1-1 we 2-2 tekiz kesikler bilen çäklenen dl uzynlykly dV elementar göwrümine seredeliň. Bu göwrümiň ululygy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$dV = \Delta\omega\, dl \qquad (3.7)$$

eger-de (3.7) aňlatmanyň iki tarapynyda dt wagta bölsek, onda elementar çüwdürimiň dq göwrüm mukdarynyň ululygy alynar, ýagny

$$\frac{dV}{dt} = \Delta\omega \frac{dl}{dt} \qquad \text{ýa-da} \qquad dq = \Delta\omega\, U \qquad (3.8)$$

Bu ýerde $U=\frac{dl}{dt}$ elementar çüwdürimiň tizligidir.

Akymyň elementar çüwdürimleri aşakdaky häsiýetlere eýedirler :

1. Durnukly hereketde elementar çüwdürimiň şekilli hemişelikdir.
2. Elementar çüwdürimiň mukdary hemişelikdir, sebäbi ony emele getirýän akym çyzyklary özara kesişmeýärler, çüwdürimden çykmaýarlar we oňa daşyndan girmeýärler.

3. elementar çüwdürimiň kese (janly) kesiginiň islendik nokadynda basyş we tizlik üýtgemeýän ululyklardyr.

Hereketiň çüwdürim modeliniň ahyrky we esasy gidrawliki elementi suwuklyk ýa-da ýa-da gaz akymlarydyr. Akym diýlip üznüksiz we bütewi hereket giňişliginde ω meýdanly ýapyk çäkli konturdan akyp geçýän elementar çüwdürimler toplumyna aýdylýar. Suwuklyk (gaz) hereketiniň we akymlarynyň ýokarda seredilen geometriki we kinematiki häsiýetnamalaryna esaslanyp akymlaryň gidrawliki görkezijilerine we häsiýetnamalaryna seredeliň. Eger-de ω ýapyk kontur hereketiň tizlik wektoryna dik ugurda geçirilen bolsa, onda oňa akymyň janly kesigi diýilýär.

Suwuklygyň (gazyň) akgynlyk materiýa häsiýetini we onuň hereketiniň üznüksizligini nazara alyp akymyň ω janly kesiginiň hem-de akymy emele getirýän çüwdürimleriň $d\omega$ elementar janly kesikleriniň jeminiň özara deň ululykdygyna göz ýetirip bolar, ýagny

$$\omega = \int_{\omega}^{\cdot} d\,\omega \qquad (3.9)$$

Akymyň janly kesiginiň mysallary hökmünde doly akymly r radiusly we d diametrli turbanyň dik kesiginiň meýdanyny

$$\omega = \pi r^2 = \frac{\pi \mathrm{d}^2}{4}$$

Ýarym akymly turbanyň akymynyň meýdanyny

$$\omega = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{\pi \mathrm{d}^2/_8}{\omega = b\,h}$$

Gönüburçlyk kesikli kanalyň meýdanyny
$\omega = b\,h$ (b-kanalyň ini, h-kanalyň çuňlugy) görkezmek bolar.

Akymyň λ öllenýän perimetri diýilip onuň janly kesiginiň perimetriniň akymy çäklendirýän gaty üstleri ölleýän

bölegine aýdylýar. Ýokarda seredilen mysallarda, degişlilikde akymlaryň ölleýän perimetrleri aşakdaky görnüşde kesgitleniler:

doly akymly turbada $\lambda = 2\pi r = \pi d$

ýarym akymly turbada $\lambda = \pi r = \frac{\pi d}{2}$ (3.10)

göniburçlyk kesikli kanalda $\lambda = b + 2h$

Akymyň ω janly kesiginiň onuň λ öllenýän perimetrine bolan gatnaşygyna R akymyň gidrawliki radiusy diýilýär. Ýokarda seredilen mysallarda degişlilikdegidrawliki radiusyň ululyklary aşakdaky görnüşde ýazylarlar:

doly akymly turba $R = \frac{\omega}{\lambda} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4}$

ýarym akymly turbada

$R = \frac{r}{4} = \frac{d}{8}$ (3.11)

gönüburçlyk kesikli kanalda $R = \frac{bh}{b+2h}$

Akymyň Q göwrüm mukdary diýip t wagt birliginde onuň janly kesiginiň üstünden akyp geçýän V göwrüminiň ululygyna aýdylýar.

$$Q = \frac{V}{t}, \quad \frac{m^3}{s} \qquad (3.12)$$

Akymlaryň hasaplamalarynda olaryň G agram we M massa mukdary degişlilikde aşakdaky görnüşde kesgitleniler:

$$G = \rho g Q, \quad \frac{N}{s} \qquad (3.13)$$

$$M = \rho Q, \quad \frac{kg}{s}; \frac{kg}{sag} \qquad (3.14)$$

Akymyň ýokarda getirilen kesgitlemesine laýyklykda, onuň göwrüm mukdaryny akymy emele getirýän elementar çüwdürimleriň dq göwrüm mukdarynyň jemi hökmünde kesgitläp bolar, ýagny

$$Q = \int_{\omega}^{\cdot} dq = \int_{\omega}^{\cdot} U d\omega \qquad (3.15)$$

3.15 deňlemäni çözmek üçin, seredilýän akymyň çäginde ýerli U tizlikleriň paýlanyşynyň takyk kanuny akymlarda ýerli tizlikleriň paýlanyş kanunlary olaryň hereket kanunlaryna baglydyr. Bu kanunlar kitabyň indiki bölüminde takyk seredilýär. Şonuň üçin suwuklyk (gaz) hereketiniň kinematikasynda akymlaryň orta tizligi atly düşünje girizilýär. Orta tizlik ϑ diýilipakymyň ω janly kesiginiň üstünden akyp geçýän hakyky Q göwrüm mukdarynyň ululygyny kanagatlandyrýan ϑ tizlige aýdylýar. Onda

$$Q = \frac{Q}{\omega} \qquad (3.16)$$

ýa-da

$$Q = \omega\vartheta \qquad (3.17)$$

Alynan 3.17 aňlatma gidrawliki hasaplamalarda giňden ulanylýan formuladyr. Bu formula akymlaryň esasy gidrawliki görkezijileriniň arabaglanyşygyny kesgitleýändir. Mysal üçin, doly akymly turbalaryň hasaplamalarynda bu formulany esasy meseläni, ýagny berilen ýa-da kabul edilen Q we ϑ ululyklarda talap edilýän diametriniň ululygyny kesgitlemek üçin ulanyp bolar:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4}\vartheta \qquad (3.18)$$

ýa-da

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\vartheta}} \qquad (3.19)$$

Akymyň orta tizligi toslanan ýa-da ýokarda agzalan şertlere laýyklykda kabul edilen tizlikdir. Emma bu tizligiň ululygy seredilýän akymlarda onuň ýerli tizlikleriniň paýlanyş kanunyna laýyklykda ortalaşdyrylan ululygyna hökmany suratda gabat gelmelidir. Şeýlelikde bolsa, orta tizligiň ululygy boýunça diňe akymyň göwrüm mukdaryny kesgitläp bolar. Bu

tizligiň ululygy boýunça kesgitlenilen akymyň K_{hm} hereket mukdarynyň we akymyň E_{ke} kinetik energiýasynyň ululyklary degişli düzediş koeffisiýentleri arkaly kesgitlenilmelidirler:

$$K_{hm} = \alpha^I M\vartheta = \alpha^I \rho Q\vartheta \qquad (3.20)$$

$$E_{ke} = \frac{\alpha M\vartheta^2}{2} = \frac{\alpha \rho Q\vartheta^2}{2} \qquad (3.21)$$

bu ýer-de

α^I-akymyň hereket mukdarynyň düzediş koeffisiýenti, $\alpha^I = 1.03 \div 1.1$,

α-akymyň kinetik energiýasynyň düzediş koeffisiýenti, $\alpha = 1 \div 2$,

α^I we α düzediş koeffisiýentleriniň hakyky ululyklary akymyň hereket mukdarynyň we kinetik energiýasynyň ýerli we orta tizlikleriň ululyklary boýunça kesgitlenilen bahalarynyň gatnaşyklaryna deňdirler.

3.3. Akymyň görnüşleri

Suwuklyk we gaz akymlarynyň görnüşleri olary hereketlendiriji güýçleriň tebygaty hem-de akymlaryň we olary çäklendiriji daşky gurşawyň özara täsir mehanizmleriniň aýratynlyklary boýunça kesgitlenilýär.

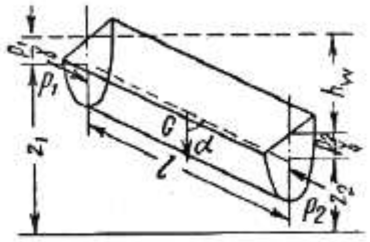
Bu babatda suwuklyk we gaz akymlary aşakdaky böleklere bölünýärler:

1. Basyşly ýa-da naporly akymlar

Bu akymlar daşky basyş güýçleriniň ýa-da başky artykmaç gidrostatiki naporyň hasabyna hereket edýärler hem-de tutyş öllenýän perimetri boýunça gaty üst bilen çäklenendirler. Basyşly akymlaryň mysallary hökmünde suw, nebit we gaz akdyrýan magistral turbageçirijileri, şäherleriň we beýleki ilatly punktlaryň suw, gaz paýlaýjy turbalaryny hem-de suwuk we gaz önümlerini gaýtadan işleýän zawotlaryň geçiriji turbalar ulgamlaryny görkezmek bolar. Agzalan turbageçiriji ulgamlarda akymlary hereketlendiriji basyşlar nasos ya-da kompressor desgalarynyň kömegi bilen döredilýär. Basyşly gidrawliki geçiriji ulgamlaryň tilsimat hasaplamalarynyň esasy meselesi ulgamyň gidrawliki häsýetnamalarynyň nasos ýa-da kompressor desgalarynyň iş häsiýetnamalary bilen amatly gatnaşygyny kesgitlemekdir.

2. Basyşsyz ýa-da naporsyz akymlar

Bu akymlar esasan öz hususy agyrlyk güýjiniň hasabyna hereket edýändirler hem-de ölleýän perimetiriniň belli bir bölegi boýunça erkin üst bilen çäklenýändirler. Basyşsyz akymlaryň mysallary hökminde özi akýan suw ýa-da kanalizasiýa turbalaryndaky akymlary açyk akabalardaky akymlary, tebigy howa çalyşmak ulgamlarynyň akymlaryny görkezmek bolar.



3.3-nji surat

3.3-nji suratda açyk kanalda suwuklygyň durnukly we deňölçegli hereketi şekillendirilen. Bu mysalda akymy

hereketlendirýän güýç suwuklygyň agramynyň hereketiň esasy s-s ugruna bolan proýeksýasynyň ululygydyr, ýagny

$$G_s = \rho g_s Q \qquad (3.22)$$

bu ýerde

$g_s -$ agyrlyk güýjiniň tizlenmesiniň akymyň s-s hereket ugruna bolan proýeksýasy.

Çyzgydan görnüşi ýaly

$$g_s = g \sin \alpha \qquad (3.23)$$

α –akymyň hereket ugrunyň ýa-da akabanyň eňňitlik burçy.

Akymyň eňňitlik burçuny öz gezeginde aşakdaky görnüşde aňladyp bolar, ýagny

$$\tan \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}; \qquad (3.24)$$

bu ýerde

z_1, z_2 –akabanyň başlangyç we ahyrky nokatlarynyň geodeziki belgisi.

l – akabanyň (akymyň) uzynlygy.

Şeýlelikde basyşsyz ýa-da özi akýan akymlarda hereketlendiriji güýji häsýetlendirýän esasy görkeziji akabanyň eňňitligidir. Geodeziki nukdaý-nazardan bu görkeziji akabanyň eňňitlik burçunyň tangensidir.

$$i = \tan \alpha \qquad (3.25)$$

3. Çüwdürim akymlary

Çüwdirim akymlaryny hereketlendirýän güýç başky inersiýa F_i güýjidir. Bu güýji kesgitleýän we häsýetlendirýän esasy ululyk akymyň H dinamiki ýa-da tizlik naporydyr. Hakykatdan hem çüwdürim akymynyň dinamiki F_i güýji aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$F_i = \frac{M\vartheta^2}{2} = \frac{\rho Q\vartheta^2}{2} \qquad (3.26)$$

3.26 aaňlatmany akymyň udel energiýasyna getirsek, onda çüwdürim akymynyň H beýikliginiň (uzynlygynyň) ululygyny kesgitläris:

$$\frac{F_i}{\rho g Q} = H = \frac{\rho Q\vartheta^2}{2\rho g} \qquad (3.27)$$

ýa-da

$$H = \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (3.28)$$

3.4 suratda dik ugurda hereket edýän erkin çüwdürim akymy şekillendirilen. Bu akymyň islendik janly kesigi erkin üst bilen çäklenendir. Çüwdürim akymynyň umumy H beýikligi aşakdaky goşulyjylardan ybaratdyr, ýagny:

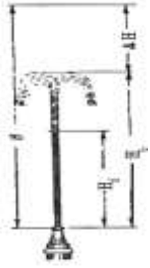
$$H = H_b + H_d + \Delta H \qquad (3.29)$$

bu ýerde

H_b –bütewi (jebis) çüwdürimiň beýikligi

H_d – çüwdürimiň dargaýan böleginiň beýikligi

ΔH – çüwdürimiň “ýitýän” böleginiň beýikligi.

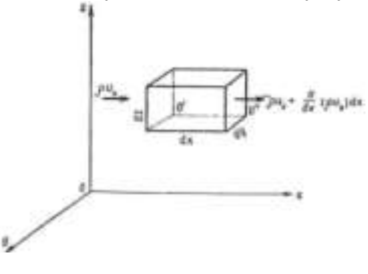


3.4-nji surat

Çüwdürim akymlarynyň mysallary hökmünde seýilgäh çüwdürimlerini (fontanlary), ýangyn söndüriji çüwdürimlerini hem-de ýörite çüwdürimler tehnikasynda ýer ýa-da dag işlerini ýerine ýetirmek üçin ulanylýan brandspoýt çüwdürimlerini görkezip bolar.

3.4 Hereketiň üznüksizliginiň we akymyň mukdarynyň hemişeliginiň deňlemesi

Durnukly hereket giňişliginde elementar parallelepiped (3.5-nji a surat üstünden akyp geçýän gysylmaýan $\rho = const$) suwuklygyň massasynyň üýtgemesine seredeliň. Durnukly hereketiň şertlerine (3.5) hem-de hereket giňişliginiň tutyşlygyna laýyklykda seredilýän elementar göwrümde (elementar çüwdürimde, akymda) suwuklygyň massasy wagtyň dowamynda hemişelik ululykda saklanmalydyr.



a.

b.

3.5-nji surat

Goýulan meseläni ters çaklama esasynda ýagny d_x, d_y, d_z ölçegli parallelepipediň 3 gapdalyndan girýän suwuklygyň massasy onuň garşylykly 3 gapdalyndan çykýan suwuklygyň

massasyna deň däl diýip seredeliň. Onda, mysal üçin, OX ugur boýunça wagt birliginde parallelepipede çep gapdaldan girýän suwuklygyň tizligi $\vartheta_x$bolsa, onda onuň sag gapdalyndan çykýan suwuklygyň tizligi $\vartheta_x + \frac{\partial U_x}{\partial x}\partial x$ bolar. Şeýlelikde OX ugur boýunça elementar parallelepipediň massa mukdarynyň üýtgeýän ululygy aşakdaky görnüşde kesgitleniler:

$$dM_x = \rho\vartheta_z dydz - \rho\left(\vartheta_x + \frac{\partial\vartheta_x}{\partial x}dx\right)dydz = -\rho\frac{\partial\vartheta_x}{\partial x}dxdydz$$

OY we OZ ugurlar boýunça ýokardaky meňzeşlige esaslanyp degişlilikde elementar massa mukdarynyň tapawutlaryny kesgitläp bolar, ýagny

$$dM_y = -\rho\frac{\partial\vartheta_y}{\partial y}dx\,dy\,dz \qquad (3.30)$$
$$dM_z = -\rho\frac{\partial\vartheta_z}{\partial z}dx\,dy\,dz$$

Hereket giňişliginiň tutyşlygynyň (üznüksizliginiň) şertine görä seredilýän parallelepipediň (çüwdürimiň, akymyň) massa mukdary hemişelikdir, onda

$$dM = dM_x + dM_y + dM_z = 0$$

Ýa-da

$$dM = -\rho\,dx\,dy\,dz\left(\frac{\partial\vartheta_x}{dx} + \frac{\partial\vartheta_y}{\partial y} + \frac{\partial\vartheta_z}{\partial z}\right) = 0$$

Ululyklar ρ, dx, dy, dz nola deň bolup bilmezler şonuň üçin

$$\frac{\partial\vartheta_x}{\partial x} + \frac{\partial\vartheta_y}{\partial y} + \frac{\partial\vartheta_z}{\partial z} = 0 \qquad (3.31)$$

Alynan (3.31) deňleme gysylmaýan suwuklygyň durnukly hereketiniň üznüksizliginiň differensiýal deňlemesidir. Bu deňleme 1755-nji ýylda genial rus alymy Leonardo Eýler tarapyndan alyndy.

Gidrawlika ylymynyň esasan akymlaryň hereketi we hasaplamalary bilen baglanyşykly meseleleriniň seredilmegine ýykgynlyk edýänligi sebäpli (3.31) deňlemäniň elementar çüwdürim hem-de suwuklyk (gaz) akymlary üçin ýazylysyny ýatlap geçeliň:

Akymyň elementar çüwdürimi üçin:

$$dq = const$$

ýa-da

$$U_I d\omega_I = U_2\, d\omega_2 = \cdots = const \qquad (3.32)$$

Normal şertlerde hereket edýän akymlar üçin:

$$Q = const \qquad (3.33)$$

ýa-da

$$\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 = \cdots = const$$

(3.3) deňleme akdyryjy ulgamlaryň gidrawliki hasaplamalarynda akymlaryň dürli kesiklerinde olaryň geometriki ölçegleriniň we tizlikleriniň özara gatnaşygyny kesgitlemek üçin giňden ulanylýar. Mysal üçin turbageçiriji ulgamlaryň akymlary üçin aşakdaky deňleme gatnaşygyny ýazyp bolar:

$$\vartheta_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = \vartheta_2 \frac{\pi d_2^2}{4}$$

ýa-da

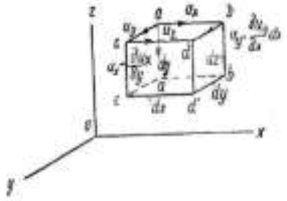
$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \qquad (3.34)$$

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

$$d_1 = d_2 \sqrt{\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}} \qquad \text{we ş.m.}$$

3.5. Elementar çüwdürimiň hereketiniň differensiýal deňlemesi. Bernulliniň integraly we deňlemesi

Durnukly we deňölçegli hereket edýän hyýaly elementar çüwdürimiň çäginde dx, dy, dz ölçegli parallelepiped şekilli (3.6-nji surat) elementar bölejigiň hereketiniňdeňagramlygyna seredeliň.



3.6-njy surat

Çyzgydan görnüşi ýaly OX okunyň ugruna parallelepipede çepden P, dy, dz we sagda $\left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx\right) dydz$ ululykly daşky basyş güýçleri $\rho\, dx\, dy\, dz\, F_x$ ululykly massa güýji hem-de $\rho\, dx\, dy\, dz\, \frac{dU_x}{dx}$ ululykly inersiýa güýji täsir edýär. Onda seredilýän ugurda güýçleriň we umuman hereketiň deňagramlygy aşakdaky deňleme görnüşinde ýazylar:

$$P\, dy\, dz - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx\right) dy\, dz + \rho\, dx\, dy\, dz\, F_x - \rho\, dx\, dy\, dz \frac{dU_x}{dt} = 0$$

Alynan deňlemäni ýönekeýleşdirip, onuň ähli agzalaryny massa birligine ($\rho\, dx\, dy\, dz$) getirip hem-de güýçleriň

deňagramlyk şertini OY we OZ ugurlar boýunça ýokarky meňzeşlikde ýazyp aşakdaky netijäni alyp bolar:

$$F_x - \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{dU_k}{dt}$$
$$F_y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{dU_y}{dt} \qquad (3.35)$$
$$F_z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial z} = \frac{dU_z}{dt}$$

(3.35) differensiýal deňlemeleri hyýaly suwuklyk çüwdüriminiň hereketiniň deňagramlygynyň deňlemesidir. Bu deňleme gidromehanikanyň esasy deňlemeleriniň biridir hem-de 1755-nji ýylda Leonardo Eýler tarapyndan alyndy. Eger-de 3.35 belgili deňlemeleri 2.5 belgili statiki deňagramlygyň deňlemeleri bilen deňeşdirsek onda D. Alamberiň garaýşynyň* takyk matematiki subutnamasydygy ýüze çykar.

*****_D. Alamberiň garaýşy hereket edýän hyýaly suwuklyk elementiniň esasy deňagramlyk şerti – täsir edýän güýçleriň degişli proýeksiýalarynyň algebraik jeminiň hereket edýän elementiň merkeziniň tizlenmesiniň degişli proýeksiýasyna deňligidir._

3.35 deňlemeleri degişlilikde dx, dy, dz elementar ululyklara köpeldip olary dikligine agzalaryň fiziki manylary boýunça goşalyň:

$$F_x dx + F_y dy + F_z dz - \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial P}{\partial x}dx + \frac{\partial P}{\partial y}dy + \frac{\partial P}{\partial z}dz\right) = \frac{dU_x}{dt}dx + \frac{dU_y}{dt}dy + \frac{dU_z}{dt}dz; \quad (3.36)$$

Soňky deňlemäni aşakdaky tertipde ýönekeýleşdireliň:

1. $(F_x dx + F_y dy + F_z dz)$ aňlatmany $F = f(x; y; z)$ fiziki manyny aňladýan F güýç funksiýasynyň doly differensiýaly diýip belläliň, ýagny

$$dF = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$

2. Hereketiň durnuklylygyny nazara alyp 2.3 we 2.4 belgili deňlemelere esaslanyp aşakdaky aňlatmany kabul edýäris:

$$dP = \frac{\partial P}{\partial x} dx + \frac{\partial P}{\partial y} dy + \frac{\partial P}{\partial z} dz$$

3.Hereket edýän elementiň tizlikleriniň proýeksiýalarynyň $U_x = \frac{dx}{dt}$, $U_y = \frac{dy}{dt}$, $U_z = \frac{dz}{dt}$ deňliginden 3.36 deňlemäniň sag tarapyny aşakdaky görnüşde ýönekeýleşdirip bolar:

$$\frac{dU_x}{dt} dx = \frac{dU_x}{dt} U_x dt = U_x dU_x = d(\frac{U_x^2}{2})$$
$$\frac{dU_y}{dt} dy = \frac{dU_y}{dt} U_y dt = U_y dU_y = d(\frac{U_y^2}{2})$$
$$\frac{dU_z}{dt} dz = \frac{dU_z}{dt} U_z dt = U_z dU_z = d(\frac{U_z^2}{2})$$

Alynan aňlatmalary 3.36 belgili deňlemede ýerli ýerine goýup aşakdaky netijäni alarys:

$$dF - \frac{1}{\rho} dP = \frac{1}{2} d(U^2)$$

ýa-da

$$-dF + \frac{dP}{\rho} + \frac{d(U^2)}{2} = 0$$

integrirlenenden soň aşakdaky hemişelik netijeli jemi (integraly) alarys:

$$-F + \frac{P}{\rho} + \frac{U^2}{2} = const \qquad (3.37)$$

Eger-de hereket edýän suwuklyk çüwdürimine içki massa güýçlerinden diňe agyrlyk güýji täsir edýän bolsa, onda $dF = F_z dz = -gdz$ bolar (2.11 aňlatma), çünki $F_x = 0,\ F_y = 0$. Onda 3.37 deňleme şeýle ýazylar:

$$gz + \frac{P}{\rho} + \frac{U^2}{2} = const$$

Soňky deňlemäniň agzalaryny g ululyga bölüp 3.37 deňlemäni aşakdaky görnüşe getireris:

$$z + \frac{P}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} = const = H_g \qquad (3.38)$$

bu ýerde

H_g –elementar çüwdürimiň doly gidrawliki napory ýa-da basyş beýikligi.

3.38 deňlemäni hyýaly suwuklyk çüwdüriminiň yzygiderli alynan 1-1 we 2-2 kesikleri üçin olaryň gidrodinamiki naporlarynyň deňligi görnüşinde ýazsak, onda

$$H_{g1} = H_{g2}$$

ýa-da

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} \qquad (3.39)$$

Alynan 3.38 we 3.39 deňlemeler gidrawlika, suwuklyklaryň we gazlaryň mehanikasy dersleriniň (amaly gidromehanikanyň) esasy deňlemesidir. Olar degişlilikde hyýaly suwuklygyň elementar çüwdürimi üçin Daniýel Bernulliniň integraly we deňlemesi diýilip atlandyrylýar.

Bernulliniň deňlemesi ölçemler nazaryýeti we energetiki manysy boýunça derňelende onuň M.W.Lomonosowyň ýazyp beýan eden energiýanyň saklanmak kanunynyň ilkinji hem-de takyk subutnamasydygy aýdyň görünýär. Dogrudan hem Bernulliniň (3.39) deňlemesi hyýaly elementar çüwdürimiň hereket ugry boýunça onuň gidrodinamiki naporynyň ýa-da udel energiýasynyň üýtgemeýän hemişelik ululykdygyny görkezýär. Deňlemäniň agzalarynyň (z, $\frac{\rho}{\rho g}$, $\frac{U^2}{2g}$) üýtgemesi bolsa hereketiň dowamynda energiýanyň bir görnüşinden başga görnüşe geçýändigini aňladýar.

Hakyky suwuklyklaryň elementar çüwdürimleriniň hereketi hereketi üçin Bernulliniň deňlemesi çüwdürim 2-2 kesiginden başlap h_f ululykly naporyň ýa-da energiýanyň ýitgisini göz öňünde tutmalydyr. Bu ýitgi esasan içki sürtülme ýa-da şepbeşiklik garşylyk güýçlerini ýeňip geçmek üçin sarp edilýän energiýadyr. Onda Bernulliniň deňlemesi aşakdaky görnüşe geler:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} + h_{f1-2} \tag{3.40}$$

bu ýerde

h_{f1-2} –hakyky elementar çüwdürimiň 1-1 we 2-2 kesikleriniň aralygynda ýitýän naporyň ýa-da udel energiýanyň ululygy.

3.6. Hakyky suwuklyk akymlary üçin Bernulliniň deňlemesi

Bernulliniň (3.38) integralyny we (3.40) deňlemesini hakyky (şepbeşikli) akymlarda ulanmak üçin aşakdaky şertleriň ýerine ýetirilmegi hökmanydyr:

1. Suwuklyk akymynyň hereketiniň görnüşleri durnukly, deňölçegli ýa-da durnukly deňölçegsiz hereketiň talaplaryna gabat gelmeli;
2. Akymyň ugruna alynan kesikler akymyň orta tizlik (ϑ) wektoryna normal bolmalydyr hem-de olarda 3.9 aňlatma ($\omega = \int_{\omega} d\omega$) berjaý edilmelidir;
3. Akymyň islendik kesiginde gidrostatikanyň esasy kanuny ýerine ýetirilmelidir ýagny kesigiň islendik nokadynda $z + \frac{P}{\rho g}$ ululykly gidrostatiki napor üýtgemeýän ululyk bolmaly;
4. Akymyň janly kesigi boýunça ýerli (U) tizlikleriň paýlanyşy, olaryň akymyň orta tizligi (ϑ) bilen gatnaşygy hem-de (3.22) aňlatmada getirilen akymyň kinetik energiýasynyň düzediş koeffisiýentiniň (α) ululygy belli bolmaly;
5. Akymy emele getirýän elementar çüwdürimleriň otnositel hereketiniň döredýän şepbeşiklik hem-de akym bilen daşky gurşawyň arasynda döreýän sürtülme garşylyklary ähli kesiklerde hasaba alynmalydyr.

Islendik mehaniki herekete mahsus bolşy ýaly, akymyň doly E energiýasy E_P potensial we E_k kinetik energiýalaryň jemine deňdir, ýagny

$$E = E_P + E_k \qquad (3.41)$$

Şol bir wagtda akymyň doly E energiýasyny ony emele getirýän elementar çüwdürimleriň dE doly energiýasynyň jemi görnüşinde kesgitläp bolar

$$E = \int_{\omega} dE \qquad (3.42)$$

(3.38) aňlatmada getirilen Bernulliniň deňlemesiniň integralyny fiziki (energetiki) nukdaý-nazardan elementar çüwdürimiň de udel energiýasyny göz öňünde tutyp (3.42) deňligi aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$E = \int_\omega dE = \int_\omega de\ \rho gU\, d\omega = \int_\omega \left(z + \frac{P}{\rho g} + \frac{U^2}{2g}\right) \rho gU\, d\omega \qquad (3.43)$$

bu ýede $\rho gU\, d\omega$ (3.14) aňlatmada getirilişi ýaly, elementar çüwdürimiň agram mukdarydyr. (3.43) deňlemäniň sag tarapyny goşulyjylaryň fiziki manysyna laýyklykda iki bölege bölüp, olaryň degişlilikde akymyň doly potensial we kinetik energiýalarynyň ululyklaryna göz ýetirip bolar:

$$E = \int_\omega \left(z + \frac{P}{\rho g}\right) \rho gU\, d\omega + \int_\omega \frac{U^2}{2g} \rho gU\, d\omega \qquad (3.44)$$

ýa-da

$$E = \left(z + \frac{P}{\rho g}\right) \rho gQ + \int_\omega \frac{\rho U^3}{2} d\omega \qquad (3.45)$$

Alynan (3.45) netijäni (3.41) bilen deňeşdirip akymyň doly we udel potensial energiýasynyň ululyklary üçin degişlilikde aşakdaky aňlatmalary alyp bolar:

$$E_P = (z + \frac{P}{\rho g}) \rho gQ \qquad (3.46)$$

$$e_P = \frac{E_P}{\rho gQ} = z + \frac{P}{\rho g} \qquad (3.47)$$

Onda akymyň doly we udel kinetiki energiýasynyň ululyklary üçin aşakdaky aňlatmalar alynar:

$$E_k = \int_\omega \frac{\rho U^3}{2} d\omega \qquad (3.48)$$

$$e_P = \frac{E_k}{\rho gQ} = \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} \qquad (3.49)$$

Soňky (3.49) aňlatmada $\vartheta = (\int_{\omega} d\omega U)/\omega$, $\alpha = U^2 d\omega/\vartheta^3\omega$, $Q = \omega\vartheta = \int_{\omega} U\, d\omega$. Şeýlelikde, akymyň udel energiýalarynyň jemi aşakdaky görnüşde aňladylar:

$$e = e_P + e_k = z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha\vartheta^2}{2g} \qquad (350)$$

Eger-de 3.50 aňlatmanyň esasynda akymyň hereket ugruna yzygiderli alynan 1-1 we 2-2 kesikler üçin akymyň udel energiýasynyň jemini özara deňeşdirsek hem-de ýokarda 5-nji hökmany şertde getirilen energiýanyň ýitgisini hasaba alsak, onda suwuklygyň hakyky akymy üçin Bernulliniň deňlemesi alynar:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1\vartheta_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2\vartheta_2^2}{2g} + h_{f1-2} \qquad (3.51)$$

Bernulliniň (3.51) belgili hakyky suwuklyk akymlary üçin alynan deňlemesi gidrogazodinamikanyň esasy deňlemesidir. Bu deňlemäni üznüksiz akymlaryň ýokarda agzalan ähli hereket görnüşleri üçin ulanyp bolar. Deňleme akymyň hereket ugruna alynan iki we ondan köp kesikler üçin erkin geçirilen gorizontal deňeşdirme tekizligine görä ýazylmaly. Kesiklerde akymyň pýezometriki (statiki) P basyşlary, orta ϑ tizlikleri hem-de akymyň hereket kadalary belli bolmaly. Akymyň hereket kadasynyň görnüşine laýyklykda akymyň ýerli U we orta ϑ tizliklerini (olaryň paýlanylyşyny, gatnaşygyny) kinetik energiýanyň düzediş α koeffisientiniň ululygyny takyk kesgitläp bolar. Ýokarda getirilen aňlatmalardan belli bolşy ýaly kinetik energiýanyň düzediş koeffisiýentiniň (α) fiziki manysy ýerli we orta tizlikleriň ululyklary boýunça kesgitlenilen akymyň kinetik energiýalarynyň gatnaşygydyr, ýagny $\alpha = \frac{E_{k.u}}{E_{k.\vartheta}}$. Bu gatnaşyk,

öň bellenilişi ýaly elementar çüwdürimleriň ýerli tizlikleriniň paýlanylyşynyň deňsizligine baglydyr. Gidromehanika ylymynda α koeffisient korioliusyň koeffisiýenti diýilip atlandyrylýar. Onuň ululygy $\alpha = 1 - 2$ çäklerde üýtgeýär. Laminar kadaly akymlar üçin $\alpha = 2$, turbulent kadaly akymlar üçin $\alpha = 1.05 - 1.21$. Ýokary tizlikli ýeňil gysylýan suwuklyk (gaz, howa, suw bugy we ş.m.) akymlar üçin $\alpha \approx 1.0$.

Durnukly we deňölçegli akymlar üçin $\vartheta_1 = \vartheta_2$, onda Bernulliniň deňlemesini aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_{f1-2} \qquad (3.52)$$

Bernulliniň deňlemesine girýän agzalar massa birligine getirilse, deňleme şeýle ýazylar:

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2} + \frac{\Delta P_{f1-2}}{\rho} \qquad (3.53)$$

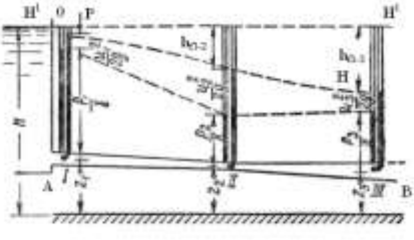
bu ýerde

$\frac{\Delta P_{f1-2}}{\rho}$ – akymyň basyşynyň ýitýän ululygyny massa mukdarynyň birligine getirilen ululygy. (3.53) belgili deňleme akymyň ugruna dykyzlygy üýtgeýän ýa-da ýokary basyşly gaz akymlarynyň hasaplamalarynda ulanylýar.

3.7. Bernulliniň deňlemesiniň manysyny düşündirmek

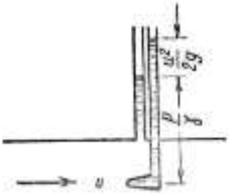
Bernulliniň deňlemesi onuň islendik agzasy, olaryň jemi ýa-da tapawudy geometriki (geodeziki), energetiki we gidrawliki nukdaý-nazardan takyk manylary aňladýarlar. Muňy görmek we ýazyp beýan etmek üçin, (3.51) deňlemäniň islendik agzasyny uzynlyk birliginde ölçäp bolýandygyndan hem-de olaryň degişlilikde dik aralyklardygyndan peýdalanalyň. 3.7-njy suratda dürli kesikli turba arkaly

hemişelik naporly rezerwuardan suwuklygyň akyp çykyşy şekillendirilen.



3.7-nji surat

Turbadaky akymyň ugruna alynan 1-1, 2-2 we 3-3 kesiklerde basyşyň we tizligiň döredýän beýikliklerini ölçemek üçin aýnadan ýasalan dik turbadan peýdalanalyň. Bu ýönekeý ölçeg enjamlary turbadaky akymyň seredilýän kesiginde 3.8-nji suratda görkezilişi ýaly ýerleşdirilmeli.



3.8-nji surat

1. Akymyň P statiki basyşynyň döredýän beýikligini ölçeýän Pýezometriň turbajygy (pýezomtriki turbajyk).
2. Akymyň ϑ tizligininiň döredýän beýikligini ölçeýän Pitonyň turbajygy (gidrometriki turbajyk).

Pýezometriki turbajyklar seredilýän kesiklerde akymyň $h_P = \frac{P}{\rho g}$ ululykly pýezometriki beýikliklerini görkezýärler. Bu beýiklikler akymyň s-s hereket okyndan pýezometriki turbajykdaky suwuklygyň beýiklik derejesine çenli geçirilen dik aralykdyr.

Pýezometriki we gidrometriki turbajyklardaky suwuklygyň beýiklik derejesiniň tapawudy $h_\vartheta = \frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$ akymyň tizlik beýikligidiýilip atlandyrylýar.

Eger-de akymyň hereket ugruna kesiklerdäki pýezometriki beýiklikler özara birleşdirilse, onda emele gelen P-P çyzyk akymyň pýezometriki çyzygy diýilip atlandyrylýar. Çyzgydan görnüşi ýaly, durnukly deňölçegsiz hereketde akymyň pýezometriki çyzygy egri çyzykdyr. Akymyň islendik kesiginde P-P çyzygyň dik koordinaty $H_{st} = z + \frac{P}{\rho y}$ akymyň doly statiki beýikligini aňladar. Ýanaşyk kesiklerde statiki beýiklikleriň tapawudy $\Delta H_{st}\, we\, P - P$ çyzygyň $i_P = \frac{\Delta H_{st}}{l}$ eňňitligi položitel ýa-da otrisatel ululyklar bolup biler.

Akymyň hereket ugruna P_{ito} turbajyklardaky suwuklyk derejeleri birleşdirilse, onda hakyky suwuklyk akymynyň doly beýiklik H-H çyzygy alynar. Akymyň islendik kesiginde H-H çyzygyň dik koordinaty $H = z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$ akymyň doly beýikligidir. Ýanaşyk kesiklerde akymyň doly beýiklikleriniň tapawudy
$h_{f1-2} = H_1 + H_2$ ýa-da $h_{f2-3} = H_2 + H_3$ akymyň ýitýän beýikligi diýip atlandyrylýar. Ýitýän beýikligiň akymyň uzynlygyna bolan gatnaşygy $i = \frac{h_f}{l}$ akymyň gidrawliki eňňitligini emele getirýär. Akymyň gidrawliki eňňitligi diňe položitel ululykdyr.

Akymyň islendik kesiginde $H^I = z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha\vartheta^2}{2g} + h_f$ ululyk dik beýiklik hyýaly suwuklyk akymynyň hereketiniň doly beýikligini aňladýar. Bu beýiklikleriň emele getirýän H^I-H^I çyzygy hyýaly suwuklyk akymynyň doly beýiklik çyzygydyr. Çyzgydan görnüşi ýaly $h_f=H^I-H$ ululyk islendik kesikde akymyň ýitýän beýikligidir. 3.6-njy çyzgyda şekillendirilen akymyň mysalynda ýokarda getirilen düşünjeler Bernulliniň deňlemesiniň geometriki manysyny aňladýandyr.

Hakykatdan hem dürli kesikli turbadaky akymyň mysalynda suwuklygyň hereketini doly beýan edýän Z, P, ϑ we h_f görkezijileriň we olaryň jeminiň geometriki arabaglanyşygyny aşakdaky görnüşde aňladyp bolar:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_{f1-2} = z_3 + \frac{P_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 \vartheta_3^2}{2g} + h_{f1-3} \quad (3.54)$$

(3.54) belgili deňleme bitewi we üznüksizlik hereketli hakyky akymda yzygiderli alynan 1-1, 2-2 we 3-3 kesikler üçin erkin alynan 0-0 gorizontal tekizlige görä Bernulliniň deňlemesidir. Bu deňlemäniň geometriki manysy jemlenen görnüşde ýene-de bir gezek agzap geçeliň: bütewi we üznüksiz hereketli hakyky suwuklyk akymynyň yzygiderli alynan islendik kesiginde geometriki (z), pýezometriki ($\frac{P}{\rho g}$), tizlik ($\frac{\alpha \vartheta^2}{2g}$) we ýitýän ($h_f$) beýiklikleriň jemi özara deňdirler hem-de üýtgemeýän hemişelik ululyklardyr. Bu deňlemäni şeýle-de aşakdaky gysgaldylan görnüşde ýazyp bolar:

$$H_1=H_2+h_{f1-2}=H_3=const \quad (3.55)$$

bu ýerde

H_1, H_2, H_3 – degişli kesiklerde akymyň doly beýiklikleri.

h_{f1-2}, h_{f1-3} – kesikleriň aralygynda akymyň ýitýän beýikligi.

H – suwuklyk akymynyň başlangyç beýikligi.

Bernulliniň deňlemesiniň energetiki manysy we ähmiýeti umumy görnüşde öňki temada ýazylyp geçildi. Ýokarda 3.6-njy suratda görkezilen akymyň mysalynda, Bernulliniň deňlemesiniň, onuň agzalarynyň we olaryň jemleriniň ýa-da tapawutlarynyň aňladýan energetiki manysyna jime-jik seredeliň.

Islendik kesikde akymyň Z, P, we ϑ gidrawliki görkezijileriniň berlen ululyklary boýunça Q mukdarly akymyň doly energiýasyny kesgitläliň:

Akymyň Z ululykly orun beýikliginiň döredýän potensial energiýasy.

$$E_{P.Z} = MgZ = \rho QgZ \qquad (3.56)$$

Akymyň P ululykly içki statiki basyşynyň döredýän potensial energiýasy:

$$E_{P.P} = PQ \qquad (3.57)$$

Akymyň ϑ ululykly hereket tizliginiň döredýän kinematiki energiýasy:

$$E_{k.\vartheta} = \frac{\alpha M \vartheta^2}{2} = \frac{\alpha \rho Q \vartheta^2}{2} \qquad (3.58)$$

Onda seredilýän kesikde akymyň doly energiýasy:

$$E = E_{P.Z} + E_{P.P} + E_{k.\vartheta} \qquad (3.59)$$

Ýa-da

$$E = \rho gQZ + PQ + \frac{\alpha \rho Q \vartheta^2}{2} \qquad (3.60)$$

Akymyň udel energiýasynyň ululygy doly energiýanyň akymyň ρgQ agram mukdaryna bolan gatnaşygy görnüşinde kesgitleniler, ýagny:

$$e = \frac{E}{\rho gQ} = Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} \qquad (3.61)$$

Şeýlelikde akymyň islendik kesiginde udel ýa-da has takyk aýdylanda, akymyň udel energiýalarynyň jemi we doly beýikligi birmeňzeş, ýöne dürli manyly ululyklardyr. Onda ýokarda getirilen (3.54) belgili Bernulliniň deňlemesini akymyň energetiki balansynyň deňlemesi diýip atlandyryp bolar hem-de gysgaldylan görnüşde şeýle ýazylar:

$$e_1 = e_2 + \Delta e_{f1-2} = e_3 + \Delta e_{f1-3} = e = const \qquad (3.62)$$

bu ýerde

e_1, e_2, e_3 –1-1, 2-2, 3-3 kesiklerinde akymyň udel energiýasynyň jemi.

e – başlangyç kesikde akymyň udel energiýasy.

Δe_{f1-2}, Δe_{f1-3}, seredilýän kesikleriň aralygynda akymyň ýitýän udel energiýasy ýa-da akymyň ýitýän beýikliginiň onuň agram mukdaryna getirilen ululygy:

$$\Delta e_{f1-2} = \frac{h_{f1-2}}{\rho g Q}; \qquad \Delta e_{f1-3} = \frac{h_{f1-3}}{\rho g Q}$$

Durnukly (deňölçegli, durnuksyz deňölçegli) hakyky suwuklyk akymlary üçin Bernulliniň deňlemesiniň, onuň agzalarynyň we olaryň jeminiň energetiki manylaryny agzap geçeliň:

Z – akymyň ýerleşiş ornunyň udel potensial energiýasy;

$\frac{P}{\rho g}$ – akymyň içki statiki basyşynyň udel potensial energiýasy;

$Z + \frac{P}{\rho g}$ – akymyň udel potensial energiýalarynyň jemi;

P – P çyzyk – akymyň udel potensial energiýalarynyň jeminiň çyzygy;

$\frac{\alpha \vartheta^2}{2g}$ –akymyň udel kinetik energiýasy;

$Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g}$ – akymyň udel energiýalarynyň jemi;

H – H çyzygy – hakyky akymyň udel energiýalarynyň jeminiň çyzygy;

i – akymyň udel energiýalarynyň jeminiň gradiýenti, $i_{1-2} = \frac{(e_1 - e_2)}{e_{1-2}}$

Δe – akymyň udel energiýasynyň sürtülme garşylyklara sarp edilýän (ýitýän) bölegi.

H^I – H^I çyzygy – hyýaly akymyň udel energiýasynyň jeminiň çyzygy.

Şeýlelikde, hakyky üznüksiz durnukly akymyň hereket ugruna onuň (Z) orun udel potensial energiýasynyň ($\frac{P}{\rho g}$) basyş udel potensial energiýasynyň ($\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$) tizlik udel kinetik energiýasynyň hem-de (h_f)ýitýän udel energiýasynyň jemi üýtgemeýän hemişelik ululykdyr. Bernulliniň (3.54) belgili deňlemesiniň energetiki manysyňyň ýene-de bir artykmaçlygy – hereketiň dowamynda akymyň udel energiýalarynyň jeminiň saklanmak (hemişelik) şertinde olaryň görnüşleriniň yzygiderli üýtgemegidir. Bu hadysany 3.6-njy surat hem-de köp sanly mysallar doly subut edýärler.

Bernulliniň deňlemesiniň, onuň agzalarynyň, olaryň jeminiň we tapawudynyň suwuklyk (gaz) akymlarynyň gidrawliki häsiýetnamalary derejesinde kabul edilýän takyk manylary bardyr. Bernulliniň deňlemesiniň esasy gidrawliki manysy ýokarda jikme-jik seredilen akymyň degişli beýiklikleriniň döredýän naporlaryny ýa-da basyşlaryny aňladýandyr. Onda (3.54) belgili deňleme, onuň agzalary 3.6-njy suratda şekillendirilen akymyň mysalynda, gidrawliki nukdaý-nazardan aşakdaky manylary aňladýarlar.

Z ($\rho g Z$) – akymyň geometriki (geodeziki) napory ýa-da orun basyşy;

$\frac{P}{\rho g}$ (P) – akymyň pýezometriki napory ýa-da statiki basyşy;

$Z+\frac{P}{\rho g}$ ($\rho g Z + P$) – akymyň doly gidrostatiki napory ýa-da doly statiki basyşy;

P-P çyzyk – akymyň pýezometriki çyzygy ýa-da doly gidrosttatiki basyşyň çyzygy;

$\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$ ($\rho\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$) – akymyň tizlik napory ýa-da dinamiki basyşy.

$Z+\frac{P}{\rho g}+\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$ ($\rho g Z + P + \rho\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$) - akymyň doly napory ýa-da doly gidrodinamiki basyşy.

H – H çyzyk – hakyky akymyň doly naporynyň çyzygy ýa-da doly gidrostatiki basyşyň çyzygy.
Z – durnukly we deňölçegli hereketli akymlarda $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_3 = \cdots = \vartheta$ sebäbi
P-P//H-H1 ýagny, akymyň pýezometrik we doly napor çyzyklary özara paralleldirler.
$h_f(\rho g h_f, \Delta P_f)$ - akymyň ýitýän napory ýa-da ýitýän basyşy.
$i = \frac{h_f}{e}(\frac{\Delta P_f}{e})$ - akymyň gidrawliki eňňitligi ýa-da ýitýän naporyň (basyşy) udel ululygy.
H^1-H^1çyzyk – hyýaly akymyň doly naporynyň çyzygy.

Şeýlelikde, durnukly (deňölçegli, durnuksyz deňölçegli) hakyky suwuklyk akymlary üçin Bernulliniň deňlemesi, akymyň islendik kesiginde doly naporyň (basyşynyň) ululygyny kesgitleýär. Şeýlilikde bu deňleme akymyň hereket ugruna onuň doly naporynyň (basyşynyň) azalýandygyny, ýitýän naporyň (basyşyň) ulalýandygyny hem-de doly naporyň düzümini emele getirýän orun statiki we dinamiki naporlaryň ululyklarynyň özara baglanyşykda üýtgeýändigini görkezýär.

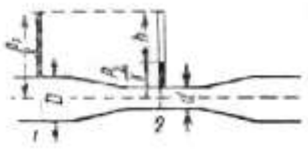
Netijede Bernulliniň deňlemesiniň geometriki, energetiki we gidrawliki manylaryny deňeşdirip, suwuklyk (gaz) akymlarynyň doly beýikliginiň, udel energiýalarynyň jeminiň, gidrodinamiki naporynyň we doly basyşynyň birmeňzeş, özara deň, ýöne dürli manyly ululyklardygy düşündirildi.

3.8. Bernulliniň deňlemesiniň ulanylyşynyň mysallary

Öň belleýşimiz ýaly, Bernulliniň deňlemesi gidrogazodinamikanyň esasy deňlemesidir. Bu deňlemäniň manysyny we ähmiýetini kesgitleýän esasy görkeziji – akymyň hereket ugruna onyň basyşynyň we tizliginiň arabaglanyşygyny takyk kesgitlemekdir. Gidrogazodinamikanyň bu ýörelgesi suwuklyk we gaz akymlary bilen baglanyşykly köp görnüşli praktiki meselelerde we tehniki çözgütlerde giňden ulanylýar. Olaryň käbirine seredip geçeliň.

Wenturiniň mukdar ölçeýji turbajygy.

Wenturiniň turbajygy ygtybarly mukdar ölçeýji enjamynyň işleýiş we ulanyş prinspini kesgitleýän ýönekeý gurluşdyr. 3.9-nji suratda Wenturiniň mukdar ölçeýji turbajygy şekillendirilen.



3.9-njy surat

Bu ölçeg turbajygy uly D diametrli P_1 basyşly akyma konus şekilli turbajyklar arkaly birleşdirilen kiçi d diametrli gysga turbajykdan ybaratdyr. Ölçeg turbajygynyň 1-1 we 2-2 kesiklerinde pýezometriki turbajyklar Pýezometrler esasy turbanyň P basyş we ϑ tizlikli normal kesigine hem-de kiçi turbajygyň P_2 basyşly we ϑ_2 tizlikli gysylan kesigine birleşdirýärler. Şeýle-de basyşly suwuklyk ýa-da gaz akymlarynyň mukdaryny hemişelik kadada seredilýän prinsipde ölçemek we ýazga geçirmek üçin pýezometrleriň deregine U – şekilli differensiýal manometrlerini, d diametrli gysgajyk turbajygyň deregine ölçeg şaýbalaryny ulanýan halkara ölçeg gurluşlary giň ýaýrandyr.

Wenturiniň pýezometriki ölçeg turbajygynyňişleýiş prinsipi 1-1 we 2-2 kesikler üçin 0-0 gorizontal deňeşdirme

tekizligine görä ýazylan Bernulliniň deňlemesindeň gelip çykýan h=f(Q) baglanyşyga esaslanandyr.

Goýulan meseläniň takyk çözgüt netijesini almak maksady bilen, pýezometriki ölçeg turbajygynyň aşakdaky ululyklaryny kabul edeliň:

D=0.20 m, d=0.10m, Z_1=Z_2=0, $\frac{P_1}{\rho g} = 1.0m$, $\frac{P_2}{\rho g} = 0.50m$. suw geçiriji D diametrli turbadaky akymyň Q mukdaryny kesgitlemeli.

Umumy görnüşde Bernulliniň deňlemesi (3.51) belgili deňlemäni gaýtalaýar, ýagny:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_{f1-2} \qquad (3.63)$$

Meseläni goýulan şertine laýyklykda Z_1=Z_2=0, 1-1 we 2-2 kesikleriň e_{1-2} aralygynyň kiçiligi hem-de kiçi d diametrli turbajygynyň çatylyşynyň ujypsyz ýitgililigi sebäpli $h_{f1-2} \approx 0$ Akymyň kinetik energiýasynyň koeffisiýentini $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = 1.1$ kabul edip, Bernulliniň deňlemesini aşakdaky görnüşe getirýäris:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g}$$

ýa-da

$$\frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g} = \frac{\alpha}{2g}(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)$$

3.8-nji suratdan görnüşi ýaly

$$\frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g} = h$$

1-1 we 2-2 kesiklerde akymyň mukdarynyň hemişeliginiň deňlemesinden ϑ_1 we ϑ_2 tizlikleri kesgitleýäris:

$$\omega_1\vartheta_1 = \omega_2\vartheta_2$$

$$\omega_1 = \frac{\pi D^2}{4}, \qquad \omega_2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \ \acute{y}a - da \ \frac{D^2}{d^2} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 \frac{D^2}{d^2}$$

Onda Bernulliniň deňlemesi aşakdaky görnüşe geler:

$$h = \frac{\alpha\vartheta_1^2}{2g}(\frac{D^2}{d^2} - 1)$$

Soňky deňlemeden ϑ_1 tizligiň ululygy kesgitleniler:

$$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\alpha(\frac{D^4}{d^4} - 1)}}$$

Onda akymyň Q mukdar ululygy üçin aşakdaky hasaplama formulasy alynar:

$$Q = \omega_1\vartheta_1 = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2gh}{\alpha(\frac{D^4}{d^4} - 1)}} \qquad (3.64)$$

(3.64) belgili formula Wenturiniň pýezometriki suwölçeýjidäki akymyň mukdarynyň nazary ululygydyr.

Hakyky ölçeg turbajygyndaky gidrawliki ýitgileri hasaba almak üçin
$\mu = 0.98 - 0.985$ ululykly ölçeg turbajyklarynyň mukdar koeffisiýenti ulanylýar. Onda akymyň hakyky mukdarynyň ululygyny kesgitleýän formula aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$Q = \mu \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{\alpha(\frac{D^4}{d^4} - 1)}} \qquad (3.65)$$

ýa-da

$$Q = \mu K \sqrt{h} \qquad (3.66)$$

bu ýede K – pýezometriki mukdarölçeýjiniň hemişeligi

$$K = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\alpha(\frac{D^4}{d^4} - 1)}} \qquad (3.67)$$

Ýokarda kabul edilen san ululyklaryny 3.58 we 3.59 aňlatmalarda ýerine goýup alýarys:

$$K = \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81}{1.1(\frac{0.2^4}{0.14^4} - 1)}} = 0.03424 \frac{m^2}{sek}$$

$$Q = \mu K \sqrt{h} = 0.985 \cdot 0.03424 \cdot \sqrt{0.5} = 0.0238 \frac{m^3}{sek}$$

Jogaby:

$$Q = 0.0238 \frac{m^3}{sek} = 23.8 \frac{dm^3}{sek}$$

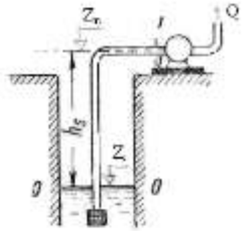
Sorujy nasosyň okunyň geodeziki belgisini kesgitlemek

Guýulardan, howuzlardan we açyk akabalarda nasoslar arkaly suwy sorup almak tilsimatynda nasos agregatynyň

okunyň geodeziki beýikligini takyk kesgitlemeklik esasy meseleleriň biridir. Bu mesele sorulmaly suwyň derejesiniň geodeziki beýikligine, nasosyn tehniki-tilsimat görkezijilerine hem-de howanyň basyşyna laýyklykda çözülmelidir.

3.9-njy suratda guýydan suwy sorup almak üçin niýetlenilen nasos desgasynyň shemasy şekillendirilen.

Meselede berilen we kabul edilen ululyklar: nasosyň öndürijiligi $Q = 30\frac{dm^3}{sek}$, sorujy turbanyň diametri d=150mm, nasosyn döredýän wakuumetrik (sorujy) napory $H_\vartheta = 6.8$m sorujy turbadaky naporyň ýitgisi $h_f = 1.0$m, guýudaky suwyň geodeziki belgisi Z_s=200.5m. nasosyň oturdylmaly h_s beýiklik derejesini hem-de onuň okunyň Z_n geodeziki beýikligini kesgitlemeli.



3.10-njy surat

3.10-njy suratdan görnüşi ýaly, nasosyň sorujy ulgamynda alynan 0-0 (sorulýan suwyň derejesi) we 1-1 (sorujy turbanyň nasosa çatylan tikini) kesikler üçin 0-0 gorizontal tekizlige görä Bernulliniň deňlemesini ýazýarys:

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{\alpha_0 \vartheta_0^2}{2g} = h_s + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} + h_{f0-1} \qquad (3.68)$$

Deňlemäni meselede kesgitlenilmeli h_s beýiklige görä ýazalyň we çözeliň, onda

$$h_s = \frac{P_a - P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_0 \vartheta_0^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} - h_{f0-1} \qquad (3.69)$$

bu ýerde

$\frac{P_a - P_1}{\rho g} = H_\vartheta -$ nasosyň wakuummetrik ýa-da sorujy napory, $H_\vartheta = 6.8$m. Bu görkezijini nasosyň pasportyndan alynýarys.

$\frac{\alpha_0 \vartheta_0^2}{2g} -$ guýydan akymyň tizlik napory. Guýydan suwyň ϑ_0 tizligiň we onuň döredýän naporynyň kiçi san ululykdygy sebäpli $\frac{\alpha_0 \vartheta_0^2}{2g} \approx 0$ kabul edýäris. Onda Bernulliniň deňlemesi şeýle ýazylar:

$$h_s = H_\vartheta - \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} - h_{f0-1} \qquad (3.70)$$

(3.70) belgili deňleme goýulan meseläniň takyk çözgüdini kesgitleýän deňlemedir. Bu deňleme gidrawliki tilsimat derejesinde şeýle okalýar: sorujy nasoslaryň döredýän wakuumetrik napory (H_ϑ) guýudaky suwyň h_s beýiklige galdyrmaklyga sorujy turbada ϑ_1 tizlikli akym döretmeklige hem-de sorujy ulgamyň gidrawliki ýitgilerini ýeňip geçmeklige sarp edilýär.

Goýulan meseläniň çözgüdiniň dowamynda, sorujy turbany akymyň ϑ_1 tizligini hem-de onuň döredýän tizlik naporyny kesgitleýäris, ýagny

$$\vartheta_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0.03}{3.14 \cdot 0.15^2} = 1.7\ \frac{m}{sek}$$

$$\frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = \frac{1.1 \cdot 1.7^2}{2 \cdot 9.81} = 0.16m$$

Kesgitlenilen we kabul edilen ululyklary (3.70) belgili deňlemede ýerine goýup h_s beýikligi kesgitleýäris:

$$h_s = 6.8 - 0.16 - 1.0 = 5.64\,m$$

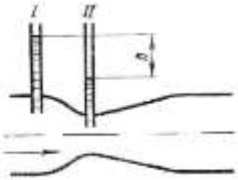
Netijede, nasosyň okunyň geodeziki beýikligi aşakdaky görnüşde kesgitleniler:

$$Z_n=Z_s+h_s=200.50+5.64=206.14m$$

Bellik: Takyk taslama çözgütlerinde aşakdaky goşmaça anyklamalar ýerine ýetirilýär;
1. Berlen tebigy we geodeziki şertlerde howanyň (P_a) basyşynyň ululygy takyk anyklanylýar.
2. Nasosyn H_ϑ wakuumetrik (sorujy) naporynyň ululygy ýerli şertlere laýyklykda (sorulýan suwyň temperaturasy we doýan bugyň basyşy) goşmaça anyklanylýar.
3. Sorujy ulgamyň gidrawliki garşylyklary we ýitgileri hakyky şertlere laýyklykda takyk kesgitlenilýär.

3.9. Meseleler we mysallar

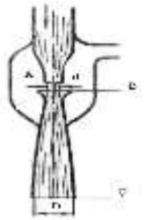
1. diametri d=240mm, akymyň orta tizligi $\vartheta = 1.1\frac{m}{sek}$ bolan geçiriji turbadaky nebitiň gije-gündiz agram mukdaryny kesgitlemeli. Akdyrylýan nebitiň göwrüm agyrlygy $\gamma = 0.870\frac{kG}{dm^3}$.
2. Mukdary Q=290$\frac{dm^3}{min}$ we orta tizligi $\vartheta = 1.0\frac{m}{sek}$ bolan suw geçiriji turbanyň diametrini kesgitlemeli.
3. Açyk kesigi gönüburçlyk şekilli kanalyň kabul edilen ω janly kesigi üçin onuň R gidrawliki radiusynyň minimal ululygyny üpjün edýän $\frac{b}{h}$ (b-kanalyň ini, h-kanalyň çuňlugy) gatnaşygy kesgitlemeli.
4. Diametri D=250mm bolan suw geçiriji turba d=12sm diametrli daralýan bölejik çatylan (3.11-njy surat)



3.11-nji surat

D diametrli esasy turbada akymyň tizligi $\vartheta = 0.70\frac{m}{sek}$, gidrawliki ýitgileri hasaba almazlyk şerti bilen $(h_f \approx 0)$ pýezometriki beýiklikleriň h tapawudyny kesgitlemeli.

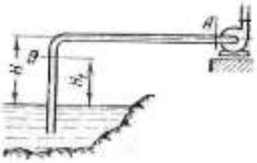
5. 3.12-nji suratda şekillendirilen suw çüwdürimli nasosyň A sorujy giňişliginde döreýän H_ϑ wakuumetrik naporyň ululygyny simap beýikliginde kesgitlemeli.



3.12-nji surat

Nasosyň işçi akymynyň turbasynyň diametri D=18mm, soplosynyň diametri d=6mm, işçi suw akymynyň mukdary Q=12$\frac{dm^3}{min}$, garşylyklary, ýitgileri A we B kesikleriň aralygyny hasaba almaly däl $(h_f \approx 0)$.

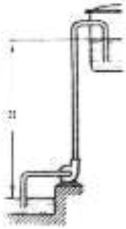
6. Nasosyň sorujy turbasynyň (3.13) B nokadyndaky wakuumetrik H_B basyş beýikligini we sorujy turbadaky naporyň h_f ýitgisini kesgitlemeli.



3.13-nji surat

Sorujy turbanyň A kesiginde wakuumetrik basyş beýikligi H_n=316mm simap sütüni, turbanyň uzynlygy l=20.0m A we B kesikleriň sorulýan suwyň derejesinden beýikligi H=4.1m we H_1=3.0m. Turbadaky akymyň tizlik naporynyň ululygyny hasaba almaly däl.

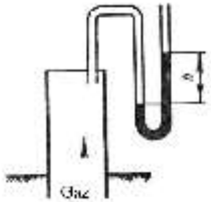
7. Nasos açyk howuzdan mukdary Q=$12\frac{m^3}{sag}$ bolan suwy H=80m beýiklikde ýerleşen içi $P_2 = 3.0\frac{kG}{sm^2}$ artykmaç basyşly ýapyk rezerwuardan akdyrýar (3.14-nji surat).



3.14-nji surat

Suw akdyryjy ulgamda naporyň umumy ýitgisi $h_f =$ 4.0m. Turbalaryndaky tizlik naporynyň ululyklaryny hasaba almazdan, ýokarda getirilen şertleri üpjün edýän nasosyň kuwwatyny kesgitlemeli. Nasosyň agregatynyň P.T.K $\eta = 0.7$

8. Gaz guýusynyň debitini kesgitlemek üçin, onuň ujynda U şekilli suwly differensial manometriň kömegi bilen gazyň tizlik naporynyň ululygyny kesgitleýärler (3.15-nji surat).



3.15-nji surat

Difmanometriň h=12mm basyşy görkezýän kadasynda guýudan çykýan gazyň tizligini we agram mukdaryny kesgitlemeli. Guýynyň içki diametri d=300mm, gazyň agram dykyzlygy $\rho = 0.760 \frac{kg}{m^3}$, howanyň basyşy P_a=742mm simap sütüni.

3.10. Gidrodinamiki meňzeşlik, masyştablary we kriteriýalary

Meňzeşlik we modelirlemek

Çylşyrymly gidrawliki hadysalary we gurulmaly aýratyn möhüm desgalary öwrenmegiň ylmy nukdaý-nazardan ygtybarly esaslandyrylan usulýetidir. Onuň esasy maksady ilkinji gidrawliki hasaplamalaryň, ylmy tejribe derňewleriniň hem-de hakyky hakyky praktiki netijeleriň bütewiligini gazanmakdyr. Modellerde geçirilýän gidrawliki tejribe derňewleri degişli düzediş koeffisiýentlerini, täze emperiki hasplama formulalaryny we gerekli grafiki baglanyşyklary almaklyga mümkinçilik döredýärler. Olaryň netijesinde ýerine ýetirilen hasaplama-taslama çözgütleri gurulýan çylşyrymly desgalaryň we olarda bolup geçýän gidroaerodinamiki hadysalaryň meňzeşligini hem-de degişli derejede esaslandyrylmasyny üpjün edýärler.

Asyl nusganyň we onuň modeliniň, esasanda olarda bolup geçýän prosesleriň meňzeşligi gidromehaniki meňzeşlik we ylmy modelirlemek nazaryýetine esaslanmalydyr. Bu ylmy

taglymatyň esasy şerti nusganyň we onuň modeliniň geometriki meňzeşligindeň daşary, olaryň degişli ugurlarynda we nokatlarynda tizlikleriň, dykyzlyklaryň we güýçleriň gatnaşyklary birmeňzeş bolmalydyr. Doly gidromehaniki meňzeşlik diňe geometriki kinematiki we dinamiki meňzeşlikleriň netijesidir.

Geometriki meňzeşlik nusganyň we modeliň degişli ölçegleriniň (e_n, e_m) meýdanlarynyň (ω_n, ω_m) we göwrümleriniň (V_n, V_m) gatnaşyklarynyň modellirlemegiň birmeňzeş M_e geometriki masyştabyň ululygy bilen aňladylmagyny talap edýär, ýagny:

$$\frac{e_n}{e_m} = M_e$$

$$\frac{\omega_n}{\omega_m} = M_e^2 \qquad (3.71)$$

$$\frac{V_n}{V_m} = M_e^3$$

Kinematiki meňzeşlik kabul edilen geometriki masyştab boýunça modelirlinen akymyň dowamlyk t_n we t_m wagtlarynyň, ϑ_n we ϑ_m tizlikleriniň hem-de a_n we a_m tizlenmeleriniň gatnaşyklaryny degişli kinematiki masyştablaryň ululygy boýunça kesgitlenilmegini talap edýär, ýagny:

$$\frac{t_n}{t_m} = M_t \qquad \frac{\vartheta_n}{\vartheta_m} = M_\vartheta \qquad (3.72)$$

$$\frac{a_n}{a_m} = M_a$$

Dinamiki meňzeşlik ýokarda getirilen geometriki we kinematiki meňzeş akymlara (desgalara, maşynlara) täsir edýän inersiýa basyş, agyrlyk we şepbeşiklik güýçleriniň gatnaşyklarynyň birmeňzeş M_F ululygy dinamiki masyştab boýunça kesgitlenilmegini talap edýär, ýagny:

$$\frac{F_n}{F_m} = \frac{P_n}{P_m} = \frac{G_n}{G_m} = \frac{T_n}{T_m} = M_F = idem \qquad (3.73)$$

Geometriki, kinematiki we dinamiki masyştablar gidrodinamiki meňzeşligiň we modellirlemegiň hökmany we başlangyç şertleridir. Köplenç ýagdaýlarda akymyň görnüşlerine we hereket şertlerine laýyklykda olara täsir edýän güýçleriň kesgitleýji görnüşi ýüze çykarylýar hem-de bu güýji modelirlemegiň şerti meňzeşlik kriteriýasy diýilip atlandyrylýar.

Nýutonyň kriteriýasy N_e esasan akymlary hereketlendiriji inersiýa güýçlerini modelirlemegiň şertidir. Inersiýa güýjiniň akymyň m massasynyň we a tizlenmesiniň köpeltmek hasylydygyndan alýarys:

$$\frac{F_n}{F_m} = \frac{m_n a_n}{m_m a_m} = \frac{\rho_n e_n^2 \vartheta_n^2}{\rho_m e_m^2 \vartheta_m^2} \qquad (3.74)$$

(3.74) belgili aňlatma gidrodinamiki meňzeşligiň umumy kanuny diýilip atlandyrylýar. Bu kanun 1686-njy ýylda genial iňlis alymy Yssak Nýuton tarapyndan açyldy hem-de gidromehanika ylmyna N_e Nýutonyň kriteriýasy ady bilen girizildi. Bu kriteriýa umumy we uniwersal häsiýete eýedir hem-de akymlarda döreýän beýleki güýçleri modelirlemekde deň derejede ulanyp biliner.

Frudyň kriteriýasy Fr agyrlyk güýji agdyklyk edýän akymlary modelirlemekde ulanylýan esasy meňzeşlik şertidir. Ol akymlaryň inersiýa we agyrlyk güýçleriniň gatnaşygyndan (3.73) alynýar, ýagny:

$$\frac{F_n}{G_n} = \frac{F_m}{G_m} = F_r$$

Ýa-da

$$\frac{\rho e_n^2 \vartheta_n^2}{\rho g e_n^3} = \frac{\rho e_m^2 \vartheta_m^2}{\rho g e_m^3} = F_r$$

$$\frac{\vartheta_n^2}{ge_n} = \frac{\vartheta_m^2}{ge_m} = F_r \qquad (3.75)$$

Gidromehanikada Frudyň kriteriýasy grawitasyýa meňzeşliginiň kanuny diýilip atlandyrylýar. Bu kriteri gidrotehniki desgalary deşiklerden we jaýryklardan akýan akymlary hem-de kanallary modelirlemekde esasy meňzeşlik şerti hökmünde ulanylýar.

Reýnoldsyň kriteriýasy Re akdyrylýan suwuklygyň şepbeşikliginiň täsiri netijesinde döreýän sürtülme garşylyk güýçleriniň agdyklyk edýän akymlarynda esasy meňzeşlik kriteriýadyr. Ol inersiýa we sürtülme güýçleriniň gatnaşygyny aňladýan ölçegsiz sandyr, ýagny:

$$\frac{F_n}{T_n} = \frac{F_m}{T_m} = Re$$

Ýa-da

$$\frac{\rho_n e_n^2 \vartheta_n^2}{\mu_n e_n \vartheta_n} = \frac{\rho_m e_m^2 \vartheta_m^2}{\mu_m e_m \vartheta_m} = Re$$

$$\frac{\vartheta_n e_n}{\gamma_n} = \frac{\vartheta_m e_m}{\gamma_m} = Re \qquad (3.76)$$

Gidromehanikada Reýnoldsyň kriteriýasy akymlaryň hereket kadalaryny kesgitleýän hem-de şepbeşiklik, sürtülme güýçleriniň meňzeşlik kanuny diýilip atlandyrylýan kriteriýadyr. Ol akymlary, akabalary, geçiriji turbalar ulgamlaryny modelirlemekde hem-de olaryň analitiki hasaplamalaryny ýerine ýetirmekde kesgitleýji meňzeşlik şertidir.

Eýleriň kriteriýasy E_u basyş güýji agdyklyk edýän akymlarda we desgalarda modelirleme hem-de hasaplama işlerini ýerine ýetirmekde ulanylýan esasy kriteriýadyr. Onyň fiziki manysy akymlarda hereket edýän basyş we inersiýa

güýçleriniň gatnaşygyndan gelip çykýar hem-de aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\frac{Pl^2}{\rho l^2 \vartheta^2} = \frac{P}{\rho \vartheta^2} = E_u \qquad (3.77)$$

Diýmek, meňzeşlik şertleri doly berjaý edilende nusganyň we modeliňEýler kriteriýalary özara deň ululyklar bolmalydyr, ýagny:

$$E_{un} = E_{um}$$

Ýa-da

$$\frac{P_n}{\rho_n \vartheta_n^2} = \frac{P_m}{\rho_m \vartheta_m^2} = E_u \qquad (3.78)$$

Eýleriň kriteriýasy suwuklyk we gaz akymlaryny modelirlemekden gidrodinamiki basyş güýjiniň meňzeşlik kanuny diýilip atlandyrylýar. Bu kriterial ululyk ýokary basyşly nebit we gaz geçirijilerini, nasos we kompressor stansiýalaryny hasaplamakda we modelirlemekde giňden ulanylýan kriteridir.

Has çylşyrymly, köp we köp ölçegli gidrawliki hadysalary we prosesleri hasaplamakda we modelirlemekde ýokarda getirilen meňzeşlik masyştablaryhem-de kriterialy kanagatlanarly netijeleri almaklyga mümkinçilik döretmese, onda gidromehanika ylmynda giňden ulanylýan ölçegler analiziniň esasynda kriterial deňlemeleri düzülýärler hem-de degişli fiziki ululyklar analitiki hasaplamalar ýa-da tejribe derňewleri arkaly takyk kesgitlenilýärler. Mysal üçin, akyma inersiýa, sürtülme we grawitasiýa güýçleri deň derejede täsir edýän bolsalar, onda kriterial deňleme aşakdaky görnüşde ýazylyp biliner:

$$N_u = f(Re; Fr) \qquad (3.79)$$

4. Gidrawliki garşylyklar we naporyň ýitgileri

4.1. Gidrawliki ýitgileriň we garşylyklaryň we ýitgileriň görnüşleri

Gidrawliki garşylyklar we naporyň ýitgileri gidrawlikanyň (amaly gidromehanikanyň) esasy wajyp meselesidir. Onuň maksady gidrawliki akdyryjy ulgamlarda sürtülme garşylyklarynyň we napor ýitgileriniň döreýiş mehanizmlerini, görnüşlerini hem-de kesgitleniş usullaryny doly öwrenmekdir.

Umuman, islendik suwuklyk ýa-da gaz akymynda sürtülme garşylyk güýçleriniň döreýiş mehanizmini aşakdaky nazaryýet boýunça düşündirip bolar:

Birinjiden, bu güýç akymy we ony çäklendirýän gaty üstüň (turbanyň, kanalyň içki diwary) arasynda ululygy $S = \lambda l$ ($\lambda -$akymyň öllenýän perimetri, $l -$akymyň uzynlygy) sürtülme meýdanynda döreýär hem-de diwaryň büdür-südürligine we akymyň dinamiki häsiýetnamaryna baglylykda kesgitlenilýär.

Ikinjiden, bu güýç akymyň düzümini emele getirýän elementar çüwdürimleriň arasynda şepbeşiklik garşylygy görnüşinde döreýär hem-de esasy şepbeşikligiň ululygyna baglylykda kesgitlenilýär.

Ýokarda agzalan sürtülme garşylyk güýçleriniň başlangyç döreýiş mehanizmi hereketiň otnasitelligine we üznüksizligine esaslanandyr. Hereketiň otnasitelligini akabanyň içki diwaryna görä suwuklyk (gaz) akymynyň otnasitel hereketi hem-de elementar çüwdürimleriň tizlikleriniň özara tapawutlylygy doly düşündirýär. Şol sebäpli akymlarda döreýän sürtülme garşylyk güýji akabanyň içki diwary bilen akymyň arasynda döreýän bütewi sürtülme garşylyk güýji ýaly seredilýär we kesgitlenilýär. Onuň deň täsiredijisi akymyň içki çägara sürtülme meýdany boýunça tizlik wektorynyň ters ugruna gönükdirilendir. Bu güýjiň ululygy öň bellenilşi ýaly;

$T = \mu S \vartheta$ formula arkaly hasaplanyp biliner (μ −şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýenti, S −içki sürtülme meýdany, ϑ −akymyň orta tizligi)

Akymyň ýokarda agzalan sürtülme garşylyk güýjiniň döreýiş mehanizmini 4.1-nji suratda görmek bolýar. Suratdan görnüşi ýaly akymyň çüwdürimleriniň otnositel hereketi içki gaty diwaryň garşylygyndan başlanýar hem-de akyma parabola şekilli çyzyk boýunça ýaýraýar. Akymyň orta tizligi ϑ parabolanyň agyrlyk merkeziniň kese koordinatyna deňdir, sürtülme güýjiniň T deňtäsiredijisiniň ugry bolan akym bilen akabanyň içki diwarynyň sürtülme tekizligi bilen gabat gelýär.

4.1-nji surat

Suwuklyk (gaz) akdyryjy ulgamlarda içki sürtülme güýjini döredýän garşylyga uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy diýilip atlandyrylýar. Bu garşylyk akymlaryň uza boýuna deňölçegli paýlanýar. Akymlarda uzynlyk gidrawliki garşylygy ýeňip geçmek üçin sarp edilýän napora naporyň uzynlyk sürtülme ýitgisi diýilýär. Bu ýitgi h_l bilen bellenilýär.

Uzynlyk sürtülme garşylyklary we ýitgileri bilen bir hatarda akymlarda ýerli gidrawliki garşylyklar we ýitgiler hem döreýärler. Olar akymlaryň içki çüwdürimler düzüminiň mese-mälim derejede deformirleşmesi zerarly döredýän ýerli gysga uzynlykly garşylyklardyr. Ýerli gidrawliki garşylyklaryň döreýiş mehanizmi esasan ýerli garşylygyň gurluş şekiline baglydyr. Turbageçiriji ulgamlarynda ýerli garşylyklaryň sanawyna dürli diametrli turbalaryň seplemlerini ýapyjylar (zadwişkalar, zatworlar, wentiller), tirsekler turbalary uzaboýuna biri-birine birleşdiriji muftalar, kebşirleme tikinleri we beýlekiler girýärler. Ýerli gidrawliki garşylyklary ýeňip

geçmek üçin sarp edilýän napora naporyň ýerli ýitgisi diýilip atlandyrylýar. Bu ululyk $h_ý$ bilen bellenilýär.

4.2-nji suratda uzynlyk we ýerli gidrawliki garşylyklaryň we ýitgileriň deňeşdirme aratynlygyny aýdyň düşündirýän mysal şekillendirilen.

4.2-nji surat

Çyzgydan görnüşi ýaly hemişelik h naporly we V göwrümli howuzdan suw iki sany deň l uzynlykly hem-de deň d diametrli AB we ÇD turbalardan akyp çykýar. ÇD turbanyň iki sany gysga böleginde turbanyň diametri 2d çenli ulaldylan. Tejribe arkaly turbalardan akyp çykýan suwyň Q (AB turbanyň akymynyň mukdary) we Q^I (ÇD turbanyň akymynyň mukdary) mukdarlary deňeşdirilende, $Q > Q^I$ deňsizlik mese-mälim ýüze çykýar. Diýmek turbalaryň esasy garşylyk emelegetiriji görkezijileriniň (l,d) deňligine garamazdan, ÇD turbada döredilen goşmaça (akymyň yzygiderlikde birden giňelmesi we daralmasy) ýerli garşylyk akymy hereketlendiriji h naporyň belli bir böleginiň goşmaça dörän naporyň ýerli $h_ý$ ýitgisine sarp edilmegine sebäp bolýar.

Şeýlelikde 4.2-nji suratda şekillendiriln AB turbada diňe deňölçegli paýlanan uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy we naporyň uzynlyk gidrawliki h_e ýitgisi döreýär. Bu ýitgi aşakdaky görnüşde aňladylýar:

$$h = h_e \qquad (4.1)$$

AB akymyň pýezometriki çyzygy deňölçegli eňňitlikli göni çyzykdyr. ZÇD turbada bolsa gidrawliki garşylyklaryň we

ýitgileriň iki görnüşi döreýärler hem-de umumy ýagdaýda aşakdaky görnüşde kesgitlenilýärler:

$$h = h_e + h_ý \qquad (4.2)$$

Çyzgydan görnüşi ýaly, naporyň $h_ý$ ýerli ýitgileri ÇD akymyň pýezometriki çyzygynda degişli dik aralyklar görnüşinde şekillendirilendir.

4.2 Turbageçirijilerde naporyň ýitgileriniň kesgitlenilişiniň umumy usuly

Ýokarda, (4.2) aňlatmadan görnüşi ýaly, turbageçiriji ulgamlarda naporyň umumy ýitgisi h_f uzynlyk sürtülme h_e hem-de ýerli garşylyk $h_ý$ ýitgileriň jemine deňdir, ýagny:

$$h_f = h_e + h_ý \qquad (4.3)$$

Turbageçiriji ulgamlarda akymlaryň naporynyň uzynlyk sürtülme ýitgisi, köp sanly tejribe we praktiki derňewlerinden görnüşi ýaly, aşakdaky faktorlara baglylykda kesgitlenilmelidir:

$$h_f = f(d, l, \rho, \mu, \vartheta, \Delta) \qquad (4.4)$$

Bu ýerde,
d – turbanyň içki diametri,
l − turbanyň uzynlygy,
ρ −akymyň dykyzlygy,
μ −akymyň şepbeşikligi,
ϑ −akymyň orta tizligi,
Δ −turbanyň içki diwarynyň büdür-südürliginiň orta ululygy.

XVIII asyryň segseninji ýyllarynda Fransiýanyň we Germaniýanyň gidrawliki ylmy mekdepleriniň alymlary (4.4) funksional deňleme boýunça, gidrawliki hasaplamanyň

talaplaryny degişli derejede kanagatlandyrýan aşakdaky çözgüdi hödürlediler:

$$h_e = \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (4.5)$$

(4.5) formula gidrawlika ylmyna Darsiniň formulasy ady bilen girdi. Bu formulada λ-turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti ýa-da Darsiniň koeffisiýenti λ köp ýyllaryň dowamynda hemişelik ululyk ýaly kabul edildi. XX asyryň ortalarynda giňişleýin tejribe derňewleriň netijesinde (olar bu bölümde doly beýan edilerler) λ ululygy kesgitlemekligiň takyk usullary alyndy.

Naporyň h_e uzynlyk sürtülme ýitgisiniň (4.5) formuladan gelip çykýan gidrawliki manysy aşakdakydan ybaratdyr:

Turbadaky akymyň naporynyň sürtülme ýitgisiniň ululygy akymyň tizlik naporyň ($\frac{\vartheta^2}{2g}$) we uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygynyň ($\frac{\lambda l}{d}$) köpeltmek hasylyna deňdir. (4.4) we (4.5) aňlatmalar özara deňeşdirilende, λ koeffisiýentiň akymyň fiziki häsiýetnamalaryna hem-de turbanyň içki diwarynyň garşylyk görkezijilerine baglylygy aýdyň bolar.

Naporyň ýerli ýitgisiniň formulasy aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$h_ý = \zeta \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (4.6)$$

(4.6) formula Weýsbahyň formulasy diýilip atlandyrylýar. Bu formulada ζ – turbanyň (akymyň) ýerli garşylyk koeffisiýenti ýa-da Weýsbahyň koeffisiýenti, $\frac{\vartheta^2}{2g}$ −akymyň tizlik napory, ϑ −ýerli garşylygyň çäginde akymyň orta tizligi.

Şeýlelikde turbageçiriji ulgamlarda naporyň umumy ýitgisiniň ululygyny kesgitlemek üçin, (4.2) formulany doly görnüşde ýa-da Darsi – Weýsbahyň birleşdirilen formulasy görnüşinde ýazyp bolar:

$$h_f = (\frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta)\frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (4.7)$$

Bu formulada

$$\frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta = \lambda_{a.u} \qquad (4.8)$$

Gidrawliki akdyryjy ulgamyň ýa-da turbageçirijiniň doly gidrawliki garşylygy $\sum \zeta$ –ulgamdaky ýerli garşylyklaryň koeffisiýentleriniň jemi.

4.3 Gidrawliki akdyryjy ulgamlaryň görnüşleri

Ýokarda suwuklyk (gaz) akymlarynda, şol sanda, turba geçiriji uldöreýän naporuň ýitgileriniň görnüşleri hem-de olaryň kesgitleniş usullary seredildi. Naporyň ýitgileriniň ululyklaryny kesgitlemek üçin alynan (4.5), (4.6) we (4.7) formulalaryň umumylygyna we manylarynyň bütewiligine ýenede bir gezek üns bereliň: naporyň ýitgileri akymyň tizlik naporynyň ýitýän böleginiň ulylygyna deňdir. Öz gezeginde "ýitýän bölek" degişli gidrawliki garşylygyň görnüşi we ululygy kesgitlenýär. Şeýlelikde, akymlary ýada tutuş gidrawliki akdyryjy ulgamlary tapawutlandyrýan esasy görkeziji olardaky gidrawliki garşylyklaryň we naporyň ýitgileriniň görnüşleridir. Bu babatda, ähli gidrawliki akdyryjy ulgamlar aşakdaky üç görnüşe bölünýändir:

1. Deşikler we jaýryklar
2. Oturtmalar we gysga turbageçirijiler.
3. Uzyn ýa-da magistral turbageçirijiler.

Deşiklerdäki we jaýryklardaky akymlarda naporyň umumy ýitgisi diňe ýerli garşylygyň we ýitginiň ululyklary bilen kesgitlenilýändir. Sebäbi bu akdyryjy ulgamlaryň uzynlyk görkezijisi ujypsyzdyr ýa-da $l \approx 0$, onda $h_f = h_ý$. Deşiklerde we jaýryklarda akymyň gidrawliki garşylygy esasan onuň janly kesiginiň mese-mälim derejede gysylmagy netijesinde döreýär. Deşikleriň we jiýryklaryň praktikada ulanylyşynyň mysallary höküminde nebit-gaz guýularynyň zaboýundaky tilsimat deşiklerini, suwuklyklary we gazlary gaýtadan işleýän desgalarynyň deşikleriniň gidrotehnikada bentleriň we gatlaklaryň deşiklerini we jaýryklaryny görkezmek bolar.

Oturtmalardaky we gysga turbageçirijilerdäki akymlarda naporyň uzynlyk sürtülme we ýerli ýitgileri deňeşdirip bilinjek derejede $h_e \approx h_ý$ döreýärler hem-de bilelikde umumy ýitginiň ululygyny kesgitleýärler, ýagny $h_f = h_e + h_ý$. Oturtmalar we gysga turba geçriji uzynlyk ölçeg “gysga” bolsada, olaryň ýerli garşylyklarynyň sanynyň hasabyna naporyň h_e we h_m ýitgileri deňeşer ululyklarda saklanýarlar. Oturtmalar esasan çüwdürim akymlaryny döretmek we ulanmak bilen baglanyşykly ugurlarda (suw fontanlary, ýangyn söndürýän çüwdürimler, ýyladylýan ýa-da sowadylan howany paýlaýan gurluşlar we beýlekiler), suwuklyklary wegazlary gaýtadan işlemek bilen baglanyşykly köpgörnüşli tilsimat desgalarynda, çüwdürim nasoslarynda, ýežektor we inžektor gurluşlarynda giňden ulanylýar. Gysga turbageçrijileriniň mysallary höküminde nasos we kompressor stansiýalarynyň içki çatyjy turbalaryny nebiti we gazy gaýtadan işleýän tilsimat desgalarynyň daşky çatyjy turbalaryny, sifon turbalaryny, jaýlaryň içki suw, ýylylyk, gaz hem-de howa çalyşmak ulgamlarynyň turbalaryny görkezmek bolar. Oturtmalaryň we gysga turbageçrijileriň umumy gidrawliki garşylyklary (4.8) formula boýunça kesgitlenilýär.

Uzyn ýa-da magistral turba geçrijileriň akymlarynda naporyň ýitgisiniň iki görnüşinde döremegine garamazdan, uzynlyk sürtülme h_e ýitgisiniň has agdykly edýändigi sebäpli ($h_e >> h_ý$), naporyň umumy ýitgisiniň ululygy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$h_f = \alpha \cdot h_ý \qquad (4.9)$$

Bu ýerde

α – uzyn ýada magistral turba geçrijide naporyň ýerli ýitgisiniň ululygyny göz öňünde tutýan düzediş koeffisiýenti. Gidrawliki hasaplamalarda onuň ululygy α = 1.05 – 1.15 (ortaça α=1.1) kabul edilyär. Şeýlelikde magistral turbageçirjilerinde naporyň ýerli ýitgisi $h_ý$ ýörite kesgitlenilmeýär, onuň ululygy ulgamyň naporynyň uzynlyk h_e hasaplama ýitgisiniň (5 - 15) % möçberinde kabul edilýär, ýagny

$$h_ý = (0.05 – 0.15)\, h_e \qquad (4.10)$$

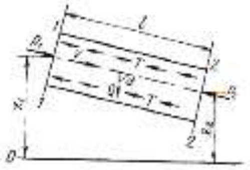
Magistral turbageçriji ulgamlarynyň mysallarynyň sanowyna Türkmenistanda hereket edýän “Orta Aziýa - Merkez”, “Türkmenistan – Hytaý” we “Türkmenistan - Eýran” halkara magistral gazgeçrijilerini, “Balkanabat - Türkmenbaşy”, “Hazar - Türkmenbaşy” we “Ýaşyldepe - Pelwert” magistral nebitgeçrijilerini, “Bereket – Balkanabat - Türkmenbaşy”, “Aşgabat-Ýerbent”, “Gämi-Aşgabat” suw geçirijilerini uly buýsanç bilen görkezmek bolar.

4.4 Deňölçegli hereketiň esasy deňlemesi

Öň bellenilişi ýaly (3.1) suwuklygyň (gazyň) deňölçegli hereketi diýilip janly kesiginiň geometriki şekili, meýdany hem-de onuň degişli nokatlarynda tizlikleriň ululyklary hemişelik bolan akymlaryň hereketine aýdylýar.

Turbageçirijidäki akymyň hereket ugruna onuň diametri we akymyň göwrüm mukdary hemişelik bolsa onda bu akym deňölçegli hereketiň mysaly bolup biler.

Deňölçegli hereketli turbadan akýan akymyň 1-1 we 2-2 tekiz kesikleriň l uzynlykly aralygynda alynan böleginiň deňagramlygyna seredeliň (4.3-nji surat). Alynan akym böleginiň uza boýuna $\omega = const, \vartheta = const$ ululykdyr.



4.3-nji surat

Ýokarda (4.1) bellenilişi ýaly T sürtülme garşylyk güýjiniň akymyň otnasitel hereketiniň (turbanyň içki diwaryna görä) netijesinde λl sürtülme meýdanynda döreýän güýçdiginden hem-de bu güýjiň akymyň içki düzüminde döreýän elementar şepbeşiklik sürtülme güýçlerini hasaba alýandygyndan ugur alyp kabul edilen akymyň orta tizligini islendik kesik ýa-da islendik elementar göwrüm üçin hemişelik ululyk diýip alýarys. Onda seredilýän akym böleginde döreýän ähli sürtülme garşylyklary we ýitgileri akymyň uzynlyk sürtülme gidrawliki garşylygyny aňladar hem-de naporyň umumy ýitgisi üçin $h_f = h_e$ şerti kabul edip bolar. Şeýlelikde naporyň h_e uzynlyk sürtülme ýitgisi Bernulliniň deňlemesinden takyk kesgitleniler:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\vartheta^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\vartheta^2}{2g} + h_e \qquad (4.11)$$

Ýa-da

$$h_e = \left(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g}\right) - (Z_2 + \frac{P_2}{\rho g}) \qquad (4.12)$$

(4.12) belgili deňleme, deňölçegli hereket edýän akymlarda naporyň uzynlyk sürtülme ýitgisiniň akymyň doly gidrostatiki naporlarynyň tapawudynyň ululygy bilen kesgitlenilýändigini subut edýär. Diýmek deňölçegli hereketli akymlaryň esasy gidrawliki häsiýetnamasy bolup onuň P-P pýezometriki çyzygy hyzmat eder. Indi deňölçegli hereketli akymlara täsir edýän güýçleriň deňagramlygyna seredeliň. Onuň üçin akym bölegine täsir edýän $P_1 = \mathrm{P}_1\omega$ we $P_2 = \mathrm{P}_2\omega$ ululykly basyş, $G = \rho g\omega l$ ululykly agyrlyk hem $T = \tau\lambda l$ ululykly sürtülme güýçleriniň akymyň hereket okuna bolan proýeksiýalarynyň jeminiň deňlemesini ýazalyň:

$$P_1 - P_2 + G \cdot \cos\alpha - T = 0 \qquad (4.13)$$

Ýa-da

$$P_1\omega - P_2\omega + \rho g\omega l \cdot \cos\alpha - \tau\lambda l = 0 \qquad (4.14)$$

Soňky (4.14) belgili deňlemede $\cos\alpha = \frac{Z_1 - Z_2}{l}, \tau$ –sürtülme garşylyk güýjiniň güýjenmesi, λ –akymyň ölleýän perimetri, $\lambda = \frac{\omega}{\mathrm{R}}$, R – akymyň gidrawliki radiusy, turbalardaky akymlar üçin $\mathrm{R} = \frac{\mathrm{d}}{\lambda}$. Onda (4.14) belgili deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$P_1\omega - P_2\omega + \rho g\omega \cdot (Z_1 - Z_2) = \frac{\tau l\omega}{R} \qquad (4.15)$$

(4.15) belgili deňlemäniň agzalarynyň $\rho g\omega$ ululyga bölüp hem-de bu deňlemäniň çep tarapyny (4.12) deňleme boýunça aňladyp deňölçegli hereketiň esasy deňlemesi alynar:

$$h_e = \frac{\tau l}{\rho g R} \qquad (4.16)$$

Deňölçegli hereketiň esasy (4.16) görnüşdäki deňlemesini $i = \frac{h_e}{l}$ akymyň gidrawliki eňňitligidigini hem-de $\gamma = \rho g$ akdyrylýan suwuklygyň (gazyň) göwrüm (udel) agyrlygydygyny göz öňünde tutup, aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$\tau = \gamma R i \qquad (4.17)$$

4.5 Suwuklyk akymlarynyň hereket kadalary

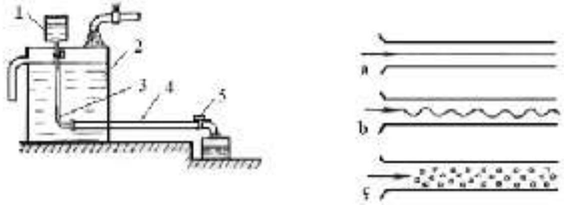
XIX asyryň ikinji ýarymyndan başlap, suwuklyk (gaz, howa) akymlarynyň hereketiniň iki kadasy bolýandygy subut edildi. 1874-nji ýylda genial rus himigi D.I.Mendeleýew ýeriň golaýynda howa gatlagynyň akymlarynyň düzümleri biri-birinden tapawutlydygyny beýan etdi. 1883-nji ýylda iňlis fizigi O.Reýnolds nazary we tejribe derňewleriň netijesinde suwuklyk akymynyň iki hereket kadasynyň bardygyny anyk subut etdi. Olar laminar (gatlaklaýyn) we turbulent (tertipsiz) hereket kadalarydyr.

Laminar kadaly akym diýip suwuklyk akymyny emele getirýän emele getirýän elementar çüwdürimler (gatlaklar) özara garyşman, hemişelik düzümde tekiz parallel ýagdaýda hereket edýän akyma aýdylýar. Bu görnüşli akymda islendik bölejigiň hereket traýektoriýasy esasy akymyň traýektoriýasy bilen gabat gelýär. Akymda döreýän garşylyk (içki sürtülme) güýji bolsa elementar çüwdürimleriň özara sürtülme güýçleriniň deň täsir edijisidir. Bu güýje akymyň laminar garşylyk güýji diýip hem aýdylýar. Akymyň laminar garşylyk güýji suwuklygyň şepbeşiklik häsiýeti bilen gö-göni baglanyşyklydyr.

Turbulent kadaly akym diýip suwuklyk akymyny emele getirýän elementar çüwdürimleriň (gatlaklaryň) üznüksiz

üýtgeýän düzümde tertipsiz we garym-gatym ýagdaýda hereket edýän akymyna aýdylýar. Beýle kadaly akymda islendik elementar bölejigiň hereket traýektoriýasy akymyň umumy traýektoriýasy bilen gabat gelmeýär. Elementar bölejigiň kese, hatda ters traýektoriýalarda, ýerli tizlik ululyklarynyň bolsa üznüksiz we pulsasiýa kadada üýtgeýändigi turbulent akymyň esasy aýratynlygydyr. Bu kadaly akymyň çylşyrymly hereket düzümi bolup, onda döreýän çarşylyk güýjiniň ululygy diňe suwuklygyň fiziki häsiýetine (dykyzlyk, şepbeşiklik,...) bagly bolman eýsem akymda goşmaça döreýän turbulent sürtülme garşylygyna has täsirli baglydyr.

Akymlaryň laminar we tubulent hereket kadalarynyň aýratynlygy – olarda içki garşylyk mehanizminiň düýpli tapawudydyr. 4.4-nji suratda Reýnoldsyň tejribe desgasy hem-de onda alynan esasy netijeler şekillendirilen.



4.4-nji surat

Tejribe desgada 2 suwly gaba kese aýna 4 turbasy birleşdirilen. Turbadaky akymyň ϑ tizligini sazlamak üçin wentil 5 ulanylýar, akymyň hereket kadasy bolsa oňa 3 turbajyk arkaly 1 gapjagazdan akdyrylýan reňkli akymjygyň hereket traýektoriýasynyň şekili boýunça kesgitlenilýär. Aýna 4 turbadaky suw akymy has haýal tizlik bilen akdyrylanda oňa goýberilýän reňkli akymjagaz a suratda görkezilişi ýaly, göni çyzykly traýektoriýa boýunça hereket eder – onda aýna turbadaky suw akymy laminar hereket kadaly akymdyr. Akymyň tizligi ulaldygyça reňkli akymjagazyň şekili, b suratda görkezilişi ýaly tolkun şekiline geler – onda suw akymynyň hereket kadasy laminar görnüşdeň geçip turulent görnüşe

golaýlaşar. Eger-de akymyň tizliginiň ulaldylmagy dowam etdirilse, ç suratda görkezilişi ýaly, reňkli akymjagazyň bütewi çyzyk şekili bozular. Suwuň reňk çyzygy bölejiklere dargar hem-de garym-gatym, tertipsiz hereket ederler – onda aýna turbadaky suw akymynyň hereket kadasy doly turbulent görnüşe geçer.

Akymlaryň hereket kadasyny kesgitleýän ululyga Reýnoldsyň sany ýa-da suwuklyk akymynyň hereket kadasynyň kriteriýasy (ölçegi) diýlip aýdylýar. Bu kriterial san, 3.8 bölümdäki ýaly gidro-aerodinamika ylmynda iň wajyp meňzeşlik kriteriýalarynyň biridir. Ol Re simwoly bilen belgilenýär we aşakdaky görnüşde kesgitlenýär:

$$Re = \frac{\vartheta d}{\nu} \qquad (4.18)$$

Bu ýerde

ϑ –akymyň orta tizligi, d – turbanyň diametri, ν - suwuklygyň şepbeşikliginiň kinematiki koeffisiýenti.

Suwuklyk akymlarynyň hereket kadalarynyň tebygatyny (fiziki manysyny) Reýnoldsyň kriteriýasy has aýdyň düşündirýär. Bu san akyma täsir edýän hereketlendiriji inersiýa we içki sürtülme garşylyk güýçleriniň gatnaşygyny aňladýar. Diýmek, belli bir akymda tizlik ulaldygyça, onda ýüze çykýan inersiýa we garşylyk güýçleri deň derejede artmaýarlar. Reýnoldsyň takyk kesgitlemelerine görä, turbalarda laminar hereket kadasy $Re \leq 2320$ we turbulent hereket kadasy bolsa $Re > 2320$ bolan şertlerde döreýärler. Şeýlelik bilen, $Re_{kr} = 2320$ ululyga Reýnoldsyň kritiki sany ýa-da suwuklygyň hereket kadalarynyň araçäk kesgitleýji sany diýip aýdylýar.

Reýnoldsyň kritiki sanyna laýyk gelýän akymyň orta tizligine akymyň kritiki tizligi diýilýär. Onuň ululygy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$\vartheta_{kr} = \frac{Re_{kr}\nu}{d} \qquad (4.19)$$

Akymyň (4.19) belgili formula boýunça kesgitlenilen kritiki tizligi ϑ_{kr} onuň tubulent kadadan laminar kada geçýän tizligidir. Oňa aşaky kritiki tizlik diýilýär. Tersine, ýagny laminar kadadan turbulent kada geçýän tizlige akymyň ýokary kritiki tizligi diýilýär. Şeýlelikde Reýnoldsyň kritiki sanynyň hasaplama ululygy $Re_{kr} = 2000 \div 2320$ çäklerde kabul edilip biliner. Bu tizlikleriň biri-biri bilen gabat gelmeýänligi we Reýnoldsyň kritiki sanynyň ululygynyň köp sanly derňew maglumatlaryna laýyklykda turbalardaky akymlar üçin 500-den 50000 çenli bolmaklygy, dürli we tapawutly tejribe şertleriň netijesidir. Reýnoldsyň kritiki sanynyň bahasynyň $Re_{kr} = 2320$ deňligi nazary we tejribe kesgitlemeleriň has takyk netijesi hökmünde kabul edildi.

4.6 Laminar kadaly deňölçegli hereketiň esasy gidrawliki häsiýetnamalary

Turbageçirijileriniň deňölçegli laminar hereket kadaly suwuklyk (gaz, howa) akymlarynda sürtülme garşylyk (şepbeşiklikÿ) güýçleriniň güýjenmesiniň we ýerli tizlikleriň paýlanyşyna hem-de akymyň naporynyň uzynlyk sürtülme ýitgisiniň hasaplanylyşyna seredeliň.

Ýokarda bellenilişi ýaly, suwuklyklaryň laminar hereketi elementar çüwdürimleriň ýa-da gatlaklaryň özara garyşmaýan, alyş-çalyşsyz hereketleriniň netijesidir. Onda özara sürtülýän goňşy gatlaklaryň ýa-da akym bilen turbanyň (akabanyň) içki diwarynyň sürtülme garşylyk güýjiniň τ güýjenmesiniň akymda paýlanyş häsiýetnamasyny (4.17) belgili deňölçegli hereketiň esasy deňlemesi diýilip atlandyrylan formula boýunça kesgitläp bolar, ýagny:

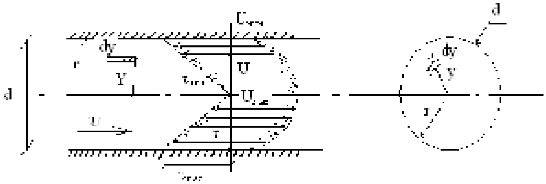
$$\tau = \gamma Ri = \gamma \frac{r}{2} i = \frac{\gamma i}{2} y \qquad (4.20)$$

Bu ýerde

R-akymyň gidrawliki radiusy,

r-akymyň geometriki radiusy,

y-akymyň düzümini emele getirýän islendik dy galyňlykly gatlagyň (elementar çüwdürimiňý) radiusy. Seredilýän akymyň akymyň mysalynda (4.5-nji surat) y radius 0-dan (akymyň oky bilen gabat gelýän gatlak) r-e çenli (turbanyň içki gaty diwaryny ölleýän gatlak) üýtgäp biler.



4.5-nji surat

Turbageçirijiniň deňölçegli laminar akymyňda sürtülme güýjiniň güýjenmesiniň τ we ýerli tizlikleriň U paýlanyş grafigi.

Onda (4.20) belgili formulada y radiusyň ýerine $y = o$ hem-de $y = r$ bahalary goýup, τ güýjenmäniň paýlanyş grafigini alarys. Dogrudan hem

$y = o$ bolanda $\tau_{min} = 0$ bolar

$y = r$ bolanda $\tau_{max} = \frac{\gamma i}{2} r$ bolar.

Şeýlelikde laminar akymyň oky bilen gabat gelýän gatlakda sürtülme güýjiniň güýjenmesi minimal ululyga akymyň içki gaty diwara "Ýelmeşen" gatlagynda τ maksimal ululyga eýe bolarlar. Laminar akymyň sürtülme garşylyk güýjiniň güýjenmesiniň ýokarda alynan paýlanyş kanunynyň hakykylygy indiki çözgütlerde ýene-de bir gezek tassyklanylýar.

Dogrudan hem, Nýutonyň içki sürtülme ýa-da şepbeşiklik kanunyna (1.24) laýyklykda suwuklyklaryň otnasitel hereketi netijesinde döreýän içki sürtülme güýjiniň güýjenmesi akymlarda aşakdaky görnüşde paýlanýar:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy} \qquad (1.24)$$

Bu ýerde

u-akymyň ýerli tizlikleri,

μ-şepbeşikligiň dinamiki koeffisiýenti.

Onda sürtülme güýjiniň güýjenmesiniň ululygy üçin getirilen (1.24) we (4.20) deňlemeleri bilelikde seredip, akymyň ýerli tizlenmeleriniň (gatlaklaryň ýa-da elementar çüwdürimleriň) paýlanyş kanunyny alarys:

$$-\mu \frac{du}{dy} = \frac{\gamma i}{2} y$$

Ýa-da du üçin aşakdaky differensial deňleme alynar:

$$du = -\frac{\gamma i}{2\mu} y dy \qquad (4.21)$$

$$U = -\frac{\gamma i}{4\mu} y^2 + c \qquad (4.22)$$

Integralyň c hemişeligi y=r bolanda akymyň iň soňky, turbanyň içki gaty diwaryna “ýelmeşen” gatlagynyň tizliginiň U_{min}=0 deňliginden kesgitlenerler, ýagny:

$$c = \frac{\gamma i}{4\mu} r^2 \qquad (4.23)$$

Onda, akymy emele getirýän elementar gatlaklaryň tizlikleri üçin gidrogazodinamikanyň iňlis alymy Stoksyň ady bilen tanalýan ýerli tizlikleriň paýlanyşynyň paraboliki kanunynyň deňlemesi alynar:

$$U = \frac{\gamma i}{4\mu} (r^2 - y^2) \qquad (4.24)$$

(4.24) belgili deňlemede y=0 bolanda

$$U = U_{max} = \frac{\gamma i}{4\mu} r^2 \qquad (4.25)$$

Ýerli maksimal tizligiň (akymyň oky bilen gabat gelýän gatlagyň tizligi ýa-da parabolanyň depesiniň koordinaty) ululygy alynar, y=r bolanda, ýokarda bellenilişi ýaly, diwarýaka gatlagyň

$$U = U_{min} = 0 \qquad (4.26)$$

tizligi alynar.

Seredilýän mysalda turbadaky akymyň Q mukdary üçin $Q = \int_U^r U \cdot 2\pi y dy$ aňlatma (4.24) belgili deňlemeden U-nyň bahasyny goýup aşakdaky formula alynar:

$$Q = \frac{\gamma i}{8\mu} \pi r^4 \qquad (4.27)$$

Akymyň orta tizliginiň ululygy üçin alynar:

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{\gamma i \pi r^4}{8\mu\pi r^2} = \frac{\gamma i}{8\mu} r^2 \qquad (4.28)$$

(4.25) we (4.28) aňlatmalarynyň gatnaşygyndan ϑ hem-de U_{max} tizlikleriň özara gatnaşygyny alarys, ýagny:

$$\frac{U_{max}}{\vartheta} = \frac{\gamma i r^2 8\mu}{4\mu\gamma i r^2} = 2 \qquad (4.29)$$

Diýmek, laminar kadaly akymly turbalarda akymyň orta ϑ tizligi, onuň maksimal ýerli U_{max} tizliginiň ýarysyna deňdir:

$$\vartheta = \frac{U_{max}}{2} \qquad (4.30)$$

Akymyň kinetiki energiýasynyň düzediş koeffisiýenti ýa-da Korioliusyň koeffisiýenti α, öň 3.6-njy bölümde getirilşi ýaly aşakdaky aňlatma boýunça boýunça kesgitlenilýär:

$$\alpha = \frac{\int_{\omega}^{\cdot} U^3 d\omega}{\vartheta^3 \omega}$$

Bu aňlatmada $d\omega = 2\pi y dy$, $\omega = \pi r^2$, U-nyň bahasyny (4.24)-den, ϑ-niň bahasyny (4.28)-den alyp α koeffisiýentiň san bahasy, ýagny:

$$\alpha = 2 \qquad (4.31)$$

Şeýlelikde, laminar kadaly akymyň kinetik energiýasynyň hakyky bahasy onuň orta tizliginiň ululygy boýunça kesgitlenilen bahasyndan 2 esse uludyr.

Laminar kadaly deňölçegli hereketli turbadaky akymyň naporyň uzynlyk sürtülme ýitgisini kesgitläliň. Onuň üçin (4.28) belgili aňlatmada $i = \frac{h_e}{l}$, $\gamma = \rho g$, $r = \frac{d}{2}$ belli aňlatmalary ulanalyň. Onda

$$\vartheta = \frac{\gamma i}{8\mu} r^2 = \frac{\rho g h_e d^2}{32 \mu l} = \frac{g h_e d^2}{32 \nu l}$$

Ýa-da

$$h_e = \frac{32 \nu l \vartheta}{g d^2} \qquad (4.32)$$

Ýokarda alynan (4.32) belgili formula gidrodinamikanyň Puazeýl – Gageniň formulasy diýilip atlandyrylýan, laminar kadaly akymlarda naporyň ýitgisini kesgitlemek üçin giňden ulanylýan formuladyr. Bu formula deňölçegli laminar kadaly akymlarynyň hereket kanuny derejesinde kabul edilýär hem-de aşakdaky ylmy praktiki ähmiýetli netijeleri esaslandyrýar:

1. Laminar kadaly akymlarda içki sürtülme garşylygy esasan suwuklygyň şepbeşikligi döredýändir;

2. Naporyň ýitgisi akymyň orta tizliginiň ululygyna göni proporsionaldyr;

3. Akymyň sürtülme garşylygy we naporynyň ýitgisi turbanyň diametriniň kwadratyna ters;

4. Turbanyň içki diwarlarynyň hili we büdür-südürligi akymyň gidrawliki garşylygyna we naporyň ýitgisine täsir etmeýär. Suwuklyk akymy we onuň gatlaklary turbanyň içki diwarlaryna "ýelmeşen" tizliksiz gatlak boýunça süşirýärler (otnasitel hereket edýärler).

Puazeýl – Gageniň formulasynyň ylmy-praktiki ähmiýetiniň ýene-de bir subutnamasyny getirmek üçin onuň sag tarapynyň sanawjysyny we maýdalawjysyny 2ϑ köpeldeliň:

$$h_e = \frac{32\nu l\vartheta}{gd^2}\cdot\frac{2\vartheta}{2\vartheta} = \frac{64\nu}{\vartheta d}\cdot\frac{l}{d}\cdot\frac{\vartheta^2}{2g} \quad (4.33)$$

Hem-de

$$\frac{64\nu}{\vartheta d} = \frac{64}{Re} = \lambda \quad (4.34)$$

Soňky alynýan (4.33) we (4.34) belgili aňlatmalar naporyň uzynlyk sürtülme ýitgisini hasaplamak üçin gidrawlikanyň esasy formulasy derejesinde seredilýän Darsiniň hem-de gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygyny takyk kesgitleýän formulalardyr. Ýokarda getirilen yzygiderli hem-de jikme-jik seredilen çözgüt usulyýet ýoly bu formulanyň ylmy nazary esasda alynandygyny subut edýär.

Şeýlelikde turbageçiriji ulgamlarynyň laminar kadaly deňölçegli hereketli akymlarynyň esasy gidrawliki häsiýetnamalary $(\tau, U, \vartheta, Q, h_e, \lambda)$ ytlmy nazary çözgütleriň netijesinde takyk kesgitlenildi:

Alynan netijeler doly derejede islendik şekilli akabalarda, ýokary şepbeşikli suwuklyklaryň akdyrylma-

ulanylma meselelerinde, laminar kadaly süzülme proseslerinde ulanyly bilinerler.

4.6. Turbulent kadaly deňölçegli hereketiň gidrawliki häsiýetnamalary

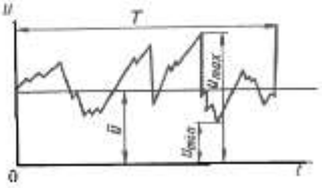
Turbulent kadaly hereketiň esasy aýratynlygy onuň düzüminiň çylşyrymlygy içki garylma mehanizminiň doly öwrenilmedeikligi hem-de gidrogazodinamika ylmynda ýokarda sesedilen lominarlyk nazaryýeti ýaly turbulentligiň birsydyrgyn nazaryýetiniň entek okarylygy bilen tapawutlanýar.

Häzirki döwürde amaly gidrogazodinamika XX asyryň kyrkynjy ýyllarynda nemes alymlary Prantalb we Karman tarapyndan işlenip geçirilen hem-de soňky ýyllarda köp sanly tejribe derňewleri arkaly tassyklanylan turbulentligiň ýarym emperiki ylymly nazaryýeti ulanylýar. Bu ylmy nazaryýet suwuklyk we gaz akymlary üçin niýetlenilen turbalaryň we kanallaryň gidrawliki hasaplamalaryny inžener praktikasynyň talabyna laýyk derejede ýerine ýetirmekligini üpjün etýär.

Ýokarda 4.4-nji bölümde gysgaça beýan edilen ykymyň turbulentlik garylma mehanizmine çuňňur seredeliň. Bilşimiz ýaly turbalarda akymyň turbulent kadaly hereketi Reýnoldsyň sany ($Re>Re_{kr}$) kritiki ululyga ýetenden soň başlanýar. Bu pursatdan başlap akymy hereketlendiriji güýçler okuň garşylyk güýçlerinden azyndan 2320 esse artýar hem-de akymyň durlukly we deňagramly hereketine özboluşly deformirlenme täsirini ýaýradýar. Deformirlenme prosesiň başlangyç alamatlarynyň biri akymyň laminar gatlaklaýyn düzümi dargamagy hem-de ýerli tizlikleriň we basyşlaryň minimal we maksimal ululyk çäklerinde pulsirleme kadasyna geçmekligidir. Turbulentligiň indiki derejelerinde akymyň düzümindäki elementar çüwdürim gatlaklarynyň bölejiklerinde özara alyş-çalyş we garym-gatym proseslerini has güýçlendirýän hem-de ony tutyş akyma ýaýradýan goşmaça

tüweleý şekilli hereketler döredýärler. Turbalent kadaly, akymda islendik elementar bölejik çylşyrymly Braun hereketine mahsus traýektoriýa boýunça tüweleý akymjyklarynyň düzüminde hereket eder.

Tüweleýdöreme hereketleri akymyň turbulent energiýasynyň meheniki görnüşden ýylylyk görnüşine gelmesini amala aşyryjy hem-de onuň akym giňişligine diffuziýa görnüşinde ýaýradyjy, üzüniksiz gaýtalanýar, laminar (şepbeşiklik) sürtülme garşylygy bilen deňeşdirilende onlarça esse artykmaç turbulent garşylygyny döredýän hereketlerdir. Bu aşa çylşyrymly geçiş hem-de döreýiş tubbulentlik prosesiniň başlangyç ýerli tizligiň we onuň emelegetirijileriniň üznüksiz kadada pulsirlemegindedir. Ýerli tizligiň üýtgeme ýa-da pulsirleme grafigi umumy görnüşde 4.6-njy suratda şekillendirilen.



4.6-njy surat

Çyzgyda getirilen grafikde turbulent akymyň düzüminde döreýän aşakdaky tizlikleri görüp we seljerip bolýar:

U – hakyky ýa-da pursatýerli tizligi
U_{max} – ýerli tizligiň maksimal ululygy
U_{min} – ýerli tizligiň minimal ululygy
U_P – maksimal pulsirleme tizligi

$$U_P = U_{max} - U_{min}$$

$+U_P$ – položitel pulsirleme tizligi,

$$+U = U - \overline{U}$$

$-U_P$ – otrisatel pulsirleme tizligi

$$-U_P = \overline{U} - U$$

$+U_{Pmax}$ – maksimal položitel pulsirleme tizligi

$$+U_{P\,max} = U_{max} - \overline{U}$$

Upmax – maksimal otrisatel pulsirleme tizligi

$$-U_{P\,max} = U_{min} - \overline{U}$$

$\overline{U}$ - ýerli orta tizlik ýa-da turbulent akymyň berlen nokadyndaky orta tizlik.

$$\overline{U} = \frac{\int_0^T udt}{T} \qquad (4.35)$$

Bu ýerde
T – ölçeg ýa-da gözegçilik wagt aralygy

Turbulent akymyň ýerli tizliginiň wagta görä üýtgeme U=f(t) grafiginde görnüşi ýaly, U hakyky ýerli tizligiň tertipsiz kadada üznüksiz üýtgemesine garamazdan, onuň $\overline{U}$ orta görkezijisi dowamly T wagt aralygynda hemişelik ululykda saklanýar. $\overline{U}$ orta tizligiň koordinatynyň çyzygy durnukly we deňölçegli turbulent akymda 0-t gorizontal çyzyga hem-de akymyň okuna parallel ugurda dowam eder. Seredilýän grafiki usulýete laýyklykda $\overline{U}$ orta ýerli tizligiň ululygy T wagt aralygynda döreýän hakyky we muňa deňeşdirilen orta tizlik meýdanlarynyň deňlik şertinden kesgitlenilýär.

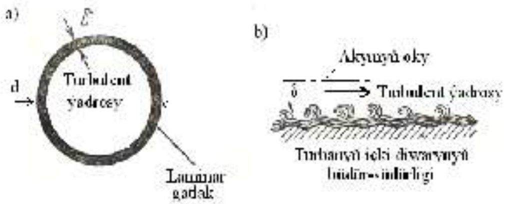
Seredilýän akymyň turbulentlik derejesi akymyň orta ϑ tizlik wektoryna perpendikulýar ugurda garylmasyna

intensiwligine akymda goşmaça döreýän turbulent garşylyklara, ýerli tizligiň U_P pulsirleme görkezijisiniň belgisine we obsalýut ululygyna baglydyr. Položitel pulsirleme tizlik we onuň dowamlygy toüweleý döremeginiň, otrisatel pulsirleme tizligi we onuň dowamlygy bolsa tersine, tüweleý dargamanyň amatly şertleri we pursatlarydyr. Tüweleýdöreme we tüweleýdargama akymjyklary turbulent hereketiň goşmaça energiýa sarp ediji ýa-da ýitgi dörediji hereketleridir.

Turbulent akymyň düzümi Prandtalyň turbulentlik nazaryýetine görä esasan iki bölekden ybaratdyr:

1. Diwarýaka laminar gatlak
2. Turbulent ýadrosy

4.7-nji suratda turbageçirijide turbulent akymyň düzümi şekillendirilen.



4.7-nji surat

Tubageçirijide turbulent akymyň düzümi.

Turbalent ýadrosy akymyň esasy merkezi bölegini tutýar hem-de ýokarda beýan edilen turbulentlik garylmasynyň ýaýran zolagyny emele getirýär. ýokarda beýan edilen ýerli tizligiň pulsirlemesi we turbulentligiň beýleki elementleri akymyň bu böleginde bolup geçýändir. Akymyň diwarýaka ýuka galyňlykly gatlagy başdaky laminar hereket kadasyny üýtgetmeýär. Şonuň üçin bu gatlak laminar gatlak diýilip atlandyrylýar. Laminar gatlagyň saklanmagy we onuň galyňlygy suwuklygyň şepbeşikligine, akymyň orta tizligine, akabanyň içki diwarynyň büdür-südürligine baglydyr.

Galyberse, akymyň turbulent ýadrosynda döreýän kese pulsirlemeler we tüweleýdöremeler gaty diwaryň we onuň büdür-südürliginiň islendik çägara hereketi çäklendiriji täsirini “duýmalydyrlar”.

Laminar diwarýaka gatlagyň δ galyňlygy aşakdaky ýarym emperiki formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\delta = \frac{30 \cdot \nu}{\vartheta\sqrt{\lambda}} = \frac{30 \cdot d}{Re\sqrt{\lambda}} \qquad (4.36)$$

Bu ýerde

ν −akdyrylýan suwuk önümiň şepbeşikliginiň knematiki koeffisiýenti, ϑ −akymyň orta tizligi,

λ −turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti (Darsiniň koeffisiýenti), Re −Reýnoldsyň kriteriýal sany,

d −turbageçirijiniň diametri.

Turbalarda suwuklyklary we gazlary akdyrmak, ýylylyk çalyşmak, (gyzdyrmak ýa-da sowatmak) kondinsirlemek we şuňa meňzeş proseslerde lominar diwarýaka gatlak kesgitleýji orny eýeleýär.

Şeýlelik-de, turbulent hereket kadaly hakyky akymlarda onuň düzümine hem-de akymyň ýadrosynda döreýän goşmaça garşylygyna laýyklykda umumy sürtülme güýçleriniň güýjenmesi ýa-da galtaşýan güýjenmeler aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$\tau = \tau_l + \tau_T \qquad (4.37)$$

Bu ýerde

τ_l −akymyň şepbeşikliginiň döreýän içki ýa-da laminar garşylyk güýjiniň güýjenmesi:

τ_T −akymyň turbulent ýadrosynda ýerli tizligiň we gidrodinamiki basyşyň pulsirlemesi netijesinde akymyň kese ugurda garylmasynyň döreýän turbulent garşylyk güýjiniň güýjenmesi.

Akymyň şepbeşikliginiň döredýän içki sürtülme ýa-da laminar garşylyk güýjiniň τ_{γ} güýjenmesi Nýutonyň içki sürtülme kanuny esasynda kesgitlenilýär:

$$\tau_{\gamma} = \mu \frac{du}{dy} \qquad (1.25)$$

Bu ýerde

μ –akymyň şepbeşikliginiň dinamiki koeffisiýenti,

$\frac{du}{dy}$ –ýerli tizlikleriň gradiýenti.

Suwuklyk we gaz akymlarynda döreýän şepbeşiklik sürtülme güýjiniň güýjenmesi 1.3-nji we 4.5-nji bölümlerde jikme-jik seredildi.

Turbulent garşylyk güýjiniň τ_T güýjenmesi Prandtalyň – Karmanyň turbulentligiň ýarym emperiki nazaryýetine laýyklykda aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\tau_T = \rho l^2 (\frac{du}{dy})^2 = \rho \chi^2 y^2 (\frac{du}{dy})^2 \qquad (4.38)$$

Bu ýerde

ρ –akymyň dykyzlygy,

l –kese turbulent garylma ýolunyň uzynlygy, $l = \chi y$,

χ –tubulent akymyň uniwersal hemişeligi, dürli suwuklyklar üçin $\chi = 0.36 - 0.435$ ululyklarda kabul edilýär. Turbalarda suwuklyga akymymy Karmanyň we Guržýenkonyň täze tejribe derňewleri netijesinde $\chi = 0.435$ ululyk alyndy.

y –turbulent ýadronyň çäginde alynan dy galyňlykly elementar gatlagyň (bölejigiň) turbanyň içki diwaryna görä ýerleşen aralygy.

Turbulent akymda y aralyk radiusyň ugry boýunça δ-den r-e çenli üýtgäp biler.

du –ýerli tizligiň doly differensiýaly (üýtgeýän ululygy).

Onda turbulent hereket kadaly akymlarda (4.37) belgili aňlatmada getirilen umumy garşylyk güýçleriniň güýjenmesi ýa-da akymyň galtaşýan güýjenmeleri aşakdaky gförnüşde kesgitleniler:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} + \rho \chi^2 y^2 (\frac{du}{dy})^2 \qquad (4.39)$$

Akymlaryň hereketiniň turbulentlik derejesine laýyklykda pes, turbulentlik derejeli akymlarda (täze polat turbalkarda suw akymy üçin $Re = 2320 - 3000$) şepbeşiklik ýa-da laminar galtaşýan güýjenmeler τ_l agdyklyk eder, orta turbulentlik derejeli akymlarda $Re \geq 100000$ τ_T turbulentlik galtaşýan güýjenmeler has agdyklyk eder. Orta we ýokary turbulentlik derejeli akymlar üçin Petrowyň sürtülme kanunyna laýyklykda (τ_l has kiçi ululykly güýjenmeliligi sebäpli hasaba alynmaýar). (4.39) belgili aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

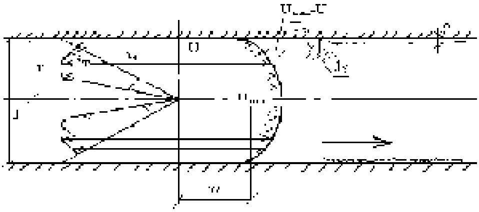
$$\tau = \tau_T = \varepsilon \frac{du}{dy} \qquad (4.40)$$

Bu ýerde

$$\varepsilon = \rho \chi^2 l^2 \frac{du}{dy} \qquad (4.41)$$

Aňlatma kabul edildi. ε ululyk suwuklygyň turbulent ýa-da wertikal koeffisiýent diýilip atlandyrylýar. (4.40) belgili aňlatmasynyň kesgitlenilişiniň Nýutonyň nusgawy içki sürtülme kanunyna getirilen görnüşiniň mysalydyr.

Turbulent hereket kadaly durnukly we deňölçegli akymlaryň garşylyk we ýerli tizlikleriň güýçleriniň galtaşýan güýjenmeleriniň paýlanyş grafigi 4.8-nji suratda şekillendirilýär.



4.8-nji surat

Turbulent hereket kadaly akymlarda ýerli tizlikleriň paýlanma kanuny (4.38) belgili turbulent garşylyk güýçleriniň galtaşýan güýjenmeleriniň paýlanyş kanunyndan gelip çykýar:

$$\tau_T = \rho\chi^2 l^2 (\frac{du}{dy})^2 \qquad (4.42)$$

Bu ýerde du üçin aşakdaky deňlemäni alyp bolar:

$$du = \frac{1}{\chi}\sqrt{\frac{\tau_T}{\rho}} \cdot \frac{dy}{y} \qquad (4.43)$$

Soňky deňlemede $\sqrt{\frac{\tau_T}{\rho}}$ tizlik ölçeg birlikli ululykdyr. Ol dinamiki tizlik ýa-da diwarýaka zolakda galtaşýan güýjenmeleriň ýaýraýyş tizligi diýilip atlandyrylýar, ýagny:

$$U_\tau = \sqrt{\frac{\tau_T}{\rho}} \qquad (4.44)$$

Onda (4.42) belgili deňleme aşakdaky görnüşe geler:

$$dU = \frac{U_\tau}{\chi} \cdot \frac{dy}{y} \qquad (4.45)$$

Bu deňlemäni integrirleýäris:

$$U = \frac{U_\tau}{\chi} l_n y + c \qquad (4.46)$$

Integralyň c hemişeligini akymyň oky bilen gabat gelýän ýerli tizligiň maksimal tizliginden kesgitläris, ýagny $y = r$ bolanda $U = U_{max}$ bolar hem-de onuň üçin aşakdaky aňlatmany alarys:

$$U_{max} = \frac{U_\tau}{\chi} l_n r + c \qquad (4.47)$$

Ýa-da

$$c = U_{max} - \frac{U_\tau}{\chi} l_n r \qquad (4.48)$$

Integraly c ululygyny (4.45) belgili deňlemede ýerine goýup, turbulent hereket kadaly durnukly we deňölçegli akymlarda ýerli tizlikleriň paýlanyş kanunyny alarys:

$$U = U_{max} - \frac{U_\tau}{\chi} l_n \frac{r}{y} \qquad (4.49)$$

Soňky (4.49) belgili deňlemäni ýerli tizligiň otnositel gatlagynyň ýa-da ýerli tizligiň tizlige ýetmeýän bölegine getirilen ululygy $\frac{U_{max}-U}{U_\tau}$ üçin ýazyp bolar, ýagny:

$$\frac{U_{max}-U}{U_\tau} = \frac{1}{\chi} l_n \frac{r}{y} \qquad (4.50)$$

4.7-nji suratda (4.48), (4.49) we (4.50) belgili deňlemelerden ulanyp bilinjek turbalarda suwuklyk akymynyň ýerli tizlikleriniň paýlanma grafigi şekillendirilen. Ýokarda bellenilişi ýaly, bu deňlemeler ýerli tizliokleriň ululyklaryny diňe akymyň turbulent ýadrosynyň çäginde kesgitlemekligе mümkinçilik döredýär. Akymyň diwarýaka laminar gatlagynda ýerli tizlikleriň paýlanmasy 4.5-nji bölümde beýan edilişi ýaly, Stoksyň nusgawy kanuna laýyklykda çözülýär.

Turbulent kadaly akymlarda turbanyň ýa-da kanalyň içki diwarynyň sürtülme garşylygy diwarýaka laminar gatlagyň

galyňlygynyň we diwaryň büdür-südürliginiň absolýut ululygynyň özara gatnaşygyna baglylykda kesgitlenilýär.

Turbalarda turbulent kadaly suwuklyk akymlary üçin $\chi = 0.435$ –digine ulanyp soňky deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$\frac{U_{max}-U}{U_\tau} = 2.30 \cdot l_n \frac{r}{y} \qquad (4.51)$$

Turbulent hereket kadaly turbageçirijileriniň basyşly akymlarynda akymyň orta tizliginiň y (diwara çenli bolan aralygy) koordinaty:

$$y = 0.223 \cdot r \qquad (4.52)$$

görnüşinde kesgitlenilýär. Bu ýerde r –turbanyň radiusy. Bu ýagdaý köp sanly takyk tejribeler arkaly tassyklanylýar hem-de akymlaryň göwrüm mukdarlaryny Pitonyň, Pito – Prandtalyň hem-de pyrlanma enjam usullary bilen ölçemekde giňden ulanylýar.

Turbulent akymyň ϑ orta tizliginiň hem-de α koriolisiň koeffisiýentiniň ululyklaryny kesgitlemek üçin A. D. Altşulyň formulasyny hödürlemek bolar:

$$\frac{U_{max}}{\vartheta} = 1 + 1.3 \cdot \sqrt{\chi} \qquad (4.53)$$

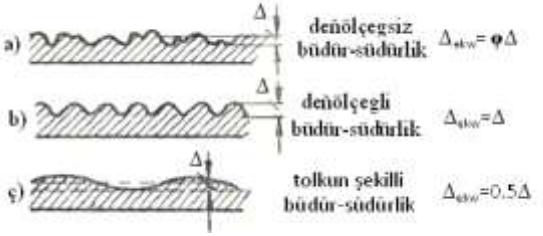
$$\alpha = 1 + 2.65 \cdot \chi \qquad (4.54)$$

Eger-de köp ýyllaryň dowamynda hemişelik ululyk derejesinde kabul edilen $\alpha = 0.025 - 0.04$ ululyklary ulansak onda degişlilikde ϑ we α gidrawliki görkezijiler üçin deňeşdirme mysalynda aşakdaky ululyklary alyp bolar:

$$\vartheta = (0.80 - 0.85) \cdot U_{max} \qquad (4.55)$$

$$\alpha = 1.05 - 1.10 \qquad (4.56)$$

Turbalaryň we kanallaryň gidrawliki hasaplama, taslama, kanallaryň gurnama-gurluşyk we ulanyş işlerinde olaryň içki diwarynyň büdür-südürliginiň esasan üç görnüşi (4.9-nji surat) gabat gelýär.



4.9-njy surat

Deňölçegli büdür-südürlikler esasan emeli usullar bilen döredilýärler. Deňölçegsiz büdür-südürlikler metaldan, demirbetondan, asbestosementden ýasalýan senagat turbalarynda we tolkun şekilli büdür-südürlikler aýnadan, plastiki önümlerinden, aýna süýümli materiýallardan ýasalan turbalarda bolup bilerler. Altşul tarapyndan Prandtal, Nikuradze, Gružiýenko köp sanly ýörite tejribe ylmy-barlag derňewleriniň netijesinde, akymlary çäklendirýän içki gaty diwarlaryň büdür-südürliginiň döredýän gidrawliki sürtülme garşylygy diňe onuň Δ absolýut ululygyna bagly bolman, eýsem onuň ekwiwalent büdür-südürligi $\frac{r}{\Delta_{ekw}}$ $(\frac{d}{\Delta_{ekw}})$ otnositel büdür-südürligine ýa-da $\frac{\Delta_{ekw}}{r}$ $(\frac{\Delta_{ekw}}{d})$ otnasitel ýylmanaklygyna akymyň şepbeşikligine hem-de onuň orta tizligine baglydyr.

Suwuklyk we gaz akabalarynyň içki diwarlarynyň Δ_{ekw} ekwiwalent büdür-südürliginiň ululygy olaryň geometriki şekilini, ýygylygyny hem-de beýiklik ölçegini göz öňünde tutýandyr, umumy ýagdaýda $\Delta_{ekw} = \varphi\Delta$ (4.51) aňlatma boýunça kesgitlenilýär. Bu ýerde φ büdür-südürligiň ýokarda agzalan aýratynlyklaryny göz öňünde tutýan koeffisiýent.

Umuman bu koeffisiýentiň ululygy $\varphi = 0.5 - 1.0$ çäklerde bolup biler. Onuň takyk ululygy dürli görnüşli, kysymly we sortomentli turbalar üçin ýörite tejribe derňewleriniň netijesinde anyklanylýar. Aşakda 4.1-nji tablissada häzirki döwürde öndürilýän senagat turbalarynyň Δ absolýut we Δ_{ekw} ekwiwalent büdür-südürlikleriniň gidrawliki hasaplamalar üçin kabul edilip bilinjek ululyklary getirilýär.

4.1-nji tablisa

Turbalaryň absolýut we ekwiwalent büdür-südürlikleriniň ululyklary.

№	Turbalaryň atlary, ýasalan materiallary we içki diwarlarynyň hili	Büdür-südürlikler, mm	
		Absolýut Δ	Ekwiwalent Δ_{ekw}
	Polat tikinsiz turbalary:		
1	Täze we arassa	0.01÷0.02	0.014
2	Ulanylan we arassalanan		0.04
3	Bir ýyl ulanylan gazgeçirijiler		0.12
4	Ulanylan nebitgeçirijiler		0.2
5	Ulanylan howageçirijiler		0.8
6	Ulanylan suwgeçirijiler		0.02
	Polat kebşerlenen turbalar:		
7	Täze we arassa	0.04÷0.1	0.6
8	Ulanylan poslap başlan		0.15
9	Köp ýyl ulanylan gazgeçirijiler	0.5÷1.1	0.75
	Ýylylyk geçiriji ulgamlaryň polat turbalary		
10	Buggeçirijiler		0.2
11	Kondensatorgeçirijiler		0.1
12	Suwgeçirijileri	0.5÷1.0	0.75
	Çöýun turbalary		
13	Täze arassalanan we polimirlenen	0.05÷0.16	0.12
14	Täze we arassalanan	0.2÷0.5	0.3
15	Ulanylan suwgeçirijileri	0.5÷1.5	1.0
16	Köp ýyl ulanylan we poslan		3.0
17	Asbestosement, täze we arassa	0.5÷0.1	0.085
	Demirbeton turbalary		
18	Täze ilkiçekilme tilsimatly	0.01÷0.05	0.03
19	Täze merkezden garýan tilsimatly	0.15÷0.3	0.2
20	Köp ýyl ulanylan	0.3÷0.8	0.5
21	Polietilen, aýna süýümli turbalary	0.02÷0.04	0.03

22	Aýnadan, reňkli metallardan ýasalan senagat turbalary	0÷0.002	0.001

Turbalaryň we kanallaryň içki diwarlarynyň büdür-südürlik görkezijisi anyklanandan hem-de hasaba alynandan soň onuň gidrawliki sürtülme garşylygynyň görnüşi kesgitlenip biliner. Onuň üçin diwarýaka laminar gatlagyň δ galyňlygyny we Δ_{ekw} ekwiwalent büdür-südürliginiň ululygyny deňeşdirmek ýeterlikdir.

Eger-de laminar gatlagyň galyňlygy diwaryň ekwiwalent büdür-südürliginden alyp bolsa $\delta > \Delta_{ekw}$ $(2320 < Re < 10^5)$, oňa gidrawliki ýylmanak garşylykly hereket diýilýär.

Eger-de laminar gatlagyň galyňlygy ekwiwalent büdür-südürligiň ululygy diýip özara deňräk çäklerde bolsalar, $\delta \approx \Delta_{ekw}(10^5 < Re < 3 \cdot 106)$, oňa gidrawliki ýylmanaklykdan büdür-südür garşylyga geçiş hereketi diýilýär.

Eger-de laminar gatlagyň galyňlygy ekwiwalent büdür-südürligiň ululygyndan kiçi bolsa, $\delta < \Delta_{ekw}$ $(Re > 3 \cdot 10^6)$ oňa gidrawliki doly büdür-südür garşylykly hereket diýilýär.

Şeýlelikde ýokarda getirilen köp görnüşli turbulentlik sürtülme şertleri jemläp aýdylanda durnukly we deňölçegli turbulent kadaly akymlarda turbanyň içki diwarynyň we akymynyň arasynda döreýän, üýtgeýän gidrawliki häsiýetnamaly, sürtülme garşylygy turbageçirijiniň uzynlyk gidrawliki sürtülme koeffisiýenti döredýär. Bilişimiz ýaly bu koeffisiýent şeýlede Darsiniň koeffisiýenti diýilip atlandyrylýar hem-de λ harpy Reýnolsyň sanyna hem-de turbanyň otnositel büdür-südürligine baglylykda kesgitlenilýär. Bu baglanyşyk funksional deňleme görnüşinde şeýle ýazylýar:

$$\lambda = f(Re; \frac{\Delta_{ekw}}{d}) \qquad (4.57)$$

Dogrydan hem, turbulent akymlaryň sürtülme garşylyklary we ýitgileri bilen baglanyşykly ähli gidrawliki görkezijiler we häsiýetnamalar (4.57) belgili deňlemede öz ornuny tapýarlar. Olaryň sanawyna akymyň turbulentlik derejesi, şepbeşikligi, dykyzlygy we orta tizligi, laminar gatlagyň galyňlygyny kesgitleýän ululyklar hem-de akabanyň diwarynyň esasy büdür-südürlik görkezijileri girýärler.

Gidrawlika ylmynda basyşly akymly turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentini köp ýyllaryň dowamynda hemişelik ululyk hökmünde kabul edilýär. Ýokarda (4.57) belgili aňlatmada getirilen $\lambda = f(Re; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanyşygy giň gerimde XX asyryň otuzynjy – altmyşynjy ýyllarynda Ýewropanyň esasy gidrawliki ylmy mekdeplerinde takyk ylmy-barlag tejribe derňewleri geçirildi. Olaryň başlangyjy otuzynjy ýyllarda Germaniýada geçirilen I. Nikuradzeniň tejribeleridir.

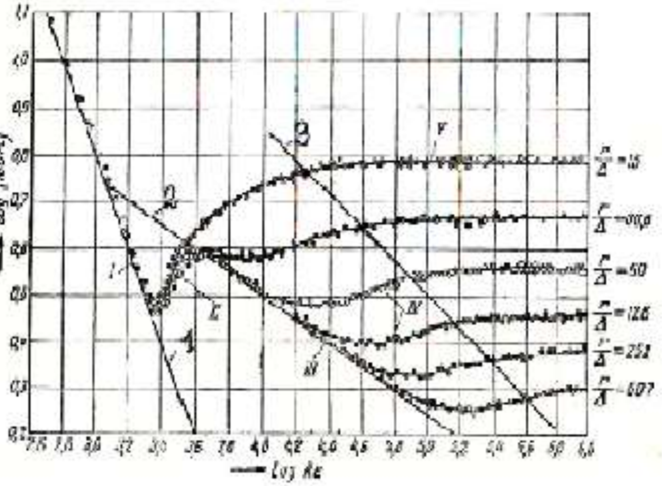
Nikuradzeniň tejribeleri dürli diametrli emeli büdür-südürlikli latun turbalarda geçirildi. Emeli büdür-südürlikler kwars çägeleriniň saýlanan deňölçegli fraksiýalaryny turbanyň içki diwaryna ýelmemek usuly bilen döredildi. Onda turbanyň ekwiwalent büdür-südürligi $\Delta_{ekw} = \Delta = \frac{\bar{d}i}{2}$ deň bolar. Bu ýerde $\bar{d}i$ kwars çägeleriniň saýlanan fraksiýalarynyň diametri. Tejribede alynýan d sortumentli turba üçin gidrawliki ýylmanak içki diwarlaryň alty görnüşini synagdan geçirip bolýar.

Derňelýän turbanyň uzynlygy gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy Darsiniň formulasy boýunça kesgitlenildi, ýagny:

$$\lambda = \frac{2gd}{l} \cdot \frac{h_e}{\vartheta^2} = \frac{2gd}{l\vartheta^2} \cdot \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}\right) \qquad (4.58)$$

λ ululyk üçin getirilen (4.58) belgili aňlatmadan tejribelerde gorizantal, deňölçegli hereketli, basyşly suw akymly turbalaryň ulanylýandygy belli bolýar.

I.Nikuradzeniň geçiren tejribeleriniň netijesi $\lambda = f(Re; \frac{r}{d})$ baglanşygyň ok boýunça lg(100 λ) we kese ok boýunça lg Re koordinatlarynda degişli grafiki şekiller görnüşinde (4.10-njy surat) getirlen.



4.10-njy surat
I.Nikuradzeniň $\lambda = f(Re; \frac{r}{\Delta})$ tejribe derňewleriniň netijesi

I.Nikuradzeniň tejribe grafiki turbageçirijiler gidrawlikasynda nusgawy usulýet grafikleri derejesinde kabul edildi. Bu grafikler turbalar üçin $\lambda = f(Re; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanşygyň hakyky görnüşlerini Re=0-3·10^6 Δ_{ekw}= 0,0625 − 2,5mm, d=50-300mm çäklerde takyk kesgitledi. Nikuradzeniň tejribeleriniň we grafiklerniň esasy ylymy ähmiýeti, turbageçirijileriň basyşly akymlarynyň bäş görnüşli biri-birinden tapawutlanýan gidrawliki garşylyk zolaklarynyň

bolýandygy subut edildi hem-de bu zolaklaryň çäkleri we esasy gidrawliki görkezileri takyk kesgitlenildi.

I. laminar garşylyk zolagy. Bu zolakda Re=0-2000 aralyklarda üýtgeýär, ähli turbalaryň we büdür-südürlikleriň $\lambda = f(\mathrm{Re}; \frac{r}{\Delta})$ grafigi 1 ýapgyt çyzyk bilen gabat gelýär. 4.5-nji bölümde beýan edilşi ýaly bu zolakda turbanyň büdür-südürligi onuň sürtülme garşylygyna we naporynyň ýitgisine täsir etmeýär. λ-niň ululygy $\lambda = f(\mathrm{Re})$
balaşyk boýunça kesgitlenilýär. Turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýentini aşakdaky Puazeýliň formulasy boýunça kesgitlenilär:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad (4.34)$$

II. Turbulent hereket kadasyna geçiş zolagy. Bu zolagda Re=2000-4000 ululykda üýtgeýär. Δ_{ekw} we d ululyklar λ koeffisiýentiň ululygyna täsir etmeýärler. Bu zolagyň gidrawliki häsiýetnamalary ujypsyz çäklerde üýtgeýändirler hem-de durnuksyzdyrlar. Şonuň üçin ikinji garyşyk zolagynyň ylmy-praktiki ähmiýetiniň talap ediljek derejesi has aşadyr hem-de hasaplama praktikasynda gaty seýrek ulanylýar.

III. Gidrawliki ýylmanak sürtülme garşylykly zolak. Bu zolak turbulent hereket kadaly başlangyç zolakdyr. 4.8-nji suratda bu zolak 2 ýapgyt çyzygyň ugrynda $\frac{r}{\Delta}$ görkezijä baglylykda hem-de onuň minimal ululygynda tamamlanýar. Onuň esasy aýratynlygy diwarýaka laminar gatlagyň δ galyňlygy turbageçirijiniň Δ_{ekw} ekwiwalent büdür-südürligiden uludyr, $\delta > \Delta_{ekw}$. Bu zolakda Re=2000 (4000) -$1 \cdot 10^5$ çäklerde üýtgeýär. Re sanynyň ululygy bilen laminar gatlagyň galyňlygy kiçelýär we deňölçegsiz büdür-südürlikler tüweleýdöreme hem-de turbulent garylma proseslere täsir edip başlaýar. Umuman, bu ýylmanak garşylyk zolagynda $\lambda = f(\mathrm{Re})$

baglanşyk esasynda kesgitlenilýär.

Gidrawliki hasaplamalarda ýylmanak sürtülme garşylykly turbageçirijileri gidrawliki sürtülme koeffisiýentleriniň ululygy P.Blaziusyň hasaplama formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\mathrm{Re}^{0,25}} \qquad (4.59)$$

Şeýlelikde III gidrawliki garşylyk zolakda F.A.Şewelewiň formulasy takyk netijeleri berýär:

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{0,25}{\mathrm{Re}^{0,226}}} \qquad (4.60)$$

IV. Gidrawliki ýylmanak garşylykdan büdür-südür garşylagy geçiş zolagy, 4.8-nji suratda bu zolak 2 we 3 ýapgyt çyklaryň aralygynda $\frac{r}{\Delta}$ gatnaşygynyň kiçi ululyklarynda döräp başlaýar. Turbulent hereketiň ýylmanakdan büdür-südür garşylyga geçiş zolagynyň esasy aýratynlygy $\delta \approx \Delta_{ekw}$. özara deňdirler. Bu diýildigi, turbanyň büdür-südürlik görkezijisiniň akymyň gidrawliki sürtülme garşylygyny döretmek prosesini doly derejede gatnaşýandygynyň beýanydyr. Diýmek, $\lambda = f(\mathrm{Re}; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanşygyň iki agzasy deň derejede gidrawliki sürtülme koeffisiýentiň ululygyny kesgitlemelidirler

V. Garşylykly zolakda Re=$1\cdot10^4$-$6\cdot10^5$ çäklerde üýtgeýär.

Gidrawliki hasaplamalarda basyşly turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy esasan A.D.Altşulyň uniwersal formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta_{ekw}}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0,25} \qquad (4.61)$$

Reýnoldsyň sanynyň ýokary ululykdarynda ($1\cdot10^5<Re<6\cdot10^5$) Konakowyň formulasyny ulanmaklyk amatly hasaplanylýar:

$$\lambda = \frac{1}{(1{,}81\cdot \lg Re - 1{,}5)^2} \quad (4.62)$$

VI. Doly büdür-südür garşylykly zolak. Bu garşylyk zolagy ýokary derejeli turbulentligiň hem-de büdür-südürligiň esasy kesgitleýji täsirleri bilen tapawutlanýar. Reýnoldsyň sany bu zolakda $1{,}25\cdot10^4<Re<3\cdot10^6$ çäklerde üýtgeýär hem-de otnasitel ýylmanaklygyň $\frac{r}{\Delta} \leq 15$ ululygyndan başlap gidrawliki sürtülme garşylygyň ululygyna täsir etmeýär. bu zolak üçin $\lambda = f(\frac{\Delta_{ekw}}{d})$ esasy kesgitleýji baglanyşykdyr. Şeýlelikde bu garşylyk zolagynda laminar gatlagyň galyňlygy hasaba alarlyk ululyklardan has kiçelýär. Diňe VI garşylyk zolagynda naporyň uzynlyk sürtülme ýitgisi orta tizligiň kwadratyna göni proporsioanaldyr ýagny $h_e=f(v^2)$.

Gidarwliki hasaplamalarda doly büdür-südür garşylykly turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy F.A.Şewelewiň formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$v \geq 1{,}2$m/sek bolanda $\lambda = \frac{0{,}021}{d^{0{,}3}}$ (4.63)

$v<1{,}2$m/sek bolanda $\lambda = \left(\frac{1{,}5\cdot10^{-4}}{d} + \frac{1}{Re}\right)^{0{,}3}$ (4.64)

Şeýlelikde, soňky bäşinji garşylyk zolagyň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygyny Prantdal-Nikuradzeniň formulasy boýunça kesgitlemeklik maslahat berilýär:

$$\boldsymbol{\lambda} = \frac{\mathbf{1}}{\left(\mathbf{1{,}74+2lg}\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{2\cdot\Delta}}\right)^{\mathbf{2}}} \quad (4.65)$$

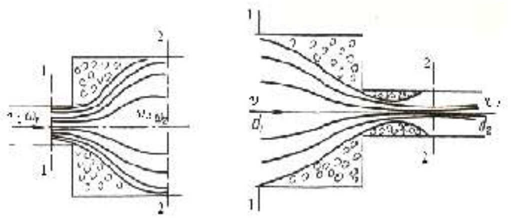
XX-asyryň (50-60)-njy ýyllarynda öňki SSSR döwletiniň baş ylmy-barlag institutynda I.A.Isaýewiň, G.A.Muriniň, F.A.Şewelewiň we A.D.Altşulyň ýolbaşçylygynda täze

materilallara soňky turbaöndürme tilsimatlara esaslanyp öndürilýän senagat turbalaryň gidrawliki sürtülme koeffisiýentleri $\lambda = f(Re; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanşyk esasynda giň gerimde derňeldi. Bu tejribe derňewleriň netijesi täze polat turbalaryň mysalynda 4.9-njy suratda getirilýär. Bu we oňa meňzeş köp görnüşli beýleki senagat turbalary üçin alynan grafikleriň esasy aýratynlygy III gidrawliki ýylmanak garşylykly zolagyň Reýnoldsynyň sanynyň ulylygy boýunça kesgitlenýän çäkleriň mese-mälim derejede ulalmagydyr hem-de grafikleriň birsydyrgyn tertipde **λ**-nyň san ululygy boýunça kiçelmegidir. Bu ýagdaý turbalaryň ýasalyş tilsimatlarynyň ýokary netijeligi sebäpli büdür-südürlikleriň absolýut we ekwiwalent ululyklarynyň kiçelmegindedir. Başgaça aýdylanda turbalaryň hakyky büdür-südürlik görkezijileri gidrawliki ýylmanak diwaryň garşylyk döredijilik derejesinde turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygyna täsir edýärler.

4.7 Ýerli garşylyklar we naporyň ýitgileri

Ýokarda, §4.1-de umumy görnüşde, ýerli garşylyklaryň we ýitgileriň döreýiş mehanizmi hem-de olaryň kesgitlenilşiniň umumy usuly seredildi. Indi turbageçirijiler ulgamynda köp duş gelýän ýerli garşylyk koeffisiýentleriň we olarda döreýän naporyň ýitgileriniň ululyklaryň kesgitlenilşine seredeliň.

Turbageçirijiniň birden giňelme garşylygy, kiçi 4.10-njy a-suratda şekillendirilşi ýaly ω_1 kesikli we d_1 diametrli kiçi turba bilen ω_2 kesikli we d_2 diametrli uly turbanyň sepleminde, 1-1 we 2-2 tekiz kesikleriň aralygynda döreýändir.



4.11-nji surat
Turbageçirijileriň birden giňelme we birden daralma garşylygy

Tejribeden görnüşi ýaly, akymyň hereket ugryna hem-de onuň keseligine ýerli tizligiň we gidrodinamiki basyşyň birden üýtgemeleri zerarly, turbanyň giňelýän zolagy bilen haýal giňelýän akymyň aralygynda halka görnüşli tüweleý şekilli goşmaça hereket döreýär. Bu goşmaça akymyň döremesi onyň hereketi hem-de goşmaça döreýän sürtülme garşylyklary ýeňip geçmeklik, akymyň naporynyň birden giňelme $h_{b.g.}$ ýitgisiniň hasabyna bolup geçýär. Bu $h_{b.g.}$ naporyň ýitgisiniň ululygy Borduň formulsay boýunça kesgitlenilýär:

$$h_{b.g} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \qquad (4.66)$$

Bu ýerde

v_1 we v_2 –degişlilikde 1-1 we 2-2 kesiklerde akymyň orta tizlikleri.

Borduň formulasy naporyň birden giňelme ýitgisiniň teoremasy derejesinde şeýle okalýar: akymlaryň naporynyň birden giňelme ýitgisi ýitýän tizlik naporynyň ululygy görnüşinde kesgitlenilýär. Dogurdan hem v_1-v_2≠ Δv ýitýän tizlikdir.

(4.66) belgili aňlatmada, akymyň mukdarynyň hemişeliginiň deňlemesini $\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2$ ýa-da $d_1^2 v_1 = d_2^2 v_2$ görnüşlerde ulanyp, $h_{b.g.}$ ýitgini aýratynlykda v_1 ýa-da v_2 orta tizlikleriň ululyklary boýunça kesgitläp bolar hem-de akymyň birden giňelme ýerli gidrawliki garşylygynyň $\zeta_{b.g}$ koeffisiýenti üçin formula alynýar:

$$\mathbf{h_{b.g}} = \left(\mathbf{1} - \frac{\boldsymbol{\omega_1}}{\boldsymbol{\omega_2}}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} = \left(\mathbf{1} - \frac{\mathbf{d_1}}{\mathbf{d_2}}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} \quad (4.67)$$

$$\mathbf{h_{b.g}} = \left(\frac{\boldsymbol{\omega_2}}{\boldsymbol{\omega_1}} - \mathbf{1}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}_{\mathbf{2}}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} = \left(\frac{\mathbf{d_1}}{\mathbf{d_2}} - \mathbf{1}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}_{\mathbf{2}}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} \quad (4.68)$$

Bu ýerde:

$$\zeta_{b.g} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \frac{\vartheta^2}{2g} = \left(1 - \frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{\vartheta^2}{2g}$$

(4.69)

$$\boldsymbol{\zeta_{b.g}} = \left(\frac{\boldsymbol{\omega_2}}{\boldsymbol{\omega_1}} - \mathbf{1}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}_{\mathbf{2}}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} = \left(\frac{\mathbf{d_1}}{\mathbf{d_2}} - \mathbf{1}\right)^{\mathbf{2}} \frac{\boldsymbol{\vartheta}_{\mathbf{2}}^{\mathbf{2}}}{\mathbf{2g}} \quad (4.70)$$

Elbetde (4.67) we (4.68) aňlatmalarda kesgitlenilen $h_{b.g}$ hem-de (4.69) we (4.70) aňlatmalarda kesgitlenilen $\zeta_{b.g}$ ululyklar özara deň ululyklardyr.

Turba geçirijiniň birden daralma 4.10-njy b-suratda şekillendirlişi ýaly, ω_1 kesikli we d_1 diametrli uly hem-de ω_2 kesikli we d_2 diametrli kiçi turbalaryň sepleminde 1-1 we 2-2 tekiz kesikleriň aralygynda döreýär.

Bu ýerli garşylygyň we ýitginiň döreýiş mehanizmi ýokarda beýan edilen birden giňelme garşylyga meňzeşdir.

Turbageçirijileriň birden daralma ýitgisiniň koeffisiýenti $\zeta_{b.d}$ $d_2<0,5d_1$ şertlerde I.Ý.Idelçikiň formulasy boýunça kesgitlenýär.

$$\boldsymbol{\zeta_{b.d}} = \mathbf{0,5}\left(\mathbf{1} - \frac{\mathbf{d_2^2}}{\mathbf{d_1^2}}\right) \quad (4.71)$$

Eger-de $d_2<0,5d_1$ bolanda A.D.Altşulyň formulasyny ulanmaklyk has takyk netijäni berer:

$$\zeta_{b.d} = \left(\frac{1}{0{,}57 + \frac{0{,}043}{1{,}1 - \frac{d_2^2}{d_1^2}}} - 1 \right)^2 \qquad (4.72)$$

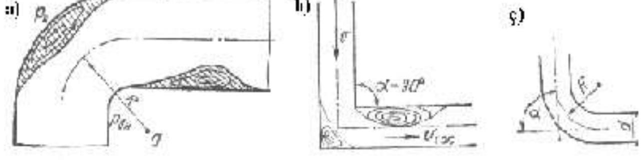
Aşakda, 4.2-nji tablisada turbageçirijileriň birden daralma ýitgisiniň gidrawliki garşylyk koeffisiýentiniň ululyklary Weýsbahyň tejribe arkaly alan netijeleri höküminde getirilýär.

4.2-nji tablisa

$\frac{d_2}{d_1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_{b.d}$	0,5	0,49	0,46	0,43	0,4	0,35	0,29	0,22	0,14	0

Howuza (uly gab, uly turba) çatylan turbageçirijä akymyň girme ýitgisiniň koeffisiýenti ζ_g (4.71) belgili aňlatma boýunça akymyň birden daralma garşylygy görnüşinde kesgitlenilýär. Biziň mysalymyzda $d_2 << d_1$, $d_2 \approx 0$ şertlere laýyklykda, $\zeta_g=0{,}5$ hemişelik ululyk görnüşinde kabul edilýär. Eger-de turba girme zolak emaýly öwrüm görnüşinde ýasalan bolsa, bolar $\zeta_g=0{,}2$

Turbageçirijileriň öwürimleri akymyň ugryny $\alpha=0\text{-}180^o$ burç ululyklara üýtgedip bilerler hem-de standart tirsek (30°, 45°, 90°) şekilli bolup bilerler 4.11-nji suratlarda turbalaryň öwrümleri şekillendirlen



4.12-nji surat

Turbageçirijileriň α=90° öwrümleri a) emaýly öwürim b) birden üýtgeýän öwrüm
ç) egreldilen ýa-da standart tirsek.

Akymlaryň hereket ugurlary üýtgänd, olara goşmaça döreýän merkezden daşlaşýan massa güýçleri täsir edýärler. Bu güýçler öwrüm akymlaryny diformirleýärler, ýerli tizlikler we basyşlar üýtgeýärler hem-de akymda goşmaça spiral we tüweleý hereketleri döreýärler. Öwürümlerde naporyň ýerli ýitgisi Weýsbahyň nusgawy formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$h_{ö} = \zeta_{ö} \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (4.73)$$

Bu ýerde:

$\zeta_{ö}$-öwrüleriň ýerli garşylyk koeffisiýenti, onuň ululygy tejribe derňewleriň netijesinde kesgitlenilýär.

Emaýly öwrümleriň gidrawliki garşylyk koeffisiýentiniň $\zeta_{eö}$ ululygy turbanyň d diametriniň öwrümiň R radiusyna bolan gatnaşygyna baglylykda kabul edilýär. $\zeta_{eö}$ koeffisiýentiniň ululyklary 4.3-nji tablisada getirilýär.

4.3-nji tablisa

$\frac{d}{R}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\zeta_{eö}$	0,14	0,15	0,16	0,18	0,21	0,24	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

Turbalaryň birden üýtgeýän öwrümleriniň ýerli garşylyk koeffisiýentiniň $\zeta_{bö}$ ululygy öwrüm burçynyň α ululygyna baglylykda kabul edilýär. $\zeta_{bö}$=f(α) baglanşygyň baglanşygyň ululyklary 4.4-nji tablisada getirilýär.

4.3-nji tablisa

α, gradus	30	40	50	60	70	80	90

$\zeta_{bö}$	0,2	0,3	0,4	0,55	0,7	0,9	1,0

Standart ýa-da egreldilen tirsekleriň gidrawliki garşylyk koeffisiýenti $\zeta_t=f(\alpha, \frac{d}{R}, \lambda)$ baglanşyk boýunça, tejribe derňewleriniň netijesinde alynan formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\zeta_t^{90^o} = [0{,}2 + 0{,}001(100)^8]\sqrt{\frac{d}{R}} \qquad (4.74)$$

Tirsek öwrümleriň α burçy 90°-dan tapawutly ululyklarda bolanda, ýerli garşylyk koeffisiýentiniň ululygy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$\boldsymbol{\zeta_T^{\alpha} = \zeta_t^{90^o} \cdot K} \qquad (4.75)$$

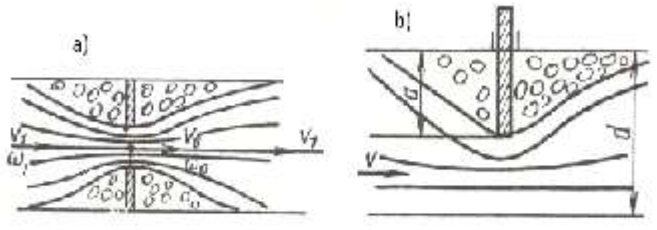
Bu ýerde

K-tirsegiň d diametriniň hem-de öwrümiň R radiusynyň ululyklarynyň gatnaşygyna baglylykda alynýan emaýlaşdyryş koeffisiýenti, onuň ululygy $K=0{,}05+0{,}2\frac{d}{R}$ (4.76) formula boýunça kesgitlenilýär.

Difragmalar ýa-da şaýbalar basyşly suwuklyk ýa-da gaz akymlarynyň göwrüm mukdarynyň ululygyny üznüksiz kadada ölçemek we ýazga geçirmek üçin ulanylýan desganyň gönümel akymda ýerleşdirilýän enjamydyr. Onyň maksady akymda "meýilanamalaşdyrylýan" gidrawliki garşylygy we naporyň ýitgisini döretmekdir (3.8-nji surat) Diafragmalar ýörite taýýarlanylýan metall disklerinde deşilen merkezi sim materialy deşiklerdir. (4.12-nji surat). Olaryň garşylyk koeffisiýenti ζ_d geşigiň ω_o meýdanynyň akymyň janly ω kesigine bolan gatnaşygynyň ululygyna baglylykda kesgitlenilýär. 4.5-nji tablisada diafragmalaryň ζ_d gidrawliki garşylyk koeffisiýentiniň ululyklary getirilýär.

4.5-nji tablisa

$\frac{\omega_0}{\omega}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ_d	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0



4.13-nji surat

Ýapyjylar (zadwižkalar, wentiller, zatworlar) akymlaryň mukdarlaryny sazlaýan turbageçiriji armaturalarydyr (4.13-nji b-surat). Olaryň gidrawliki garşylyk koeffisiýentleri akymyň ýapyk böleginiň h beýikliginiň, turbanyň d diametrine bolan gatnaşygynyň ululygyna baglylykda kesgitlenilýär. 4.6-njy tablisada zadwižkalaryň gidrawliki garşylyk koeffisiýentleriniň ζ_z ululyklary $\frac{h}{d}$ gatnaşyga baglylykda getirlen.

4.6-njy tablisa

$\frac{h}{d}$	0,875	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
ζ_z	97,8	35	10	4,6	2,06	0,98	0,44	0,17	0,06	0,05

Beýleki köp görnüşli turbageçirijiler armaturalarynyň, fason bölekleriniň, gurluşlaryň, enjamlaryň gidrawliki garşylyk koeffisiýentleriniň ululyklary degişli gidrawliki soragnama kitaplarynda getirilýärler.

Meseleler we mysallar

4.1. Içki diametri d=100 mm bolan turbada temperaturasy t=20^{0}C suw akýar. Suwuň akýan mukdary Q=20 dm^3/sek deň bolanda suwyň hereketiniň kadasyny kesgitlemeli?

4.2. Içki diametrleri: 1 mm, 50 mm, 100 mm, bolan turbalardan t=20^{0}C-däki suw akanda suwyň kritiki tizligini kesgitlemeli?

4.3. Diametri d=150 mm turbadan şepbeşikligi BY=5 akýan nebititiň kritiki tizligini kesgitlemeli?

4.4. Kesigi gönüburçly 300x500 mm^2 howa çalşyryjy kanalda howa hereket edýär. Howanyň mukdary Q=5400 m^3/sag. Howanyň şepbeşikligi 0.018 santipauza we udel agyrlygy 1.164 kG/m^3 bolanda hereketiň kadasyny kesgitlemeli?

4.5. Diametri d=2 m bolan tüsse äkidiji turbadan akýan gazyň Reýnolds sanyny kesgitlemeli? Temperaturasy t=0^{0}C-ä deňeşdirilende we basyşy 760 mm.sim.süt deň bolanda göwrüm mukdary Q=9 m^3/sek bolar.

4.6. Uzynlygy l=2.6 m, içki diametri d=100 mm nebit geçiriji turbadaky naporyň ýitgisini hasaplamaly? Akýan nebitiň şepbeşikligi 1.2 stoks, mukdary Q=12 dm^3/sek-a deň.

4.7. Uzynlygy l=1200 m diametri d=76 mm suw geçiriji turbadan Q=4 dm^3/sek mukdardaky suw akýar. Turbanyň ekwiwalent büdür-südürligi 0.14 mm-e deň. Naporyň ýitgisini hasaplamaly?

4.8. Diametri d=152 mm, uzynlygy l=2100 m bolan turbadan 2.9 m/sek orta tizlik bilen nebit akýar. Nebitiň şepbeşikligi 0.8 stoksa deň. Naporyň ýitgisini kesgitlemeli?

4.9. Uzynlygy 870 m, diametri d=76 mm polat benzi geçiriji turbadan Q=19500 l/sag mukdardaky benzin akýar. Benziniň şepbeşikligi 0.64 s.st. turbanyň ekwiwalent büdür-südürligini 0.14 mm-e deň kabul edip naporyň ýitgisini kesgitlemeli?

4.10. Diametri d=100 mm bolan polat turbanyň ekwiwalent büdür-südürligini synag esasynda kesgitlemek maksady bilen 4.6 m uzynlyk aralygynda naporyň ýitgisi ölçenilen. Suw geçiriji turbadan 4710 dm^3/min suw akdyrylanda bellenilen aralykda naporyň ýitgisi 7.08 metre deň bolýar. Ekwiwalent büdür-südürligini hasaplamaly?

4.11. Uzynlygy 1300 m, diametri 76 mm bolan suw geçiriji turbadan 7.3 dm^3/sek suw akdyrylanda naporyň ýitgisini kesgitlemeli? Suw geçiriji turbada 4 sany normal wentelden; bir sorujy klapandan; bir ters klapandan; 3 sany 45^0 öwrümli tersekden ybarat bolan ýerli garşylyklar bar. Ýerli garşylyklaryň umumy naporyň ýitgisiniň näçe bölegini düzýändigini hasaplamaly? Turbanyň ekwiwalent büdür-südürligi 0.14 mm-e deň.

5. Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary

5.1. Turbageçirijileriň umumy häsiýetnamalary we görnüşleri

Turbageçirijiler gidrawliki akdyryjy esasy görnüşidir. Olar suw, nebiti, gazy suwuk nebir önümlerini, howany we ş.m, turbalar arkaly akdyrmak üçin niýetlenilendir.

Turbageçiriji ulgamlarda akymlary hereketlendiriji güýçler daşky basyş ýa-da suwuklygyň hususy agyrlyk güýçleridir. Daşky basyş güýçleri nasoslaryň, kompressorlaryň kömegi bilen döredilýärler ýa-da turbageçirijiniň başdaky we ahyrky gidrostatiki naporlaryň tapawudy bolup bilerler. Basyşly turbageçirijilerde başlangyç hereketlendiriji napor, turbageçirijiniň pýezometriki çyzgysynyň şekilinne laýyklykda, naporyň gidrawliki ýitgilererini ýeňip geçmek üçin sarp edilýär.

Turbageçirijileriň esasy gidrawliki häsiýetnamalary aşakdakylardyr:

1. Turbageçirijiniň diametri, d;
2. Turbageçiriji geçirijilik ukyby ýa-da onuň akymynyň mukdary Q;
3. Turbageçirijide akymyň orta tizligi ϑ;
4. Turbageçirijiniň başky we ahyrky naporlary, H_1 we H_2;
5. Turbageçirijiniň naporynyň umumy h_f uzynlyk h_e we $h_ý$ ýerli ýitgileri hem-de i gidrawliki eňňitligi.

Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalarynyň esasy maksady olaryň gidrawliki häsiýetnamalarynyň ululyklaryny häzirkizaman tilsimat we tehniki ykdysady talaplara laýyklykda kesgitlemelidir.

Turbageçirijiler aşakdaky alamatlary boýunça tapawutlanýarlar:

1. Tilsimat niýetlenilişi boýunça;

- Suw geçirijileri;
- Nebit geçirijileri;
- Gaz geçirijileri;
- Howa geçirijileri we ş.m.

2. Akymlary hereketlendiriji güýçleriň görnüşleri boýunça;

- Basyşly ýa-da naporly turbageçirijiler;
- Basyşsyz ýa-da özi akýan turbageçirijiler.

3. Plan ýa-da shematiki şekili boýunça;

- Ýönekeý ýa-da hemişelik diametrli we mukdarly bir bölekden (uçastokdan) ybarat bolan turbageçirijiler;
- Çylşyrymly ýa-da iki we ondan köp, dürli uzynlykly, diametrli hem-de mukdarly bölekden (uçastokdan) ybarat bolan turbageçirijiler;
- Deşikli ýa-da akymyň mukdaryny ýol ugruna paýlaýan turbageçirijiler;

3.1. Çylşyrymly turbageçirijileriň özara birleşdiriş shemalary boýunça:

- Yzygiderli birleşdirilen turbageçirijiler;
- Parallel birleşdirilen turbageçirijiler;

- Kombinirlenen ýa-da yzygiderli hem-de parallel birleşdirilen turbageçirijiler;
- Turbageçirijiler şertleri (şahaly ýa-da halkama-halka birleşdirilen).

4. Turbageçirijiniň kese kesiginiň geometriki şekili boýunça;

- Tegelek turbageçirijiler (turbaly geçirijiler);
- Gönüburçlyk şekilli turbageçirijiler (toneller, kiçi köpriler).

5. Turbageçirijiniň öllenýän perimetriniň şekili boýunça;

- Doly doldurylan ýa-da doly perimetri boýunça doldurylan turbageçirijiler;
- Bölekleýin doldurylan ýa-da akymy erkin üstli turbageçirijiler.

6. Naporyň umumy h_f ýitgisiniň düzümi boýunça:

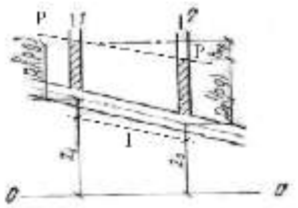
- Gysga ýa-da h_f naporyň umumy ýitgisiniň düzümi deň derejede h_e uzynly we $h_ý$ ýerli ýitgilerden ybarat bolan turbageçirijileri, olarda $h_f = h_e + h_m$;
- Uzyn (magistral) ýa-da h_f naporyň umumy ýitgisiniň düzümi esasan h_e uzynlyk ýitgiden ybarat bolan turbageçirijiler, olarda $h_f \approx 1.1\, h_e$ (1.1-ýerli ýitgileri hasaba alýan koeffisiýent).

7. Hereketlendiriji basyşy döredýän ulgamlaryň görnüşleri boýunça:

- Nasosly turbageçirijiler;
- Kompressorly turbageçirijiler;
- Başdaky naporly rezerwuarly turbageçirijiler;
- Başdaky we naporly rezerwuarly turbageçirijiler.

5.2. Ýönekeý naporly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary we meseleleri

Ýokarda bellenilişi ýaly, ýönekeý turbageçirijiniň gidrawliki hasaplamasynyň esasy maksady, onuň berlen geçirijilik ukybyny kanagatlandyrýan diametriniň hem-de naporynyň ýitgisiniň ululyklaryny kesgitlemekdir.



5.1-nji surat

Ýönekeý naporly, durnukly we deňölçegli hereketli turbageçirijiniň gidrawliki häsiýetnamalaryny suratlandyrýan, 5.1-nji çyzgyda getirilen mysala seredeliň. Alynan 0-0 gorizontal umumy deňeşdirme tekizligine görä, turbageçirijiniň başlangyç 1 we ahyrky 2 merkezi nokatlarynyň berlen geodeziki z_1 we z_2 belgilerine hem-de turbageçirijiniň l aralygynyň soňunda akyma täsir edýän p_2 gidrodinamiki basyşyň ululygyna laýyklykda turbageçirijiniň Q geçirijilik ukybyny üpjün edýän d diametriniň, h_f naporyň ýitgisiniň hem-de H_1 başlangyç naporynyň ululyklaryny kesgitlemeli.

Ýokarda getirilen z_1, z_2, P_2, Q, l berlen hem-de d, h_f, H_1 kesgitlenilmeli ululyklaryň arabaglanyşygyny beýan edýän Bernulliniň deňlemesine ýüzleneliň. Bu deňlemäni turbageçirijiniň 1 we 2 nokatlaryndan geçirilen kesikler üçin 0-0 deňeşdirme tizlige görä ýazalyň:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} + h_f \qquad (5.1)$$

Akymyň tizlik naporlarynyň deňligini göz öňünde tutyp (5.1) belgili deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazyp bolar.

$$\left(z_1 + \frac{P_1}{\rho g}\right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\rho g}\right) = h_f \qquad (5.2)$$

Bu ýerde

$$\left(z_1 + \frac{P_1}{\rho g}\right) = H_1, \quad \left(z_2 + \frac{P_2}{\rho g}\right) = H_2 \qquad (5.3)$$

H_1, H_2 – turbageçirijiniň 1 we 2 kesiklerinde doly gidrostatiki naporyň ululyklary, onda (5.2) deňleme aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$H_1 - H_2 = h_f \qquad (5.4)$$

Ýa-da

$$H_1 = H_2 + 1.1 \cdot h_e \qquad (5.5)$$

Turbageçirijidäki naporyň h_e uzynlyk ýitgisiniň ululygyny Darsiniň formulasy boýunça aňladyp (5.5) belgili deňleme aşakdaky görnüşe geler:

$$H_1 = H_2 + 1.1 \cdot \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.6)$$

Alnan (5.6) belgili deňleme ýönekeý naporly turbageçirijiniň gidrawliki hasaplamasynyň esasy formulasydyr. Bu formula ýönekeý naporly turbageçirijiniň başky hereketlendiriji naporyň ululygyny kesgitlemek üçin ulanylýar hem-de öz düzüminde turbageçirijiniň esasy gidrawliki häsiýetnamalaryny jemleýär.

Ýönekeý naporly turbageçirijiniň d diamatri akymyň mukdarynyň aňlatmasyndan (3.2 bölüme seret) kesgitlenilýär, ýagny

$$Q = \omega \cdot \vartheta_n = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \vartheta \qquad (5.7)$$

Ýa-da

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \vartheta_n}} \qquad (5.8)$$

Bu ýerde

ϑ_n- akymyň orta normatiw tizligi.

Naporly turbageçirijilerde akymyň orta normatiw tizliginiň ululygy Türkmenistanda hereket edýän normatiw resminamalara (TGN, GN we D,TDUN we ş.m.) laýyklykda, tilsimat nukdaý-nazardan rugsat edilýän, tehniki-ykdysady nukdaý nazardan amatly hasaplanylýan çäklerde kabul edilýär. Mysal üçin, naporly suw geçirijilerinde $\vartheta_n = 1 \div 4$ m/sek, nebit geçirijilerinden $\vartheta_n = 1.5 \div 4$ m/sek, gidrohereketlendiriji ulgamlaryň turbalaryndan $\vartheta_n = 2 \div 6$ m/sek, magistral gaz geçirijilerinde $\vartheta_n = 10 \div 50$ m/sek çäklerde kabul etmeklik maslahat berilýär.

Şeýlelikde, (5.8) belgili aňlatma boýunça kesgitlenilen d - nyň ululygy kabul edilen. Turbanyň TDS-nyň sortamentine laýyklykda tegeleklenýär hem-de turbadaky akymyň hakyky tizligi kesgitlenilýär.

$$\vartheta = \frac{4Q}{\pi d^2} \qquad (5.9)$$

Gidrawliki hasaplamalarynyň indiki tapgyrlarynda turbageçirijiniň degişli sortament boýunça kabul edilen d diýametriniň hem-de (5.9) belgili aňlatma boýunça anyklanylan akymyň ϑ tizligi ulanylar.

Turbanyň kysymyna we içki diwarynyň hil ýagdaýyna 4.1- nji tablisadan onuň Δ absalýut hem-de Δ_{ekw} ekwiwalent büdür-südürlikleriniň ululyklary anyklanylmaly hem-de kabul edilmeli.

Ýönekeý turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy 4.5÷ 4.6-njy bölümlerde jikme-jik seredilen $\lambda = f(Re; \frac{\Delta ekw}{d})$ baglanyşyga laýyklykda

kesgitlenilmelidir. Onuň üçin $Re = \frac{\vartheta \cdot d}{\gamma}$ formula boýunça Reýnoldsyň sanynyň ululygy kesgitlenilýär hem-de ony Re_{kr}= 2320 kritiki ululyk bilen deňeşdirip, akymyň hereket kadasy kesgitlenilýär. Eger-de $Re < Re_{kr}$ bolsa, onda akym turbulent kadada akar.

Lamiar hereket kadaly ýönekeý turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy Puazeýliň formulasy $\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$ boýunça kesgitlenilýär.

Turbulent hereket kadaly ýönekeý turbageçirijileriň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygy, turbageçirijileriň içki diwarynyň we akymyň sürtülme garşylyk zolagynyň görnüşine laýyklykda hasaplanylýar. Turbageçirijileriň hakyky gidrawliki garşylyk zolagynyň görnüşi δ (akymyň diwarýaka laminar gutlagynyň galyňlygy,) (4....) formula boýunça kesgitlenilýär we Δ_{ekw} (turbanyň içki diwarynyň büdür-südürligi) ululyklaryň özara deňeşdirmesi netijesinde anyklanylýar. Eger-de $\delta > \Delta_{ekw}$ bolsa (gidraliki ýylmanak garşylyk zolagy), onda $\lambda = \frac{0.3164}{\mathrm{Re}^{0.25}}$ Blaziusyň $\delta \approx \Delta_{ekw}$ bolsa (ýylmanakdan büdür - südür garşylyga geçiş zolagy) $\lambda = 0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{\mathrm{d}} + \frac{68}{\mathrm{Re}})^{0.25}$ Altşulyň hem-de $\delta < \Delta_{ekw}$ bolsa (doly büdür-südür garşylykly zolak) $\lambda = \frac{0.021}{\mathrm{d}^{0.3}}$ Şewelewiň formulalary boýunça kesgitlenilmelidir.

Şeýlelikde ýönekeý turbageçirijileriň (5.6) belgili esasy gidrawliki hasaplama formulasynyň akymyň esasy gidrawliki häsiýetnamalary derejesinde seredilýän ähli agzalary ylmy nukdaý-nazardan esaslandyryldy hem-de takyk kesgitlenildi.

Turbageçiriji ulgamlarynyň hususanda ýönekeý turbageçirijileriniň gidrawliki hasaplamalarynda olaryň ulanyş kadalaryny göz öňünde tutmak hem-de gidrawliki hasaplama usulyýetlerini häzirkizaman talaplara laýyklykda unifissirlemek maksady bilen, turbageçirijiniň uzynlyk sürtülme ýitgisiniň ululygyny kesgitleýän Darsiniň formulasyny turbulent kadanyň

soňky doly büdür-südür garşylykly zolagy üçin aşakdaky üýtgeşmeleri göz öňünde tutyp ýazalyň. Orta we kiçi şepbeşikli suwuklyklaryň we gazlaryň basyşly turbageçiriji ulgamlarynda $\lambda = f(\frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanyşyk boýunça kesgitlenilýän doly büdür-südür garşylyk zolagy has köp duş gelýändir. Köplenç halatlarda garşylyk zolagy kwadratly ýa-da awtomodel garşylyk zolagy hem diýilip atlandyrylýar. Bu atlar naporyň ýitgisiniň akymyň tizliginiň kwadratyna, $h_e = f(\vartheta^2)$, baglylygyny beýan edýän atlardyr.

Onda, darsiniň naporynyň uzynlyk ýitgisini kesgitleýän formulasynda $\lambda = \lambda_{kw}$ hem-de (5.9) belgili aňlatmadan tizligiň ýerine $\vartheta = \frac{4Q}{\pi d^2}$ bahasyny goýup alarys:

$$h_e = 1.1 \cdot \frac{\lambda_{kw} l}{d} \cdot \frac{16Q^2}{2g\pi^2 d^4} = 1.1 \cdot \frac{8\lambda_{kw}}{g\pi^2 d^5} lQ^2 = 1.1 S_0 lQ^2 \qquad (5.10)$$

Bu ýerde

$S_0 = \frac{8\lambda_{kw}}{g\pi^2 d^5}$ – turbageçirijiniň udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy. Bu ululyk ölçeglidir we akymyň mukdarynyň m^3/sek ölçeg birliginiň kwadratynyň ters ululygyna deň (sek/m^3) ölçeg birligi bardyr.

Degişli TDS-nyň sortament belgisi boýunça hasaba alynýan turbalaryň udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy, onuň esasy gidrawliki häsiýetnamasy derejesinde turbalaryň pasportynda we degişli gidrawliki soragnama kitaplarynda getirilýär.

Turbalaryň udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygynyň ululygy turbanyň diametriniň ululygynyň 5-nji derejesine ters proporsionaldyr, ýagny, $S_0=f(d^{-5})$. Diýmek, turbanyň d diametri iki esse üýtgedilse, onuň sürtülme garşylygy ýa-da akymyň naporynyň ýitgisi 32 esse uýtgeýändir. Görşümiz ýaly, beýleki deň şertlerde, turbageçirijiniň garşylygynyň hem-de naporynyň ýitgisiniň ululyklary esasan onuň diametrine baglydyr. Diýmek islendik

akdyryjy ulgamyň turbalarynyň diametri, ulgamyň gurlyşyk-gurnama hem-de ulanyş işleriniň esasy baha emele getiriji görkezijisidir. Şonuň üçin $h_e = 1.1S_0lQ^2$ görnüşli (5.10) belgili formula turbageçirijiler gidrawlikasynyň 1-nji belgili formulasy hasaplanylýar.

Onda, ýönekeý turbageçirijiniň (5.6) belgili esasy gidrawliki hasaplama formulasy aşakdaky görnüşde ýazylyp biliner:

$$H_1 = H_2 + 1.1S_0lQ^2 \qquad (5.11)$$

Soňky, (5.11) belgili aňlatmada $S_0l = S$ bilen bellenilse, onda S-turbageçirijiniň doly uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy diýip atlandyrylýan gidrawliki görkezijini alarys hem-de soňky aňlatma aşakdaky görnüşe geler:

$$H_1 = H_2 + 1.1SQ^2 \qquad (5.12)$$

Şeýle-de, $S_0 = \frac{1}{K^2}$ bilen bellenilse, onda K-turbageçirijiniň mukdarynyň moduly ýa-da turbageçirijiniň mukdar häsiýetnamasy diýilip atlandyrylýan, mukdaryň ölçeg birligi bilen gabat gelýän hem-de turbageçirijiniň S_0 görkezijisi bilen deň derejede ulanylýan gidrawliki görkezijini alarys. Onda, ýönekeý turbageçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulasy şeýlede ýazyp biliner:

$$H_1 = H_2 + 1.1 \cdot \frac{lQ^2}{K^2} \qquad (5.13)$$

Aşakda, 5.1-nji tablisada suw, nebit hem-de gaz geçirijileri ulgamlarynda ulanylýan täze polat turbalaryň udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygynyň S_0 we mukdar häsiýetnamasynyň kwadratynyň K^2 ululyklary ($\lambda_{kw} =$

$0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{\mathrm{d}})^{0.25}$ üçin) getirilýär. (5.13) belgili formula, hususanda onuň $h_e = \frac{1.1lQ^2}{K^2}$ görnüşli ikinji bölegi, ýapyk akabaly basyşly geçirijileriň naporynyň uzynlyk sürtülme ýitgisini kesgitlemek üçin ulanylýan ýörgünli formulalaryň biridir. Şonuň üçin bu formula turbageçirijiler gidrawlikasynda 2-nji belgili formula hasaplanylýar.

Ýönekeý turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasynyň netijesi hökmünde onuň P-P pýezometriki çyzygy gurulýar (5.1-nji surat). P-P çyzyk ýokarda hasaplanylan H_1 hem-de berlen H_2 ululyklar boýunça gurulýar. Turbageçirijiniň islendik nokadynda onuň dik koordinaty akymyň doly gidrostatiki naporynyň ululygyny berer. Pýezometrik çyzygyň eňňitligi $i = \frac{(H_1 - H_2)}{l}$ akymyň gidrawliki eňňitligine deň bolar. Onuň ululygy boýunça kesgitlenilip bilinjek ululyklar, $H = h_f = h_e = il$, basyşly turbageçirijilerde hereketlendiriji naporyň akymda döreýän ýitgileri ýeňip geçmeklige sarp edilýänligini subut edýär.

Täze polat turbalaryň $\Delta_{ekw} = 0.1mm, \lambda_{\mathrm{kw}} = 0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{\mathrm{d}})^{0.25}$ udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygynyň S_0 we mukdar häsiýetnamalarynyň kwadratynyň K^2 ululyklary.

5.1-nji tablisa

Turbanyň diametri d, m	**Turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti λ**	**Turbageçirijiniň udel uzynlyk sürtülme garşylygy S_0, sek^2/m^6**	**Turbageçirijiniň mukdar häsiýetnamasynyň kwadraty K^2, m^6/sek^2**
0.10	0.0192	158.60	0.0063
0.15	0.0177	19.15	0.052
0.20	0.0164	4.21	0.238
0.25	0.0155	1.32	0.758
0.30	0.0148	0.504	1.984
0.40	0.0138	0.111	9.009

0.50	0.0130	0.0346	28.902
0.60	0.0124	0.0131	76.336
0.70	0.0120	0.00591	169.205
0.80	0.0116	0.00303	330.033
0.90	0.0113	0.00158	632.911
1.00	0.0110	0.00091	1098.901
1.20	0.0105	0.00035	2857.143
1.40	0.0101	0.00016	6250.000

5.3. Kwadratly däl garşylykly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary

Praktikada turbageçirijili akdyryjy ulgamlaryň kwadratly däl sürtülme garşylykly ýa-da ýylmanak hem-de doly büdür-südür garşylyga geçiş zolaklarynda işleýän pursatlary köp gabat gelýändir. Bu ýagdaý hususanda sarp edijiler bilen baglanyşykly işleýän agyz suwuny, ýyladylan suwy hem-de gazy akdyrýan turbageçirijilerde ulanyş pursatlarynyň 70÷80%-inde ýüze çykýar. Şonuň üçin kwadratly däl garşylykly naporly turbalaryň gidrawliki hasaplamalary akymlaryň hakyky gidrawliki garşylyk kadalaryny we zolaklaryny hökmany derejede hasaba almalydyrlar. Şeýlelikde 4.5 we 4.6-njy bölümlerde nygtalyşy ýaly, turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti $\lambda = f(\mathrm{Re}, -\frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanyşyga laýyklykda, turbageçirijiniň S_0 we K gidrawliki görkezijileri bolsa diňe onuň d diametrine

baglylykda kesgitlenilmän, eýsem turbageçirijidäki akymyň ϑ tizliginiň ululygynda göz öňünde tutmaly.

Onda (5.10) belgili, ýönekeý naporly turbageçirijide naporyň uzynlyk ýitgisi üçin ýazylan $h_e = 1.1S_0 lQ^2$ görnüşli formulada $S_0 = \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5}$ baglanyşygy turbulent akymyň islendik garşylyk zolagy üçin ýazyp hem-de formulanyň sag tarapyny $\frac{\lambda_{kw}}{\lambda_{kw}}$ gatnaşyga köpeldip, aşakdaky uniwersal hasaplama formulany alarys:

$$h = 1.1S_0 lQ_2 = 1.1\frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5}\cdot\frac{\lambda_{kw}}{\lambda_{kw}} lQ = 1.1\frac{\lambda}{\lambda_{kw}}\cdot\frac{8\lambda_{kw}}{g\pi^2 d^5} lQ^2 = 1.1\varphi S_0 lQ^2 \quad (5.14)$$

bu ýerde

$\varphi = \frac{\lambda}{\lambda_{kw}}$ – kwadratly däl garşylygyň ýa-da tizligiň düzediş koeffisiýenti ($h = f(\vartheta^n)$, $n < 2$).

Onda, ýönekeý naporly turbageçirijiniň esasy gidrawliki hasaplama uniwersal formulasy aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$H_1 = H_2 + 1.1\varphi S_0 lQ^2 \quad (5.15)$$

5.2-nji bölümde bellenilişi ýaly, (5.15) belgili we ondan öňki formulalarda S_0 - turbanyň kwadratly garşylyk zolagy üçin kesgitlenilýän hem-de normatiw resminamalarda getirilýän gidrawliki görkezijidir. Eger-de kwadratly däl garşylygyň düzediş koeffisiýentiniň ululygyny Aldşulyň $\lambda_{kw} = 0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{d})^{0.25}$ hem-de

$\lambda = 0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{d} + \frac{68}{Re})^{0.25}$ formulalaryny ulanyp kesgitlesek, onda:

$$\varphi = \frac{\lambda}{\lambda_{kw}} = (1 + \frac{68\,\nu}{\vartheta\Delta_{ekw}})^{0.25} \quad (5.16)$$

Şeýle-de φ− düzediş koeffisiýentiniň ululygyny Şewelýewiň tejribe derňewleriniň netijesinde alan formulasy boýunça kesgitläp bolar:

$$\varphi = \frac{1}{\vartheta^{0.2}} \qquad (5.17)$$

Şewelýew (5.17) belgili formulany akymyň hakyky tizligi $\vartheta < 1.2m/sek$ bolan ähli suw geçiriji turbalarda ulanmaklygy makul bilýär.

Aşakda 5.2-nji tablisada φ düzediş koeffisiýentiniň hakyky ululyklary täze polat suw (Δ_{ekw}= $0.1mm$, $\vartheta = 0.01 \cdot 10^{-4} m^2/s$) geçirijileri üçin getirilýär.

5.2-nji tablisa

Suw ýa-da howa akymynyň tizligi, ϑ, m/sek	φ düzediş koeffisiýentiniň ululygy	
	Polat suw geçirijileri üçin	**Polat howa geçirijileri üçin**
0.01	2.88	5.6
0.1	1.67	3.16
0.5	1.24	2.14
1.0	1.14	1.82
2.0	1.08	1.56
3.0	1.05	1.44
4.0	1.04	1.37
5.0	1.03	1.31
10.0	-	1.19
20.0	-	1.10

50.0	-	1.05
100.0	-	1.02

5.4. Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplama meselelerniň görnüşleri

Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplama meseleleriniň görnüşleri we düzümi onyň plan-shematiki şekiline, ýerli geodeziki şertlere, başlangyç we ahyrky nokatlarynda naporlaryň tapawdyna hem-de turbageçirijiniň täzeden döredilýänligine ýa-da onyň öňden ulanylýanlygyna we beýleki köp faktorlara baglydyr. Meseleleriň aglaba görnüşlerinde turbageçirijileriň plan-shematiki şekili, olaryň uzynlygy, turbalaryň standart-sortament görkezijileri, materialy, içki diwarynyň büdür-südürlik häsiýetnamalary hem-de hili berlen ýa-da kabul edilýän görkezijilerdir. Gidrawliki hasaplamalaryň netijesinde kesgitlenilmeli görkezijileriň görnüşleri boýunça naporly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplama meseleleri üç görnüşe bölünýärler.

Gidrawliki hasaplama meseleleriň birinji görnüşinde berlen *l* uzynlykly, d diametrli turbageçirijiniň berlen Q mukdarly akymyny akdyrmak üçin talap edilýän H naporynyň ululygyny kesgitlemeli.

Bu meseleleriň esasy gidrawliki hasaplama çözgüdi (5.6), (5.11) ýa-da (5.13) formulalaryň gös-göni ulanylmagy bilen ýerine ýetirip biliner. Ýöne gidrawliki hasaplamalaryň takyk düzümi uzyn hem-de gysga turbageçirijileriniň aýratynlyk tapawutlaryny göz öňünde tutmalydyr.

Uzyn ýa-da magistral naporly turbageçirijiler üçin ýokarda agzalan çözgüt aşakdaky görnüşde ýerine ýetirler:

$$H_1 = H_2 + 1{,}1 S_0 l Q^2 \qquad (5.11)$$

ýa-da

$$H = H_1 - H_2 = 1{,}1 S_0 l Q^2 \qquad (5.18)$$

Gysga naporly turbageçirijiler üçin meseläniň çözgüdi (5.4) belgili deňlemeden gelip çykar:

$$H_1 - H_2 = h_f \qquad (5.4)$$

$$H = h_e + h_ý \qquad (5.19)$$

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}\left(\alpha + \frac{\lambda l}{d} + \sum\xi_ý\right) \qquad (5.20)$$

Soňky (5.18) we (5.20) hasaplama formulalarynda $S_0 = \frac{8\lambda_{kw}}{g\pi^2 d^5}$, α=1,1 turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti λ=f(Re;$\frac{\Delta_{ekw}}{d}$) baglanşyk esasynda gidrawliki sürtülme zolagyň görnüşine laýyklykda kesgitlenilmeli, $\sum\zeta_ý$ - gysga turbageçirijiniň plan-shematiki şekiline görä alynmaly ýerli guluşyk koýefisiýentleriniň jemi. Ýokardaky getirilýän formulalary ulanmak we çözmek üçin gerek bolan Re=$\frac{\vartheta \cdot d}{\nu}$, ϑ=$\frac{4Q}{\pi d^2}$, we beýleki ululyklar takyk kesgitlenilýärler.

Gidrawliki hasaplama meseleleriniň ikinji görnüşinde berlen *l* uzynlykly, d diametrli we H hereketlendiriji naporly turbageçirijiniň Q geçirijilik ukybyny kesgitlemeli.

Bu meseläniň çözgüdi (5.18) we (5.20) belgili formulalar boýunça degişlilikde uzyn we gysga naporly turbageçirijiler üçin ýerine ýetirilip biliner.

Onda uzyn naporly turbageçirijiler üçin:

$$Q = \sqrt{\frac{H}{1{,}1 S_0 l}} \qquad (5.21)$$

hem-de gysga turbageçirijiler üçin:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gH}{\alpha + \frac{\lambda l}{d} + \sum \xi_ý}} \qquad (5.22)$$

Birinji görnüşli meselelerden tapawutlylykda, (5.21) we (5.22) formulalarda λ, $\xi_ý$, koeffisiýentleri gös-göni kesgitlemek mümkinçiligi ýokdur, sebäbi näbelli Q mukdarly akymlarda esasy kesgitleýji görkezijiler bolan Re we ϑ hem näbelli ululyklardyr. Şonuň üçin mesele takmynandan synanşmak usuly bilen çözülip biliner. Onyň ilkinji synanşygyny turbageçirijileriň kwadratly gidrawliki garşylyk zolagy ýerine ýetirilmeli. Bilişimiz ýaly bu zolakda λ we $\xi_ý$ koeffisiýentler Re we ϑ ululyklara bagly däldirler.

Gidrawliki hasaplama meseleleriniň üçünji görnüşinde naporly turbageçirijiniň berlen l, H we Q ululyklaryny kanagatlandyrýan d diametriniň ululygyny kesgitlemeli.

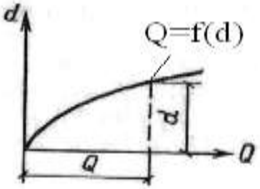
Goýulan meseläniň çözgüdi öňki meselelerde boluşy ýaly, (5.18) we (5.20) belgili formulalaryň kömegi bilen ýerine ýetirilip biliner. Emma ýokarda agzalan formulalar d ululyga görä çözülende dördünji we bäşinji derejeli deňlemeler alynar. Eger-de λ, $\xi_ý$ koeffisiýentleri kesgitlemek üçin ulanyllmaly Re we ϑ görkezijiler-de näbelli d diametriniň üsti bilen aňladylsa, onda hasaplanylşy has çylşyrymlaşýan transsendent deňlemelerini çözmek zerurlygy ýüze çykýar.

Şonuň üçin, goýulan meseleleri, ikinji görnüşli meselelerde bolşy ýaly, takmynandan yzygiderli synanşmak usuly bilen çözmeklik amatly hasaplanylýar. Şeýle bolanda, meseläniň ilkinji synanşyk çözgüdini kwadratly garşylyk zolagyndan başlamaklyk maslahatberilýär. Bu synanyşda Re, ϑ ululyklarykesgitlemek zerurlygy döremeýär.

Onda, (5.22) deňleme Q=f(d) görnüşe getirler, hem-de yzygiderlilikde turbageçirijiniň d_1, d_2,.... d_n synanyşyk ululyklary üçin çözüler:

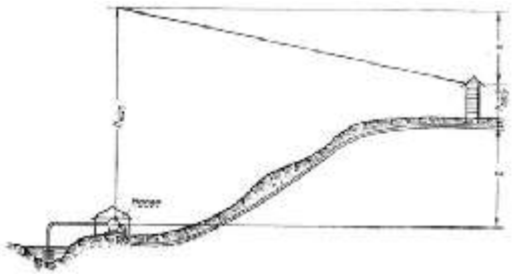
$$Q = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gH}{\alpha + f_1(d)\frac{l}{d} + \Sigma\xi_{ý}}} \quad (5.23)$$

Netijede Q=f(d) funksiýanyň grafiki şekilini gurmak mümkinçiligi dörär (5.2-nji surat). Bu grafikden turbageçirijiniň akymynyň berlen Q mukdaryny kanagatlandyrýan d diametriniň ululygy kabul ediler.



5.2-nji surat

Gidrawliki hasaplama meseleleriniň üçünji görnüşinde degişli nusgawy meseleleriň ýene-de birine seredeliň 5.3-nji suratda şekillendirilşi ýaly, uzyn magistral suw geçirijide berlen şertlerde (ulanyjynyň talap edýän erkin napory H_u,onuň ýerleşen geodeziki belgisi Z_u, nasosyň sorup alýan suwunyň geodeziki belgisi Z_s, turbageçirijiniň uzynlygy l) akymyň mukdarynyň Q ululygyny üpjün edýän nasosyň naporynyň H_n hem-de magistral suw geçirijiniň diametriniň ululyklaryny kesgitlemeli.


5.3-nji surat

Meselede beýan edilen akdyryjy ulgamyň 5.3-nji çyzgyda getirlen pýezometriki grafiginden görnüşi ýaly, magistral suw geçirijiniň başlangyç nokadynda ýerleşdirlen nasosyň döretmeli naporynyň H_a ululygy aşakdaky, gelip çykyş usuly boýunça (5.11) deňlemäni gaýtalaýan, deňleme boýunça kesgitlenliýär:

$$H_N=H_{st}+h_e \qquad (5.24)$$

Bu ýerde

H_{st}-nasos desgasynyň hemişelik statiki napory. Öz gezeginde H_{st} ululyk şeýle kesgitlenilýär.

$$H_{st}=(Z_u-Z_s)+H_u \qquad (5.25)$$

Akdyryjy ulgamyň turbageçirijilerinde döreýän napory uzynlyk ýitgisiniň ululygy (5.10) belgili aňlatma boýunça kesgitleniler:

$$h_e=1,1S_olQ^2 \qquad (5.10)$$

Onda, nasosly akdyryjy ulgamyň talap edilýän H_N başlangyç hereketlendiriji naporynyň ululygyny kesgitleýän deňleme aşakdaky görnüşe geler:

$$H_N=H_{st}+1,1S_olQ^2 \qquad (5.26)$$

Alynan hasaplama deňlemeden görnüşi ýaly, meseläniň netijeli çözgüdini üpjün edýän şertler ýeterlik däldir. Dogurdan hem, ulgamyň turbageçirijisiniň diametri minimal ululykda kabul edilende onuň gurluşyk bahasy B_g kiçeler, emma suwy akdyrmak üçin sarp edilýän ulanyş çykdajylary bu ululyklar turbageçirijiniň diametri maksimal ululyklarda kabul edilende ulgamyň ykdysady görkezijileri ters gatnaşykda üýtgeýärler. Şonuň üçin, ulgamyň turbageçirijisiniň diametiriniň esasy ykdysady görkezijileriň amatly gatnaşygyny üpjün edýändiginden ugur alyp, onuň ululygyny $B_g+B_u=f(d)$

funksiýanyň iň minimal bahasyna laýyklykda kabul edilmegi meseläniň takyk çözülendigini aňladar.

Şeýlelik-de, takyk tehniki-ykdysady hasaplama derňewleriniň netijesinde kesgitlenilen turbageçirijiniň diametriniň d ululygy iň amatly diametr bolar.

Ýokarda beýan edilen gidrawliki hasaplama çözgüdi diňe nasos we turbageçirijiler ulgamynyň işçi taslama çözgütleriniň esasynda ýerine ýeitirilip biliner. Gidrawliki hasaplama meseleleri derejesinde (5.26) belgili deňlemäniň çözgütleri diňe §5.2. beýan edilen basyşly suw geçirijiniň normatiw tizligi kabul edilende ýa-da beýleki çäklendiriji şertler ulanylanda ýerine ýetirilip biliner. Mysal üçin, nasosyň dredýän naporynyň H_N ýa-da turbageçirijiniň diametriniň d ululyklarynyň amatly çäkleri ýörite tehniki şertler derejesinde berlen ýa-da kabul edilen ýagdaýlarda mesele doly çözüler.

Köp sanly taslama we hasaplama çözgütlerini seljermegiň we ylmy nukdaý-nazardan derňemegiň netijesinde, professor W.G. Lobaçew nasosly turbageçirijileriň amatly diametiriniň ululygyny aşakdaky formula boýunça kesgitlenilmegini hödürleýär:

$$d=a\cdot Q^{0,42} \qquad (5.27)$$

bu ýerde:

a=0,8-1,2 çäklerde kabul edilýär hem-de, turbageçirijiniň ýerli gurluş we ulanyş şertlerini göz öňünde tutýan koeffisiýent;

Q-akymyň hasaplama mukdary, m^3/sek;

d-nasosly turbageçirijiniň amatly diametri, m.

5.5. Deşikli turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy

Üýtgemeýän d diametrli naporly turbageçirijiniň l uzynlykly AB böleginde akdyrylýan suwuklygyň Q_l mukdary deşikler arkaly üznüksizpaýlanýar.

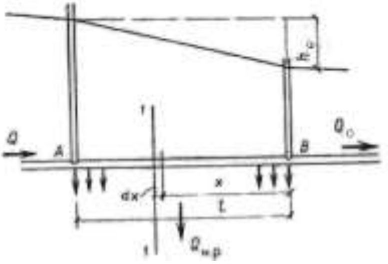
Onda turbageçirijiniň AB böleginde Q_l mukdar önümligi $q_l=Q_l/l$ ululykda üznüksiz paýlaýar hem-de doly sarp edilýär.

Suwuklyk akymynyň Q_o mukdary bolsa turbageçirijiniň deşikli böleginden üýtgemeýän ululykda göni geçýär. Turbageçirijiniň başlangyç A nokadynda akymyň umumy Q mukdary

$$Q=Q_o+Q_l \qquad (5.28)$$

Turbageçirijiniň B nokadynda akymyň umumy mukdary diňe göni geçýän ýa-da tranzit mukdardan ybaratdyr.

$$Q=Q_o \qquad (5.29)$$



5.5-nji surat

Deşikli turbageçirijiniň AB böleginde akymyň naporynyň ýitgisini kesgitläliň. Turbageçirijiniň B nokadyndan χ aralykda 1-1 kesiginden dx elementar uzunlykly bölejikde ýüze çykýan dh_e naporyň ýitgisiniň ululygyny aşakdaky formula boýunça kesgitläp bolar:

$$dh_e=S_o Q_1^2 dx \qquad (5.30)$$

bu ýerde Q-1-1 kesikde akymyň umumy hasaplama mukdary;

onuň ululygy

$$Q_l = Q_o + Q_l \frac{\chi}{l} \qquad (5.31)$$

Onda

$$dh_e = S_o \left(Q_o + Q_l \frac{\chi}{l}\right)^2 dx \qquad (5.32)$$

Soňky diferensal deňlemäni turbageçirijiniň uzynlygyny 0-l çäklerinde integrirläp alarys.

$$h_e = \int_0^l \left(Q_o^2 + 2Q_o Q_l \frac{\chi}{l} + \frac{Q_l^2 x^2}{l^2}\right) S_o dx$$

Turbageçirijiniň udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylyklaryny S_o kwadratly sürtülme zolagy üçin hemişelik ululyk hasaplap alarys.

$$h_e = s_o l Q_o^2 + S_o \frac{Z Q_o Q_l l^2}{2l} + S_o \frac{Q_l^2 l^3}{3l^2}$$

ýa-da

$$h_e = \left(Q_o^2 + Q_o Q_l + \frac{Q_l^2}{3}\right) S_o l \qquad (5.33)$$

Eger-de AB deşikli turbageçirijide hakyky gidrawliki sürtülme garşylyk zolagy kwadraty däl zolaklarda bolsa, onda hasaplama formulalarynda degişli φdüzediş koeffisiýýentine ulanylar.

(5.33) belgili formula üstünden göni geçýän (tranzit) Q_o mukdarly deşikli naporly turbageçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulasydyr. Bu formula ýönekeý naporly turbageçirijiniň esasy gidrawliki hasaplama formulasynyň görnüşine getirilip biliner. Dogurdan hem $(Q_o^2 + Q_o Q_l + \frac{Q_l^2}{3}) = Q_{d.h}^2$ deşikli turbageçirijiniň aymynyň hasaplama mukdary diýilip kabul edilse, onda

$$h_l = S_o l Q_{d.h}^2 \qquad (5.34)$$

Öz gezeginde $Q_{d.h}^2 = (Q_o + 0{,}55Q_l)^2$ bolar onda $Q_{d.h}=Q_o 0{,}55Q_l$, ýagny, tranzit mukdarly deşikli naporly turbageçirijileriň akymynyň hasaplama mukdarydoly tranzit hem-de ululykly üznüksiz paýlanýan mukdarlaryň jemine deňdir.

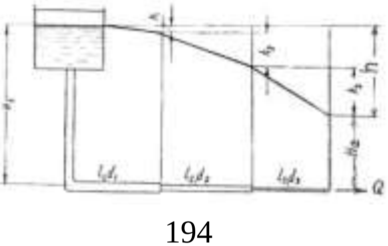
Eger-de deşikli turbageçirijilerde göni geçýän tranzit mukdar bolmasa, ýagny $Q_o=0$, onda $Q_{d.h}=0{,}55Q_l$ bolar ýa-da $Q_{d.h}^2 = \frac{Q_l^2}{3}$ bolar. Onda (5.33) hem-de (5.34) belgili gidrawliki hasaplama formulalary aşakdaky görnüşde ýazylarlar:

$$h_l = \frac{1}{3} S_0 l Q_l^2 \qquad (5.35)$$

Soňky (5.35) belgili formuladan görnüşi ýaly, diňe üznüksiz paýlamaýan Q_l mukdarly deşikli turbageçirijilerde naporyň uzynlyk ýitgisi deň diametrli we deň akym mukdarly ýönekeý turbageçirijileriň naporynyň ýitgisinden 3 esse kiçidir.

5.6. Yzygiderli birleşdirlen çylşyrymly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy

Yzygiderli birleşdirlen üç sany dürli diametrli hem-de dürli uzynlykly ýönekeý turbageçiriji böleklerden ybarat bolan çylşyrymly suwuklyk akdyryjy ulgama seredeliň. Bu ulgamyň shematiki şekili we pýezometriki çyzygy 5.6-njy suratda şekillendirlen.



5.6-njy surat

Turbageçirijilerde we tutuş akdyryjy ulgamda akymyň Q mukdary hemişelik ululygyny saklaýar.

Seredilýän akdyryjy ulgamyň pýezometriki çyzyklaryndan görnüşi ýaly, yzygiderli birleşdirlen turbageçirijilerde naporyň umumy ýitgisi h turbageçiriji bölekleriň naporlarynyň ýitgileriniň jemi görnüşinde kesgitlenilýär, ýagny

$$h=h_1+h_2+h_3 \quad (5.36)$$

Onda yzygiderli birleşdirlen naporly turbageçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulasy §5.2 jikme-jik seredilen ýönekeý naporly turbageçirijileriň (5.10) belgili formulasyna meňzeşlikde aşakdaky görnüşlerde ýazylyp biliner:

$$H_1=H_2+h \quad (5.37)$$

$$H_1=H_2+h_1+h_2+h_3 \quad (5.38)$$

$$H_1=H_2+1,1S_{0.1}l_1Q^2+1,1S_{0.2}l_2Q^2+1,1S_{0.3}l_3Q^2 \quad (5.39)$$

$$H_1=H_2+1,1(S_{0.1}l_{1+}\ S_{0.2}l_{2+}\ S_{0.3}l_3)Q^2 \quad (5.40)$$

$$H_1 = H_2 + 1,1(\sum_{i=1}^{n} S_{oi}\ l_i)Q^2 \quad (5.41)$$

Bu ýerde S_{o1}, S_{o2}, S_{o3} - yzygiderli birleşdirlen ýönekeý turbageçirijileriň kwadratly garşylyk zolagy üçin alynan udel uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylyklar 1,1- ýerli gidrawliki garşylyklary hasaba alýan koeffisiýenti.

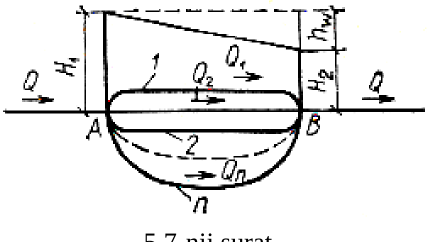
Ýokarda alynan (5.40) belgili formula yzygiderli birleşdirilen üç sany bölekden ybarat bolan naporly turbageçirijileriň esasy gidrawliki formulasydyr. (5.41) belgili formula bolsa yzygiderli birleşdirilen n böleklerden ybarat bolan naporly turbageçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama

formulasynyň umumy görnüşidir. Bu formula (5.37) belgili deňlemä laýyklykda H_1-H_2=h hem-de $\sum_{i=1}^{n} S_{oi} l_i = S$ (ulgamyň doly uzynlyk gidrawliki sürtülme garşylygy) bellikleri girizsek onda ulgamyň geçirijilik ukybynyň ululygy üçin aşakdaky formulany alarys:

$$Q = \sqrt{\frac{h}{S}} \qquad (5.42)$$

5.7. Parallel birleşdirilen turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy

Parallel birleşdirilen turbageçirijileriň A aýrylýan hem-de B birikýän umumy nokatlary bolýandyr. Akymyň umumy mukdary Q esasy turbageçirijilerde (A nokada çenli we B nokatdan soňky) deň ylylykdadyrlar. Parallel birleşdirilen turbageçirijileriň shemasy we pýezometriki çyzgy 5.7-nji suratda şekillendirilen.



5.7-nji surat

Suratda görkezilen parallel ýönekeý turbageçirijileriň uzynlyklarynyň diametriniň hem-de akymlaryň mukdarlarynyň

dürlidigine garamazdan olaryň naporlarynyň ýitgilerini özara deňdirler, ýagny:

$$H_1 - H_2 = h_f = h_1 = h_2 = h_3 = \cdots = h_n \qquad (5.43)$$

Bu ýerde

H_1 –turbageçirijileriň başlangyç A nokatdaky pýezometriki napory;

H_2 –turbageçirijileriň ahyrky B nokatdaky pýezometriki napory;

h_f –Bernulliniň deňlemesinde getirilýän naporyň umumy ýitgisi;

$h_{1,}\ h_2, h_3, \dots, h_n$ –parallel birleşdirilen ýönekeý turbageçirijileriniň degişlilikde naporlarynyň umumy ýitgileri. 5.2-nji bolümde ýaly ýitgiler uzyn naporly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplama formulasy boýunça kesgitlenilmelidir, ýagny:

$h_f = 1.1h_e = 1.1S_0 lQ^2$. Onda, parallel birleşdirilen turbageçirijileriň her biri üçin ýazyp bolar:

$$\begin{aligned} h_1 &= 1.1S_{0.1}l_1{Q_1}^2 \\ h_2 &= 1.1S_{0.2}l_2{Q_2}^2 \\ h_3 &= 1.1S_{0.3}l_3{Q_3}^2 \qquad (5.44) \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ h_n &= 1.1S_{0.n}l_n{Q_n}^2 \end{aligned}$$

Soňky formulalardan parallel turbageçirijileriň akymlarynyň mukdarlaryny kesgitläp bolar:

$$\left.\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{\frac{h_f}{1.1S_{0.1}l_1}} \\ Q_2 &= \sqrt{\frac{h_f}{1.1S_{0.2}l_2}} \\ Q_3 &= \sqrt{\frac{h_f}{1.1S_{0.3}l_3}} \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ Q_n &= \sqrt{\frac{h_f}{1.1S_{0.n}l_n}} \end{aligned}\right\} \quad (5.45)$$

Parallel turbageçirijileriň ýokarda getirilen birleşdiriş şertine laýyklykda ýazyp bolar:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad (5.46)$$

Onda (5.44) we (5.45) belgili formulalary bilelikde seredip alarys:

$$Q = \sqrt{\frac{H_1 - H_2}{1.1(S_{0.1}l_1 + S_{0.2}l_2 + S_{0.3}l_3 + \dots +)S_{0.n}l_n}} \quad (5.47)$$

Ýa-da umumy görnüşde:

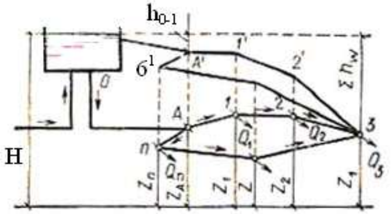
$$Q = \sqrt{\frac{H_1 - H_2}{1.1\sum_{i=1}^{n} S_{0.i}l_i}} \quad (5.48)$$

Alynan (5.47) we (5.48) belgili formulalar parallel birleşdirilen turbageçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulalarydyr. Formulalardaky $S_{0.1}, S_{0.2}, S_{0.3}, \dots, S_{0.n}$ ululyklar turbageçirijileriň kwadratly gidrawliki garşylyk zolagy üçin alynan udel yzynlyk sürtülme garşylygydyr. Egerde turbageçirijileriň ýa-da olaryň aýratyn şahalaryna garşylyk zolagy kuwwatly däl kada bilen gabat gelýän bolsa, onda 5.3-nji bölümde jikme-jik düşündirilişi ýaly (5.44) belgili formula ψ düzediş koeffisiýentleri ulanylmalydyr.

5.8. Turbageçirijiler setleriniň gidrawliki hasaplamalary

Turbageçirijiler setleri (torlary) şäherlerde ýa-da beýleki ilatly punktlarda agyz suwyny, gazy, ýyladylan suwy merkezleşdirlen görnüşde sarp edijilere paýlamak üçin ulanylýan akdyryjy ulgamlardyr. Olar plan-shematiki şekili boýunça halka, şahaly hem-de kombinirlenen görnüşlerde bolup bilerler.

Halka görnüşli turbageçirijiler seti 5.8-nji suratda şekillendirlen.



5.8-nji surat

Bu turbageçirijiler seti 1-2-3-4 hem-de 1-6-5-4-ugurlar boýunça yzygiderli birleşdirlen umumy ýagdaýda diametrleriniň ululyklary bilen tapawutlanýan alty sany halka görnüşde ýönekeý naporly turbageçirijiden ybaratdyr. Akymyň hereket ugurlary hem-de aýry-aýry turbageçirijileri üçin akymyň hakyky hasaplama mukdarlary sarp edijileriň talabyna laýyklykda kabul edilen Q_2, Q_3,Q_4, Q_5,Q_6 degişli düwün mukdarlarynyň ululyklaryna laýyklykda kesgitlenýärler. Mysal üçin, 1-2 turbageçirijiniň akymynyň hasaplama mukdary $Q_{1-2}=Q_2+ Q_3+ \alpha_1 Q_4$ ýa-da 1-6 bölegiň akymynyň mukdary $Q_{1-6}=Q_6+ Q_5+ \alpha_2 Q_4$. Bu ýerde 4-nji düwün halkanyň soňky ýygnaýjy hem-de gidrawliki manyda höküm ediji düwündir. Ol Z_4, Q_4 hem-de $\sum l_{1-2-3-4}$ we $\sum l_{1-6-5-4}$ ululyklary deňeşdirmegiň nukdaý-nazardan iň amatsyz düwün hökminde kabul edilýär. Bu düwüniň talap edýän Q_4 mukdary 1-2-3-4 hem-de 1-6-5-4 ugurlar boýunça üpjün edilýändigi sebäpli ýokardaky mysaly hasaplamalardaky getirilen $\alpha_1+\alpha_2=1.0$ şerte esaslanyp alynýar.

Halka görnüşli turbageçirijiler setleriniň gidrawliki hasaplamasynyň esasy meselesi, berlen l_i, d_i hem-de Z_i ululyklara görä sarp edijileriň talaplaryna laýyklykda kabul edilen Q_i düwün mukdarlarynyň ululygyny üpjün edýän başlangyç naporyň H ululygyny kesgitlemekdir. Bu gidrawliki hasaplama çözgütleri halka görnüşli turbageçirijiler setiniň aşakdaky kanunlaryna esaslanmalydyr:

1. Halkanyň islendik düwüninde oňa gelýän we ondan gidýän (şol sanda sarp edilýän) akymlaryň mukdarlarynyň algebraik jemi nola deňdir, ýagny

$$\pm\sum Q_{düwün}=0 \qquad (5.48)$$

2. Halkanyň akym ugurlary boýunça naporyň ýitgileriniň algebraik jemi nola deňdir, ýagny

$$\pm\sum h=0 \qquad (5.49)$$

5.8-nji suratda 0′1′2′3′4′5′6′ çyzyklar berlen halka görnüşli turbageçirijiler setiniň pýezometriki grafigidir. Bu grafikden görnüşi ýaly, goýulan meseläniň esasy çözgüdi aşakdaky görnüşde ýazylyp bilner:

$$H=Z_4+\sum h \qquad (5.50)$$

Bu ýerde

$\sum h$-0-1-2-3-4 ýa-da 0-1-6-5-4 akym yzygiderli birleşdirlen ýönekeý naporly turbageçirijileriň ugurlary boýunça naporyň ýitgileriniň jemi. Onda, $\sum h$ aşakdaky görnüşlerde kesgitlenip biliner:

$$\sum h=h_{0-1}+h_{1-2}+h_{2-3}+h_{3-4} \qquad (5.51)$$

ýa-da

$$\sum h=h_{0-1}+h_{1-6}+h_{6-5}+h_{5-4} \qquad (5.52)$$

Şeýlelikde (5.50) belgili deňleme aşakdaky görnüşlerde ýazylyp biliner:

$$H=Z_4+ h_{0-1}+ h_{1-2}+ h_{2-3}+ h_{3-4} \quad (5.53)$$

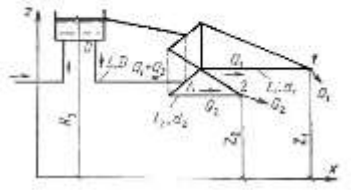
ýa-da

$$H= Z_4+ h_{0-1}+ h_{1-6}+ h_{6-5}+ h_{5-4} \quad (5.54)$$

Alynan (5.53) we (5.54) belgili formulalar halka görnüşli turbageçirijiler setiniň esasy gidrawliki hasaplama formulasydyr. Bu formulalara girýän turbageçirijilere bölekleriniň naporlarynyň ýitgileri. §5.2 we §5.3 jikme-jik seredilen gidrawliki hasaplama usullaryna laýyklykda kesgitlenilýär. Halkalaýyn geçirlen turbageçirijiler setlerinde, (5.51) we (5.52) hem-de (5.53) we (5.54) belgili formulalar boýunça kesgitlenilen ululyklar degişlilikde özara deň bolmalydyrlar. Eger-de bu şert ýerine ýetirilmese, onda gidrawliki nukdaý-nazardan "ýüklenen" ugurlaryň ýa-da aýry-aýry turbageçirijileriň diametrleriniň ululyklary gaýtadan seredilmelidir.

Köp halkaly turbageçirijiler setlerinde kiçi we uly konturly halkalar boýunça naporyň ýitgilerini deňlemek prossesi ýokarda getirlen prinsipde ähli halkalar üçin özara baglanşyklykda we umumy utgaşdyrma usulynda ýerine ýetirilmelidir.

Şahaly turbageçirijiler setiniň şekilli 5.9-njy suratda getirilen. Bu turbageçirijiler seti jemi üç sany yzygiderli birleşdirlen ýönekeý naporly turbageçirijilerden ybarat bolup, 0-1-2 hem-de 0-1-3 ugurlar boýunça şahalanýar. Akym ugurlarynyň hem-de aýry-aýry turbageçirijileriň akymynyň hasaplama mukdarlary 2 we 3 sarp ediji düwünleriň talap edýän mukdarlaryna baglylykda kesgitlenilýär, ýagny, $Q_{0-1}=Q_1+Q_2$; $Q_{1-2}=Q_2$; $Q_{1-3}=Q_3$



5.9-njy surat

Şahaly turbageçirijiler setleriniň gidrawliki hasaplamasynyň esasy meselesi, setiň berlen Z_i,l_i,d_i ululyklara laýyklykda onuň ahyrky sarp ediji düwünleriniň talap edýän Q_i mukdaryny üpjün edýän başlangyç naporynyň H ululygyny kesgitlemekdir.

Seredilýän şahaly turbageçirijiler setiň pýezometriki 0′-1′-2-3 grafikden görnüşi ýaly, turbageçirijiler şahalarynyň 0-1-2 hem-de 0-1-3 ugurlary boýunça ýokarda goýulan meseläniň çözgüdini aşakdaky deňlemelere esaslanyp ýerine ýetirip bolar:

$$H=Z_2+h_{0-1}-h_{1-2} \qquad (5.55)$$

ýa-da

$$H= Z_3+h_{0-1}-h_{1-3} \qquad (5.56)$$

(5.55) we (5.56) belgili formulalar şahaly turbaeçirijiler setleriň esasy gidrawliki hasaplama formulalary bolup bilerler. Ýöne olar deň derejede setiň kesgitleýji şahalarynyň gidrawliki hasaplama formulasy bolup bilmezler. Şahaly turbageçirijileriň kesgitleýji ugry diýilip onyň başky O düwünini setiň ahyrky hüküm ediji ýa-da ýerleşiş Z beýikligi, talap edýän mukdarynyň Q ululygy hem-de düwünleri birleşdiriji turbageçirijileriň uzylygy boýunça amatsyz ýerleşen düwüniň şahasyna aýdylýar.

Biziň seredýän mysalymyzda (5.9-njy surat) 0-1-2 ugur setiň kesgitleýji şahasy höküminde kabul edilip biliner. Sebäbi mümkin bolan 0-1-2 we 0-1-3 ugurlardan Z_2 hem-de ℓ_{1-2} görkezijileri boýunça 2-nji düwün setiň gidrawliki manyda

höküm ediji düwündir. Onda, şahaly turbageçirijiler setiniň başky naporynyň hakyky ululygyny diňe (5.55) belgili formula boýunça kesgitläp bolar.

(5.55) belgili formula boýunça ýerine ýetirilýän hasaplamada 0-1 we 1-2 belgili ýönekeý turbageçirijileriň naporlarynyň ýitgileri §5.2-de getirlen hasaplama usulýetine laýyklykda kesgitlenilmelidir, ýagny.

$$h_{0\text{-}1}=1{,}1S_{0\text{-}1}\ell_{0\text{-}1}Q^2_{0\text{-}1} \qquad (5.57)$$

$$h_{1\text{-}2}=1{,}1S_{1\text{-}2}\ell_{1\text{-}2}Q^2_{1\text{-}2} \qquad (5.58)$$

bu ýerde

$S_{0\text{-}1}$, $S_{1\text{-}2}$-ýönekeý turbageçiriji bölekleriniň diametriniň ululyklaryna baglylykda kabul edilýän udel uzynlyk sürtülme garşylyklar.

Setiň 1 belgili düwüninde pýezometriki naporyň H_1 ululygyny kesgitleýäris.

$$H_1=Z_2+h_{1\text{-}2} \qquad (5.59)$$

ýa-da

$$H_1=H-h_{0\text{-}1} \qquad (5.60)$$

Hasaplamanyň ahyrky tapgyrynda setiň 1-3 belgili ýönekeý şahasynyň diametrini saýlaýarys. Şahanyň $h_{1\text{-}3}=H_1-Z_3$ ululyga deň bolan naporynyň berlen ýitgisine laýyklykda kesgitlenilýän udel uzynlyk sürtülme garşylygyň $S_{1\text{-}3}$ ululygy boýunça kabul edilýän diametriň çözülýän meseläniň ayrky netijesidir, ýagny.

$$S_{1-3}=\frac{H_1-Z_3}{1{,}1\,\ell_{1-3}\cdot Q_{1-3}^2} \qquad (5.61)$$

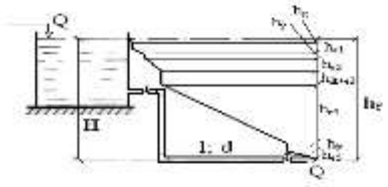
Kesgitlenilýän $d_{1\text{-}3}$ diametr $S_{1\text{-}3}$ ululygy boýunça $S_{o.kw}=f(d)$ grafiklerden kabul edilmelidir.

Şahaly turbageçirijiler setiň ýokarda ýazylyp beýan edilen gidrawliki hasaplama usuly setiň şahalarynyň gidrawliki

nukdaý-nazardan deňölçegli ýüklenmesini üpjün edýän hasaplama usulydyr.

Kombinirlenen turbageçirijiler setleriniň gidrawliki hasaplamalary, ýokarda seredilen halka görnüşli hem-de şahaly turbageçirijiler setleriniň bilelikde, bütewi akdyryjy ulgam görnüşinde seredilmeginiň netijesinde ýerine ýetirilmelidir.

5.9. Gysga turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary



5.10-njy surat

Gysga turbageçirijileriniň gidrawliki hasaplamalarynyň umumy usulyýet meseleleri §4.2 we §4.3 seredilipdi. Olaryň esasy hasaplama ýörelgeleri aşadakylar:

özara deňululyklarda hasaplanylýan uzynlyk sürtülme h_l hem-de ýerli $h_ý$ ýitgileriň jemi görnüşinde kesgitlenilmeli;

- gysga turbageçirijilerde naporyň umumy h_f-ýitgisiniň ululygy Darsi-Wesbahyň birleşdirlen formulasy boýunça kesgitlenillmeli.

Şeýlelikde, gysga turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasynyň esasy ýörelgesi we formulasy aşakdaky görnüşde ýazylyp biliner:

$$h_f = h_l + h_ý = \frac{\lambda\ell}{d}\cdot\frac{v^2}{2g} + \sum\xi_ý\frac{v^2}{2g} = \left(\frac{\lambda\ell}{d} + \sum\xi_ý\right)\frac{v^2}{2g} \qquad (5.62)$$

bu ýerde

λ-turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti, $\lambda = f(Re, \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanşyga laýyklykda kesgitlenýär.

$\sum\xi_ý$-gysga turbageçirijidäki ýerli garşylyk koeffisiýentleriniň jemi.

ϑ- akymyň orta tizligi. $\vartheta=\frac{Q}{\omega}=\frac{4Q}{\pi d^4}$

Gysga turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasynyň esasy meselesi berlen ℓ, d, H ululyklara laýyklykda ulgamyň geçirijilik ululyklara Q ululygyny kesgitlemekdir.

Gysga turbageçirijileriň nusgawy mysaly görnüşinde kabul edilip 5.10-njy suratda şekillendirlen mysala seredeliň.

Hemişelik beýiklik derejeli suwuklyk saklanýan naporly gapdan uzynlygy ℓ, diametri d bolan turbadan suwuklyk H ululykly başlangyç hereketlendiriji naporyň täsiri bilen erkin akyp çykýar. Turbanyň soňky bölegi gorizontal tekizlikde ýerleşen, onyň başlangyç kesigi suwuklykly gabyň gapdal diwarynda alynan d diametrli deşige birleşdirlen. Turbada iki sany ýapyjy armatura (zadwižka) we iki sany göniburçly tirsek ulanylan.

Seredilýän gysga turbageçirijileriniň pýezometriki grafiginden görnüşi ýaly, onyň H ululykly başky napory esasan turbada döreýän uzynlyk sürtülme h_l hem-de ýerli garşylyklary $h_ý$ ýeňip geçmek üçin sarp edilýär. Dogrydan hem, gapdaky suwuklygyň hemişelik H beýiklik derejeli üst hem-de turbanyň ahyrky kesikleri üçin Bernulliniň deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$H=\frac{\alpha v^2}{2g}+h_f \qquad (5.63)$$

bu ýerde ϑ-turbadaky suwuklyk akymynyň orta tizligi

h_f-gysga turbageçirijilerde naporyň umumy ýitgisi.

Onda h_f-ýitginiň ululygyny (5.62) belgili aňlatmadan kabul edip alarys:

$$H=\left(\alpha+\frac{\lambda\ell}{d}+\sum\xi_ý\right)\frac{v^2}{2g} \qquad (5.64)$$

ýa-da $\vartheta=\frac{Q}{\omega}$ göz öňüde tutup:

$$H = \left(\alpha + \frac{\lambda\ell}{d} + \sum\xi_{ý}\right)\frac{Q^2}{\omega^2 2g} \qquad (5.65)$$

Soňky (5.65) belgili deňlemeden, gysga turbageçirijileriň geçirijilik ukybynyň Q ululygy üçin alarys:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\alpha+\frac{\lambda\ell}{d}+\sum\xi_{ý}}}\,\omega\sqrt{2gH} \qquad (5.66)$$

ýa-da

$$Q = \mu_u\omega\sqrt{2gH} \qquad (5.67)$$

Bu ýerde

μ_u-gysga turbageçiriji ulgamyň mukdar koeffisiýenti

$$\mu_u = \frac{1}{\sqrt{\alpha+\frac{\lambda\ell}{d}+\sum\xi_{ý}}} \qquad (5.68)$$

Ýokarda alynan we seredilen ulgamyň μ_u mukdar koeffisiýentiniň takyk ululygy aşakdaky görnüşde kesgitleniler.

$$\mu_u = \frac{1}{\sqrt{\alpha+\frac{\lambda\ell}{d}+\xi_d+2\xi_z+2\xi_t}} \qquad (5.69)$$

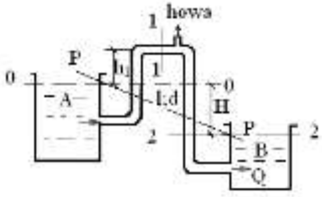
bu ýerde ξ_d, ξ_z, ξ_t-deşigiň zadwižkanyň we tirsegiň ýerli garşylyk koeffisiýentleri. Ýokarda alynan (5.66) we (5.67) belgili formulalar gysga turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalarynyň esasy formulalarydyr. Olar uniwersal häsiýete eýedirler. Eger-de $\ell = 0$ bolsa mesele suwuklyklaryň kiçi deşiklerdäki hereketine getirilýär. Onda deşikden akyp çykýan suwuklygyň mukdary $Q = \mu_d\omega\sqrt{2gH}$ bolar, bu ýerde $\mu_d = \frac{1}{\sqrt{\alpha+\xi_d}}$ - kiçi mukdar koeffisiýenti, H - deşikdäki akymy hereketlendiriji gidrostatiki napor ýa-da deşigiň çuňlugy. Eger-de turbageçirijiniň ℓ uzynlygy has uly bolsa, onda $\mu_u = \frac{1}{\sqrt{\lambda\ell/d}}$

kabul edip bolar hem-de akdyryjy ulgam uzyn ýa-da magistral turbageçiriji diýlip atlandyrylar. Bu ulgamyň hasaplama formulasy $Q = \frac{1}{\sqrt{\lambda\ell/d}} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2gH}$ görnüşde başlangyç H napora görä

$H = \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5}\ell Q^2 = S_0\ell Q^2 = \frac{\ell Q^2}{K^2}$ görnüşe getirilip biliner.

Gysga turbageçirijileriň käbir üýtgeşik aýratynlykly mysallaryna seredeliň.

Siffon turbageçirijileriň suwuklygy akdyrmak üçin akymda döreýän wakuumetriki basyşyň sorujy häsiýetinden peýdalanýarlar. Olar suw howdanlaryndan we magistral kanallardan suw almakda howdanlary we rezerwuarlary boşatmakda gidrihimiki desgalarda artyk suwy zyňmakda demirýol çeleklerini we nebit rezerwuarlaryny boşatmakda we arassalamakda giňden ulanylýar.



5.11-nji surat

5.11-nji suratda şekillendirilişi ýaly, ℓ uzynlykly we d diametrli siffon turbageçirijisi suwuklygy ýokarda ýerleşen A howuzdan aşakdaky B howuza akdyrýar. Turbageçirijiniň ℓ uzynlyk başlangyç bölegi A howuzyň derejesinde, h beýiklikde ýerleşdirilen. Howuzlaryň beýiklik derejeleri H tapawudy, siffon turbageçirijileriň hereketlendiriji naporydyr. Bu napor esasan turbageçirijiniň akymynda döreýän gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmek üçin sarp edilýändir.

Ýokarda getirilen şertlerde siffon turbageçirijisiniňgeçirijilik ukyby (5.87) belgili formula boýunça kesgitleniler, onuň mukdar koeffisiýentiniň ululygy aşakdaky formula boýunça hasaplanylar:

$$\mu_u = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{\lambda\ell}{d}+\xi_g+2\xi_t+2\xi_ç}} \qquad (5.70)$$

Bu ýerde

λ –siffon turbageçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti $\lambda = f(Re; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanyşyk esasynda kesgitlenilýär:

$\xi_g, \xi_t, \xi_ç$ –siffon turbageçirijiniň degişlilikde girme, tirsekwe çykma ýerli garşylyk koeffisiýentleri.

Siffon turbageçirijiniň akymynyň basyşy položitel we otrisatel ululyklarda bolup bilýändir. Onuň P-P pýezometriki çyzygy (5.11-nji surat) basyşlaryň çäklerini kesgitleýän çyzykdyr. Siffon turbageçirijiniň P-P çyzykdan ýokardaky bölegi otrisatel ýa-da wakuumetriki basyşly sorujy bölegidir.

Siffon turbageçirijiniň gidrawliki hasaplamalarynyň hökmany suratda ýerine ýetirilmeli çözgütleriniň biri onuň iň ýokary h beýiklik derejesini takyk kesgitlemekdir. Bu beýiklik siffonyň sorujy beýikligi ýa-da suwuklygyň galdyrylmaly aňryçäk beýikligi diýilip atlandyrylýar. Sorulýan suwuklygyň hasaplama derejesine görä siffon turbageçirijileriň h beýikligi, 0-0 we 1-1 kesikler üçin ýazylan Bernulliniň deňlemesinden gelip çykýan kanuna laýyklykda kesgitlenilip biliner: siffon turbageçirijiniň döredýän wakuumetriki sorujy $(P_a - P_1)/\rho g$ basyşy, suwuklygy h beýiklige galdyrmaklyga turbageçirijide akymyň $\frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g}$ hereket naporyny döretmeklige hem-de siffonyň sorujy böleginde naporyň $h_{f(0\text{-}1)}$ ýitgilerini ýeňip geçmeklige sarp edilýär, ýagny:

$$\frac{(P_a - P_1)}{\rho g} = h_1 + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} + h_{f(0-1)} \qquad (5.71)$$

Onda, siffonyň oturdylmaly aňryçäk beýikligi

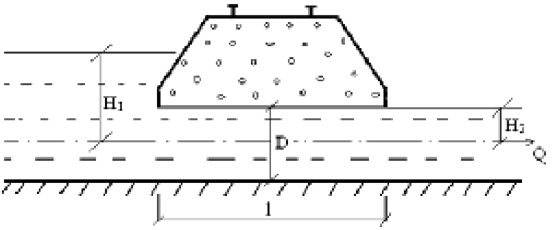
$$h_1 = \frac{(P_a - P_1)}{\rho g} - \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} - \mathrm{h}_{f(0-1)} \qquad (5.72)$$

Siffonyň sorujy böleginiň naporynyň ýitgisi $\mathrm{h}_{f(0-1)} = (\frac{\lambda \ell}{d} + \xi_g + \xi_t)\frac{\vartheta_1^2}{2g}$ formula arkaly kesgitleniler.

Köp sanly praktiki maglumatlardan belli bolşy ýaly, siffon turbageçirijileriniň wakuumetriki sorujy beýikligi $\frac{(P_a - P_1)}{\rho g} = 6 - 7.5m$ (suw sütüni), siffonyň gurnalmaly aňryçäk beýikligi h_1=4-6m çäklerdedirler.

Siffon turbageçirijileri ilkinji işe goýberilende onuň ýokarky otrisatel basyşly sorujy bölegindäki howa wakuum nasosynyň kömegi bilen doly sorulyp aýrylmalydyr. Siffonyň ulanylyş prosesinde howa awtomatiki usulda, ýörite howa klapanlarynyň (wantuzlaryň) kömegi bilen üznüksiz kadada aýrylmalydyr. Şeýle-de siffon turbageçirijiniň akymynyň mukdar häsiýetnamasynyň we wakuumetriki sorujy basyşynyň amatly sazlaşygyny üpjün etmek üçin onuň soňunda sazlaýjy zadwişka oturdylýar.

Ýol turbageçirijileri (5.12-nji surat) gysga turbageçirijileriniň giň ýaýran mysalydyr. Olar demir we gara ýollaryň aşagyndan keseligine ýörite normatiw talaplara laýyklykda geçirilýärler hem-de çagba ýagyşlarynyň sil görnüşli Q mukdarly akymlaryny berlen kadada akdyryp geçirmek üçin niýetlenilýärler.



5.12-nji surat.

Akymyň hereketlendiriji napory $H=H_1-H_2$ ululyga deňdir hem-de ýol turbageçirijisinde ýüze çykýan gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmek üçin sarp edilýändir.

Ýol turbageçirijisiniň berlen H_1, H_2, ℓ we D ululyklarda üpjün edýän geçirijilik ukyby aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2g(H_1-H_2)}{1+\frac{\lambda\ell}{D}+\xi_g+\xi_ç}} \qquad (5.73)$$

Köp halatlarda ýol turbageçirijileriniň gidrawliki hasaplama meselesi berlen sil akymynyň Q mukdarynyň talap edýän başlangyç naporyň H_1 beýikligini kesgitlemeklige getirilýär hem-de bu ululyk ýoluň hakyky beýikligi bilen deňeşdirilýär:

$$H_1 = H_2 + \frac{8Q^2}{g\pi^2 D^2}\cdot\left(1+\frac{\lambda\ell}{D}+\xi_g+\xi_ç\right) \qquad (5.74)$$

Ýokarda getirilen (5.73) we (5.74) belgili formulalarda λ, ξ_g, $\xi_ç$ ýol turbageçirijisiniň degişlilikde gidrawliki sürtülme hem-de akymyň turba girme we ondan çykma ýerli garşylyk koeffisiýentleri. Olar öň jikme-jik seredilen belli baglanyşyklar esasynda hasaplanylýarlar ýa-da kabul edýärler.

Dýuker turbageçirijileri naporly we naporsyz akymly turbageçirijileriniň tebigy we emeli suw päsgelçiliklerinden geçýän ýörite gysga bölekleridir. Olar derýalaryň, kanallaryň, jarlaryň aşaklaryndan keseligine aýratyn normatiw talaplara laýyklykda gurnalýarlar.

5.13-nji surat

5.13-nji suratda suw päsgelçiliginden geçirilen naporsyz, özi akýan akymly dýuker turbageçirijisiniň shemasy şekillendirilen. gysga turbageçirijilere mahsus boluşy ýalyt, seredilýän dýuker turbageçirijisiniň hereketlendiriji napory $H=Z_1-Z_2$ ululyga deňdir. Bu ýerde Z_1 we Z_2 ululyklar dýuker turbageçirijiniň başlangyç we ahyrky nokatlarynyň geodeziki belgileridir.

Naporsyz dýuker turbageçirijisiniň esasy gidrawliki hasaplama formulasy ýokarda seredilen gysga turbageçirijiniň hasaplama formulalaryndan gelip çykar hem-de dýukeriň gurluş aýratynlyklaryny hasaba alar, ýagny:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2g(H_1-H_2)}{1.1(1+\frac{\lambda\ell}{d}+\xi_g+\xi_ç+4\xi_ö)}} \qquad (5.75)$$

Ýa-da

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^2}\cdot 1.1\left(1+\frac{\lambda\ell}{d}+\xi_g+\xi_ç+4\xi_Q\right) \qquad (5.76)$$

Täze gurulýan dýuker turbageçirijileriniň gidrawliki hasaplamalarynda, esasan (5.75) belgili formula boýunça dýukeriň Q geçirijilik ukybyny üpjün edýän d diametriniň ululygy kesgitleniler. Käbir hasaplamalarda dýukeriň kabul edilen d diametri boýunça, berlen Q mukdary üpjün edýän

dýuker turbalarynyň sany kesgitlenilýär. Ýokardaky hasaplama formulalarynda 1.1 ululykly köpeldiji dýukeriň turbalar seplemlerindäki hem-de beýleki hasaby`

5.10. Turbageçirijilerde gidrawliki urgular

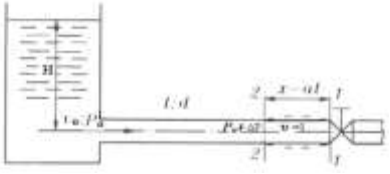
Gidrawliki urgular turbageçirijileriň akymlarynyň durnuksyz hereketi bilen baglanyşyklydyr. Gidrawliki urgy diýilip turbageçirijilerdäki akymyň tizliginiň çalt üýtgemegi (ulalmagy ýa-da kiçelmegi) bilen baglanyşyklykda gidrodinamiki basyşyň birden üýgemesine (kiçelmesi ýa-da ulalmasy) aýdylýar. Naporly magistral turbageçirijilerde we setlerde gidrawliki urgular ýapyjy enjamlaryň (zadwižkalar, wentiller, zatworlar) bada-bat ýapylmasy ýa-da açylmasy, nasos agregatlarynyň duýdansyz duruzylmasy ýa-da işledilmesinetijesinde döreýärler. Gidrawliki urgy pursadynda turbageçirijiniň basyşy birnäçe esse ulalýar hem-de urga garşy degişli çäreleriň görülmedik ýagdaýynda akdyryjy ulgamlarda adatdan daşary mehaniki zeperlenmeler we ýykgynçylyklar döreýärler.

Turbageçirijili akdyryjy ulgamlarda gidrawliki urgy hadysasy XIX asyryň başlarynda meşhur rus alymy, akademik N.Ýe.Žukowskiý tarapyndan çuňňur öwrenildi hem-de bu barada ýörite ylmy nazaryýeti esaslandyryldy.

N.Ýe.Žukowskiýniň ylmy nazaryýeti aşakdaky esasy netijelere esaslanandyr:

- gidrawliki urgy durnuksyz yrgyldyly (fazaly hem-de periodly) prossesdir;
- gidrawliki urgynyň döremegi we ýaýramagy urgy tolkunynyň hereketi bilen baglanyşyklydyr;
- urgy tolkunynyň basyşy suwuklygy gysmaklyga hem-de turbanyň diwarynyň radiýal ugurda deformirlenmesine sarp edilýär;
- gidrawliki urgular göni (doly) ýa-da göni däl (doly däl) görnüşlerde bolup bilýärler.

Göni gidrawliki urgy hadysasyna açyk rezerwuara çatylan l uzynlykly, d diametrli ϑ_0 tizlikli we P_o basyşly ýonekeý gorizontal turbageçirijiniň mysalynda seredeliň (5.14-nji surat).



5.14-nji surat

Turbageçirijiniň soňynda oturdylan ýapyjy zadwižka bada-bat ýapylanda akymyň $m\vartheta_0$ ululykly hereket mukdary basyş impulsyna (urgusyna) $\Delta P\omega t$ öwrülýär. Basyş impulsy gidrostatiki basyşyň häsiýetine doly eýerip, suwuklygy çalt üýtgeýän $x = at$ aralykda gysýar.

Gysylýan suwuklyk öz tutýan göwrümini ujypsyz möçberde üýtgedýänligi sebäpli, ΔP ululykly goşmaça döreýän gidrawliki urgy basyşy turbanyň we ýapyjynyň diwarlaryna täsir edýän süýdiriji güýç görnüşinde ýaýraýar.

Onda, seredilýän mysalda hereket mukdarynyň üýtgeme teoremasyna esaslanyp, gidrawliki urgy basyşynyň ΔP ululygyny kesgitläp bolar, ýagny:

$$m\vartheta_0 = \Delta P\omega t \qquad (5.77)$$

Ýa-da

$$\rho\frac{\pi d^2}{4}l\vartheta_0 = \Delta P\frac{\pi d^2}{4}t \qquad (5.78)$$

$$\Delta P = \rho\frac{l}{t}\vartheta_0 = \rho a\vartheta_0 \qquad (5.79)$$

Bu ýerde

ρ –suwuklygyň agram dykyzlygy, kgg/m^3;

t −başlangyç belgili gidrawliki urgytolkunyň ýaýraýan wagty ýa-da gidrawliki urgynyň periody, sek;

$a = \frac{l}{t}$ − urgy tolkunynyň ýaýraýan tizligi, m/sek;

$\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ − turbanyň meýdany ýa-da akymyň janly kesigi, m^2;

$m = \rho\omega l$ − turbageçirijidäki akymyň massasy, kgg;

Ýokarda alynan (5.79) belgili formula göni (doly) gidrawliki urgy basyşynyň ululygyny kesgitlemek üçin gidrawlika ylmynda giňden ulanylýan N.Ýe.Žukowskiýniň formulasydyr. Bu formula gidrawliki urgy basyşynyň ululygynyň yrgy tolkunynyň ýaýraýan tizliginiň "getirilen dinamiki basyşy" görnüşinde kesgitlenilýändigini subut edýär. Urgynyň "getirilen dinamiki basyşy" ϑ_0 we a tizlikleriň köpeltmek hasylydyr.

Gidrawliki urgy tolkunynyň ýaýran tizligi aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{S}}}{\sqrt{1+\frac{K}{E}\cdot\frac{d}{\delta}}} \qquad (5.80)$$

Bu formulada

K − suwuklygyň göwrüm gysylma garşylyk moduly (1.3-nji bölümde getirilen);

E − turbanyň materiýalynyňgarşylyk moduly;

δ − turbanyň diwarynyň galyňlygy;

Aşakda 5.3-nji tablisada suw akymly käbir turbageçirijileriň K we E ululyklary getirilýär.

5.3-nji tablisa

Materiallar	$\frac{K}{E}$	E, kg/m^2
Suw	1.0	$2.07 \cdot 10^8$

Polat	0.01	$2.0 \cdot 10^{10}$
Çoýun	0.02	$1.0 \cdot 10^{10}$
Beton	0.1	$2.0 \cdot 10^{9}$
Agaç	0.2	$1.0 \cdot 10^{9}$
Gurşun	0.4-10	$5 \cdot 10^{8} - 2 \cdot 10^{7}$

Suw we gaz akdyrylýan turbageçirijilerde gidrawliki urgularyň ululuklaryny deňeşdireliň. Suwda we howada sesiň ýaýrama tizligi 1300 we 470 m/sek, turbageçirijilerde degişlilikde akymyň orta tizlikleri 1.5 (suw) we 50 (gaz, howa) m/sek. Suwyň dykyzlygy howanyň dykyzlygyndan 900 esse uly. Onda göni gidrawliki urguda howa we suw geçiriji turbalarynda basyşlaryň ulalma gatnaşyklaryny kesgitläliň:

$$\frac{(\rho a \vartheta_0)howa}{(\rho a \vartheta_0)suw} = \frac{1 \cdot 470 \cdot 50}{900 \cdot 1300 \cdot 1.5} = 0.013$$

Diýmek, seredilen deň şertlerde, göni gidrawliki urguda howa (gaz) akymynyň basyşynyň ulalmasy suw akymy bilen deňeşdirilende 0.013 esse kiçidir ýa-da suw akymynyň basyşynyň ulalmasynyň diňe 1%-ni howa (gaz) akymynyň basyşynyň doly ulalmasyny emele getirýär. şonuň üçin, suw we howa (gaz) ýapyjylary biri-birinden düýpli tapawutlanýarlar. Suw ýa-da suwuklyk akymlaryny ýapyjy armaturalar köp aýlawly wintli görnüşde gurnalýarlar, howa ýa-da gaz akymlarynyň ýapyjylary az aýlawly ýa-da aýlawsyz görnüşde (probkaly, şarly, zaslonkaly, drosselli) ýasalýarlar. Howa ýa-da gaz geçirijilerinde gidrawliki urgy basyşynyň esasan gazy gysmaklyga sarp edilýänligi bilen düşündirilýär.

Dürli diametri we dürli galyňlykly polat suw geçirijilerinde gidrawliki urgy tolkunynyň ýaýrama tizlikleri 5.4-nji tablisada getirilýär.

5.4-nji tablisa

d, mm	50	100	150	200	250	300	600
δ, mm	7.0	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	18.0
a, m/sek	1348	1289	1255	1209	1187	1167	913

Ýokarda, gidrawliki urgy basyşynyň ululygy göni urgy üçin ýagny, zadwižkanyň bada-bat ýapylmasy bilen baglanyşyklykda döreýän urgy seredildi. Indi zadwižka haýal ýapylanda, göni däl (doly däl) diýilip atlandyrylýan gidrawliki urgy basyşynyň ululygyny kesgitläliň. Onuň üçin zadwižkanyň ýapylma t_z wagtynyň gidrawliki urgynyň doly t_P periodynyň hem-de urgy tolkunynyň ýaýrama a tizliginiň arabaglanyşygyna seredeliň.

Gidrawliki urgynyň doly periody diýilip bir belgili urgy basyşynyň saklanýan wagtyna ýa-da urgy fazasynyň dowamlylygyna aýdylýar. Urgy fazasynyň dowamlylygy urgy tolkunynyň döreýän 1-1 kesigine gaýdyp gelýän wagtyna deňdir. Onda gidrawliki urgynyň doly periody aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilmeli:

$$t_P = \frac{2l}{a} \qquad (5.81)$$

Şeýle-de, gidrawliki urgularyň görnüşlerini kesgitlemegiň esasy şerti urgynyň doly t_P periodynyň we onuň döreýän (zadwižkanyň ýapylma) t_z wagtynyň özara deňeşdirilmesine baglydyr.

Eger-de $t_z < t_P$ bolsa onda akdyryjy ulgamda göni (doly) gidrawliki urgy döreýär, eger-de $t_z \geq t_P$ bolsa onda gidrawliki urgy göni däl (doly däl) görnüşde döreýär.

Göni däl gidrawliki urgularda urgy tolkunynyň ýaýrama a tizligini aşakdaky görnüşde aňladyp bolar:

$$a = \frac{2l}{t_z} \qquad (5.82)$$

Onda, gidrawliki urgy basyşynyň ululygyny aşakdaky görnüşde kesgitläp bolar:

$$\Delta P = \rho \vartheta_0 \frac{2l}{t_z} \qquad (5.83)$$

Soňky alynan (5.83) belgili formula göni däl gidrawliki urgy basyşynyň ululygyny hasaplamagyň esasy formulasydyr. Onuň kömegi bilen berlen ýa-da kabul edilýän urgy basyşynyň P_u ululygyny üpjün edýän gidrawliki urgynyň döreme wagtyny kesgitläp bolar, ýagny:

$$t_z \geq \rho\vartheta_0 \frac{2l}{P_u} \qquad (5.84)$$

Bu ýerde

$$P_u = P_0 + \Delta P \qquad (5.84)$$

Belgili formula basyşly suwuklyk akdyryjy ulagamlarda has howply göni gidrawliki urgynyň döremezligini üpjün edýän esasy şertdir.

5.11. Gazgeçirijileriň gidrawliki hasaplamalary

Dürli görnüşli gazgeçirijileri gaz ojaklarynda, tilsimat we senagat desgalarynda, jaýlarda hem-de kärhanalarda giň ýaýran inžener kommunikasiýalarydyr.

Turbalar arkaly akdyrmak hem-de gidrawliki hasaplama meselelerinde tebigy we emeli gazlar, howa we suw bugy biri-birinden tapawutlanmaýarlar.

Gazgeçirijilerini ýokarda seredilen suwuklyk akdyryjy turbageçirijilerinden tapawutlandyrýan aýratynlyk, olaryň fiziki häsiýetleriniň tapawudyndan gelip çykýandyr. Turbalar arkaly akdyrmak prosesinde başlangyç P_1 we ahyrky P_2 basyşlaryň absolýut tapawudynyň $\Delta P = P_1 - P_2$ ululygy ýa-da turbageçirijileriň dürli ululykly $P_{or} = \frac{(P_1+P_2)}{2}$ orta basyşy akdyrylýan suwuklygyň fiziki häsiýetlerine hem-de akymyň esasy gidrawliki häsiýetnamalaryna täsir etmeýän bolsalar, gaz akymlarynda olar hereketiň görnüşlerine, göwrüm

gysylmasyna, dykyzlygyna, tizligine hem-de sürtülme garşylygyna mese-mälim derejede täsir edýärler.

Gidrawliki hasaplama meselelerinde gaz geçirijileri iki görnüşde bölünýärler:

1. Kiçi otnositel basyş tapawutly gaz geçirijileri, olarda $\frac{\Delta P}{P_{or}} < 5\%$ akdyrylýan gazyň gysylmasyny hasaba almak hökmany däldir, onuň dykyzlygy hemişelikdir, gidrawliki hasaplama formulalary suwuklyklar bilen meňzeşdirler.
2. Uly otnositel basyş tapawutly gaz geçiriji, olarda $\frac{\Delta P}{P_{or}} > 5\%$, hereketiň dowamynda gazyň göwrüm gysylmasy, üýtgemeýän dykyzlygy we tizligi hasaba alynmalydyr.

Akdyrylýan gazyň orta basyşynyň absolýut ululygy P_{or} boýunça magistral gaz geçiriji turbalary we setleri aşakdaky görnüşe bölünýärler:

1. Pes basyşly gaz geçiriji turbalary we setleri, olarda $P_{or} \leq 0.005\ MPa$ (500 mm suw sütüni);
2. Orta basyşly gaz geçiriji turbalary we setleri, olarda $P_{or} = 0.005 - 0.03\ MPa$ çäklerde bolup biler;
3. Ýokary basyşly ikinji derejeli gaz geçirijileri, olarda $P_{or} = 0.03 - 0.06\ MPa$;
4. Ýokary basyşly birinji derejeli gaz geçirijileri, olarda $P_{or} > 0.6\ MPa.$

Pes basyşly gaz geçiriji turbalary we setleri ýaşaýyş we oňa deňelen jaýlarda, orta basyşly gaz geçirijileri senagat kärhanalarynda, gazan we ýyladyş desgalarynda, ýokary basyşly gaz geçirijileri uly ýylylyk energetiki ýa-da gaz turbina desgalarynda, şäherara ýa-da halkara magistral gaz geçirijilerinde ulanylýarlar.

Pes otnositel basyş tapawutly gaz geçirijileriň gidrawliki hasaplamalary ýönekeý naporly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalaryna (5.2 bölüm) meňzeşdir.

Dogrudan hem, gorizontal deňölçegli hereketli gaz geçirijiniň 1-1 hem-de 2-2 kesikleri üçin turbanyň uzynlyk simmetriýa okuna görä ýazylan hem-de ähli agzalan basyş birligine getirilen. Bernulliniň deňlemesi aşakdaky görnüşe geler:

$$P_1 - P_2 = \Delta P_f \qquad (5.85)$$

Bu ýerde

ΔP_f —gaz geçirijide basyşyň umumy ýitgisi (5.85) belgili deňlemeden görnüşi ýaly, gaz geçirijiniň uzaboýuna başky we ahyrky basyşlaryň tapawudy ýa-da gaz akymyny hereketlendiriji basyş, esasan ýitgileri ýeňip geçmek üçin sarp edilýär.

Umumy görnüşde, seredilýän gaz geçirijide basyşyň ýitgisi ΔP_f, basyş birligine getirilen Darsi - Weýsbahyň formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$\Delta P_f = \Delta P_e + \Delta P_ý \qquad (5.86)$$

Bu ýerde

ΔP_e —basuşyň uzynlyk sürtülme ýitgisi, ululygy Darsiniň $\Delta P_e = \frac{\lambda l}{d} \rho \frac{\vartheta^2}{2}$ formulasy boýunça kesgitlenilýär;

$\Delta P_ý$ —basyşyň ýerli sürtülme ýitgisi, ululygy Weýsbahyň $\Delta P_ý = \sum \zeta_ý \rho \frac{\vartheta^2}{2}$ formulasy boýunça kesgitlenilýär.

Onda

$$\Delta P_f = (\frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta_ý) \rho \frac{\vartheta^2}{2} \qquad (5.87)$$

Uzyn ýa-da magistral pes basyşly gaz geçirijileri üçin (5.29) belgili formula aşakdaky görnüşde ýazylyp biliner:

$$\Delta P_f = 1.1\Delta P_e = 1.1\frac{\lambda l}{d}\rho\frac{\vartheta^2}{2} \qquad (5.88)$$

Umumy görnüşde pes basyşly magistral gaz geçirijiniň esasy gidrawliki hasaplama formulasy (5.86)we (5.88) bilelikde serereдilen) şeýle ýazylar:

$$P_1 = P_2 + 1.1\frac{\lambda l}{d}\rho\frac{\vartheta^2}{2} \qquad (5.89)$$

Soňky formulada gaz geçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululugyny Altşulyň $\lambda = 0.11(\frac{\Delta_{ekw}}{d} + \frac{68}{Re})^{0.25}$ formulasy boýunça kesgitlemeklik maslahat berilýär.

Howa çalşyk ulgamlarynyň howa geçirijileri gidrawliki häsiýetnamalary boýunça kiçi otnasitel basyş tapawutly gaz geçirijilerine meňzeşdir. Gidrawliki garşylyk düzümi boýunça olar gysga basyşly turbageçirijilere girýärler. Diýmek, howa geçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulasy (5.87) belgili formuladan alnyp biliner.

Howa geçirijiler esasan axb ölçegli ýapyk kanallar görnüşinde gurnalýarlar. Şonuň üçin hasaplama formulalarda d turbanyň diametriniň ýerine kanalyň ekwiwalent diametri d_{ekw}=4R, $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{ab}{2(a+b)}$ ulanylmalydyr. Şeýle-de howa geçiriji kanallaryň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululugy Altşulyň uniwersal formulasy boýunça kesgitlenilmeli, $\chi = 0.11\left(\frac{\Delta_{ekw}}{d_{ekw}} + \frac{68\lambda}{\vartheta d_{ekw}}\right)^{0.25}$. Howa geçiriji kanalyň ýeli gidrawliki garşylyklary takyk we Reýnoldsyň sanyna baglylykda hasaplamaly. Onda howa geçiriji kanallaryň esasy gidrawliki hasplama formulasy aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$\Delta P_f = \left[\frac{0.11}{d_{ekw}}\cdot\left(\frac{\Delta_{ekw}}{d_{ekw}} + \frac{68\lambda}{\vartheta d_{ekw}}\right)^{0.25} + \sum \zeta_{ý}\right]\cdot\rho\frac{\vartheta^2}{2} \qquad (5.90)$$

Ýerli gidrawliki garşylyklaryň görnüşleri we koeffisiýentleriň jemi $\sum \zeta_{ý}$, howa geçirijiniň plan-shematiki şekiline görä kabul edilmeli hem-de kesgitlenilmeli.

Pes basyşly magistral gaz geçirijileriniň gidrawliki hasaplama (5.31) belgili formulada gaz geçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygyny A.D.Altşulyň $\chi = 0.11\left(\frac{\Delta_{\mathrm{ekw}}}{\mathrm{d}} + \frac{68\lambda}{\vartheta \mathrm{d}}\right)^{0.25}$, gaz akymynyň tizligini $\vartheta = 4Q/\pi d^2$ formulalary boýunça aňladyp, aşakdaky normatiw resminamalaryň hödürleýän formulasyny alarys:

$$\Delta P_e = 7\left(\frac{\Delta_{\mathrm{ekw}}}{\mathrm{d}} + \frac{1922 d \nu}{Q}\right)^{0.25} \cdot \frac{\gamma l Q^2}{\mathrm{d}^5} \qquad (5.91)$$

Bu ýerde

ΔP_e –basyşyň uzynlyk sürtülme ýitgisi, mm suw sütüni ýa-da Pa;

l –gazgeçirijiniň hasaplama uzynlygy, m;

Δ_{ekw} –gaz geçirijiniň içki diwarynyň ekwiwalent büdür-südürligi, sm;

d –gaz geçirijiniň diametri, sm;

ν - akdyrylýan gazyň şepbeşikligini kinematiki koeffisiýenti, m^2/sek;

Q - gaz akymynyň mukdary, m^3/sag;

γ –gazyň normal şertlerdäki udel agramy, kG/m^3.

Gaz geçirijiniň turbulent garşylyk zolagynyň görnüşi boýunça, onuň gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň ululygyny kesgitlemek üçin ulanylýan formulalara baglylykda, (5.91) belgili formula ýönekeýleşdirilen görnüşlerde ulanylyp biliner:

Eger-de gaz akymyň tizligi $\vartheta \leq 3$ m/sek hem-de $\frac{\Delta_{\mathrm{ekw}}}{\mathrm{d}} \ll \frac{1922 d \nu}{Q}$ bolsa, onda gidrawliki ylmanak garşylyk zolakly pes basyşly gaz geçirijileri üçin

$$\Delta P_e = \frac{46.5\,\nu^{0.25}\,\gamma l Q^{1.75}}{d^{4.75}} \qquad (5.35)$$

Eger-de $\frac{\Delta_{ekw}}{d} \gg \frac{1922 d \nu}{Q}$ hem-de gaz akymynyň tizligi $\vartheta > 3\, m/sek$ bolsa, onda doly büdür-südür kwadratly garşylykly pes basyşly gaz geçirijileri üçin

$$\Delta P_e = \frac{7\Delta_{ekw}^{0.25}\gamma l Q^2}{d^{5.25}} \qquad (5.36)$$

hasaplama formulalary alynýar.

(5.36) belgili formula täze polat gaz geçiriji turbalary üçin (Δ_{ekw}= 0.1mm) aşakdaky gysgaldylan görnüşe geler:

$$\Delta P_e = \frac{2.22\gamma Q^2}{d^{5.25}} \qquad (5.37)$$

Ýokary we orta basyşly ýa-da uly otnasitel basyş tapawutly gaz geçirijileriniň gidrawliki hasaplamalarynda olaryň uzynlygynyň onlarça we ýüzlerçe kilometrligi sebäpli döreýän basyşlaryň tapawutlarynyň täsiri doly derejede göz öňünde tutylmalydyr. Dogrudan hem şu döwürde Türkmenistanyň ýokary basyşly halkara magistral gaz geçirijilerinde gaz akymynyň başlangyç basyşy 7.5-10 MPa, gaz gysyjy kompresor stansiýalarynyň aralarynda basyşlaryň tapawudy 4-6 MPa çäklerde kabul edilýär.

Uly basyş tapawutly gaz geçirijileriniň gidrawliki hasaplamalkary akdyrylýan gazyň häsiýetlerine hasaba alynmaly derejede täsir edýän aşakdaky aýratynlyklary göz öňünde tutmalydyr.

- Gaz geçirijiniň uzaboýuna gaz akymynyň dykyzlygynyň peselmegini;
- Gaz akymynyň hereketiniň deňölçegsiz görnüşine geçirilmegini;

- Gaz akymynyň hereket ugruna onuň tizliginiň ulalmagyny;
- Gaz geçirijiniň başdaky we ahyrky basyşlarynyň tapawudynyň esasan sürtülme ýitgilere sarp edilýändigini.

Gidrogazodinamikanyň ikinji babynda seredilen esasy deňlemelerini ýokary basyşly gaz geçirijiniň gidrawliki hasplamalarynda ulanmak üçin, dl elementar uzynlykly gaz akymynda ρ dykyzlygyň we ϑ tizligiň üýtgemeýän ululyklarynda kabul edilip bilindiginden peýdalanyp (5.28) görnüşli Bernulliniň deňlemesini ýazalyň:

$$-dP = dP_e \qquad (5.38)$$

Deňlemäniň sag tarapyndaky basyşyň elementar uzynlyk sürtülme ýitgisini Darsiniň formulasy bilen kesgitläliň:

$$-dP = \lambda \frac{dl}{d} \rho \frac{\vartheta^2}{2} \qquad (5.39)$$

Soňky differensiýal deňlemäni integrirlemek üçin gaz geçirijiniň uza boýuna ϑ tizligiň, ρ dykyzlygyň we λ gidrawliki sürtülme koeffisiýentiniň üýtgeme häsiýetnamalary belli bolmalydyr. Diýmek, $\vartheta = f(l), \rho = f(l)$ we $\lambda = \mathrm{f}(l)$ baglanyşyklar gaz akymynyň termodinamiki häsiýetnamalaryna laýyklykda kesgitlenilmelidir. Magistral gaz geçirijileri ýylylyk izolirlenmesiz gurnalýandyklary sebäpli, gazyň T temperaturasy daşky gurşawyň temperaturasyna deň hemişelik ululykda saklanýar. Bu izotermiki akyş kadasy, ýeriň azyndan 1.5-2.0 m çuňlugyň geçirilýän ähli gaz geçirijilerine mahsusdyr.

Gaz geçirjilerinde Reýnoldsyň sanyny aşakdaky görnüşde kesgitläp bolar:

$$Re = \frac{\vartheta d}{\nu} = \frac{\rho \vartheta d}{\mu} = \frac{4\rho Q}{\pi d \mu} = \frac{4M}{\pi d \mu} \qquad (5.92)$$

Bu ýerde

μ −gazyň şepbeşikliginiň dinamiki koeffisiýenti,

M −gaz akymynyň massa mukdary.

Izotermiki kadaly gaz akymlarynda gazyň temperaturasynyň üýtgemeýänligi sebäpli onuň dinamiki şepbeşikligi gaz geçirijiniň uzaboýuna hemişelik ululygyny saýlanar. Onda, (5.40) aňlatmadan görnüşi ýaly gaz geçirijiniň Reýnolds sany hem öz ululygyny üýtgetmeýär. Şeýlelikde, gaz akymynyň dykyzlygynyň we orta tizliginiň garşylykly gatnaşykda üýtgemesine garamazdan, gaz geçirijiniň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti, $\lambda = f(\mathrm{Re}; \frac{\Delta_{ekw}}{d})$ baglanyşyk esasynda kesgitlenilýän ululygyny üýtgetmeýär.

(5.92) belgili deňlemäni, gaz akymynyň mukdarynyň hemişeliginiň deňlemesinden $\vartheta\rho = \vartheta_1\rho_1 = \cdots = \mathrm{cons}\,t\,,\ \vartheta = \frac{\vartheta_1\rho_1}{\rho}$ baglanyşygy ulanyp, gaz hereketiniň başlangyç ϑ_1 tizligine getireliň:

$$-dP = \lambda\frac{dl}{d}\cdot\frac{\rho_1^2}{\rho}\cdot\frac{\vartheta_1}{2} \qquad (5.93)$$

(5.93) belgili deňlemede $\frac{\rho_1^2}{\rho}$ gatnaşyk üçin gaz halynyň deňlemesini ulanyp alarys:

$$\frac{\rho_1^2}{\rho} = \frac{P_1^2}{PRT} \qquad (5.94)$$

Onda (5.93) belgili deňleme şeýle ýazylar:

$$-PdP = \frac{\lambda}{d}\cdot\frac{\vartheta_1^2}{2g}\cdot\frac{P_1^2}{RT}dl \qquad (5.95)$$

Soňky differensiýan deňlemäni P_1 we P_2 basyşlaryň çäklerinde integrirläp deňleme aşakdaky görnüşde getiriler:

$$\frac{\rho_1^2-\rho_2^2}{2} = \frac{\lambda l}{d}\cdot\frac{\vartheta_1^2}{2}\cdot\frac{P_1^2}{RT} \qquad (5.96)$$

$\rho_1 = \frac{P_1}{RT}$ gatnaşygy göz öňünde tutyp alarys:

$$\frac{\rho_1^2-\rho_2^2}{2} = \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{\vartheta_1^2}{2} \cdot P_1\rho_1 \qquad (5.97)$$

Ýa-da

$$\frac{\rho_1^2-\rho_2^2}{2P_1} = \frac{\lambda l}{d} \rho_1 \frac{\vartheta_1^2}{2} \qquad (5.98)$$

Soňky deňlemäniň çep tarapyny üýtgedip ýazyp (5.46) deňleme şeýle ýazylar:

$$P_1 - P_2 = \frac{2}{2-\frac{\Delta P}{P_1}} \cdot \frac{\lambda l}{d} \rho_1 \frac{\vartheta_1^2}{2} \qquad (5.99)$$

Alynan (5.47) belgili deňleme uly atnositel basyş tapawutly gazgeçirijileriň esasy gidrawliki hasaplama formulasydyr. Bu formula suwuklyk akymlary üçin ulanylýan Darsiniň formulasyndan atnositel basyş tapawudynyň ululygy bilen kesgitlenýän agzanyň girizilendigi bilen tapawutlanýar. Diýmek gaz geçirijileriň gidrawliki hasaplamalarynda Darsiniň nusgawy formulasynyň çägi $\frac{\Delta P}{P_1} < 5\%$ şert bilen çäklendirilýär.bu şerti kanagatlandyrýan ähli meseleleriň çözgüdinde hasaplama ýalňyşlyklary $\pm$2.5%-den uly bolmaýar. $\frac{\Delta P}{P_1} > 5\%$ şertli ähli meselelerde gaz geçirijileriň gidrawliki hasaplamalary (5.47) belgili deňleme boýunça ýerine ýetirilmelidir.

Gaz geçirijilerde berlen P_1 we P_2 basyşžaryň tapawudyny kanagatlandyrýan gaz akymynyň agram mukdarynyň ululygy aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$G = \frac{\pi g}{4} \sqrt{\frac{P_1^2-P_2^2}{\lambda l} \cdot \frac{d^5\rho_1}{P_1}} \qquad (5.100)$$

Turbulent hereket kadaly gaz akymlarynyň ähli gidrawliki garşylyk zolaklarynyň gidrawliki sürtülme koeffisiýenti üçin Altşulyň uniwersal formulasyny ulanyp normatiw resminamalaryň hödürlenýän esasy gidrawliki hasaplama formulasyny alarys:

$$\frac{P_1^2-P_2^2}{\alpha} = 1.45\left(\frac{\Delta_{\text{ekw}}}{\text{d}} + 1922\frac{d\nu}{Q}\right)^{0.25}\frac{\gamma Q^2}{d^5} \qquad (5.101)$$

Bu ýerde

P_1 we P_2 $-$başky we ahyrky absolýut basyşlary

α $-$gaz geçirijiniň uzynlygy, km;

d $-$gaz geçirijiniň diametri, sm;

Δ_{ekw} $-$gaz geçiriji turbanyň ekwiwalent büdür-südürligi, sm;

γ $-$gazyň udel agramy, kG/m^3;

Q $-$gaz akymynyň mukdary, m^3/sag;

ν- gazyň kinematiki şepbeşikligi, m^2/sek.

Gidrawliki ýylmanak, $\frac{\Delta_{\text{ekw}}}{\text{d}} \ll 1922\frac{d\nu}{Q}$ hem-de doly büdür-südür garşylykly $\frac{\Delta_{\text{ekw}}}{\text{d}} \gg 1922\frac{d\nu}{Q}$ zolak üçin degişlilikde aşakdaky ýönekeýleşdirilen hasaplama formulany alarys:

$$\frac{P_1^2-P_2^2}{\alpha} = \frac{9.6\,\nu^{0.25}\gamma Q^{1.75}}{\text{d}^{4.75}} \qquad (5.102)$$

$$\frac{P_1^2-P_2^2}{\alpha} = \frac{1.45Q^2\Delta_{ekw}^{0.25}}{d^{5.25}} \qquad (5.103)$$

Soňky hasaplama formulalaryň ulanylyş çäkleri, şeýle-de gaz akymynyň tizlikleri bilen naglanyşykdadyr.Gidrawliki ýylmanak garşylykly gaz akymlary üçin bu tizlik $\vartheta = 0.3 \div 50$

m/sek, kwadratly garşylykly gaz akymlary üçin bolsa $\vartheta > 50$ m/sek kabul edilýär.

6. SUWUKLYGYŇ DEŞIKLERDEN WE GEÝDIRILÝÄN BÖLEKLERDEN AKYP ÇYKMAKLYGY

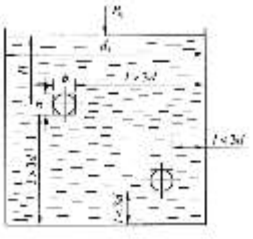
Köp tehniki meselelerde wagt dowamynda rezerwuarlardan akyp çykýan suwuklygyň möçberi ölçenilende we olaryň çalt boşadylmaklygy üpjün edilende, erkin akymlar hasaplanylanda, lüleler we forsunkalar konstruirlenilende, suwuklygyň bir rezerwuardan beýlekisine akyp geçmek şertleri kesgitlenilende we şuňa meňzeş başga ýagdaýlarda suwuklygyň beýleki rezerwuara akyp geçişindäki akgynyň (akymyň) parametrlerini kesgitlemek meselesini çözmeli bolýar. Aşakda käbir möhüm praktiki meseleleriň çözüwleri berilýärler.

Umuman aýdanyňda, suwuklygyň deşiklerden we geýdirilýän böleklerden akyp çykmaklygy rezerwuarda saklanylýan suwuklygyň potensial energiýasynyň käbir ýitgiler bilen akyp çykýan akymyň kinetiki energiýasyny özgerdýänligi bilen häsiýetlendirilýär.

6.1. ÝUKA DIWARDAKY KIÇI DEŞIKDEN HEMIŞELIK BASYŞDA AKYP ÇYKMAK

Kiçi desik diýip d diametri ýa-da h beýikligi onuň agyrlyk merkeziniň çümdürilmekliginiň H çuňlugyndan şeýle az bolan, şonda şeýle deşigiň ähli nokatlaryny deşigiň agyrlyk

merkezi H bilen bir çuňlukda ýerleşen diýip hasaplamak mümkin bolan deşige aýdylýar. Şol sebäpli deşigiň ähli nokatlaryndaky basyşy düýpli nätakyklyklary goýbermän şol bir meňzeş we onuň agyrlyk merkezindäki basyşa deň diýip hasaplap bolar (sur. 6.1).



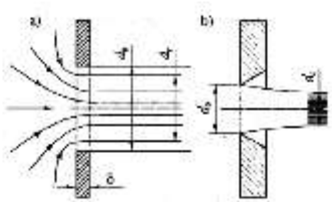
Sur. 6.1 Kiçi deşikler.

Ýuka diýip, ýylmanan erňekli diwara, onuň galyňlygy $\delta < 0{,}2d$ bolanda we akymyň akyp çykmaklygynyň şertlerine we formasyna täsir etmäninde aýdylýar. Beýle deşigiň üstünden akyp geçýan akym diňe deşigiň giriş erňekleriniň ýerli garşylyklaryny ýeňip geçýär, ol erňekleri bolsa ol aýlanyp geçýär we deşigiň özüniň içerki üstüne galtaşmaýan haldaky görnüşde akýar (6.2-nji surat).

Galyň diwar diýip, galyňlygy $3d$ ululykdan ýa-da diwardaky deşigiň beýleki iň uly çyzykly ölçeginiň üç essesinden az bolmadyk diwara aýdylýar.

Hemişelik H basyş astynda deşikden akyp çykanynda (açyk gapda hemişelik basyş goşmaça çeşmäniň hasabyna ondaky suwuklygyň üýtgewsiz derejesini goldamak arkaly üpjün edilýär; ýapyk gapda — suwuklygyň üstündäki gazyň basyşynyň hemişelik derejesini goldamak arkaly üpjün edilýär) akym durugyşan bolar. Suwuklygyň bölejikleri deşige garşy ähli taraplardan birigýän egriçyzykly traýektoriýalar boýunça hereket edýärler. Deşikden çykanlarynda gyraky elementar akymjyklar esasy akyma konoidal görnüşi berýärler, onuň netijesinde deşigiň golaýynda akymyň gysylmaklygy we üstüň dartylmak güýçleriniň täsiri astynda onuň formasynyň mundan

buýanky deformasiýasy bolup geçýär. Meselem, inedördül deşikden akyp çykanynda akymyň kesigi deňuçlarly haçyň görnüşini alýar; üçburçly deňtaraply deşikden akyp çykanynda — üçuçly ýyldyzyň görnüşini alýar. Bu hadysa *inwersiýa* diýilýär. Akymyň iň köp gysylmaklygy rezerwuaryň diwaryndan takmynan $0{,}5d$ -e deň aralykda bolup geçýär.



6.2.-nji surat. Tegelek deşikden akyp çykmak:
a — ýuka diwarda; *b* — ýiti erňeklide

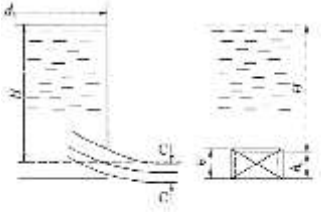
Deşigiň rezerwuaryň (gabyň) beýleki diwarlaryna görä ýagdaýyna baglylykda kämil we kämil däl, doly we doly däl gysylyşlary bolan deşikleri tapawutlandyrýarlar.

Gabyň beýleki diwarlaryndan (şol sanda düýpden hem) $l \geq 3d$ aralyga ýa-da üçeldilen ekwiwalent diametre daşlaşan deşik kämil we doly gysylyşly deşik bolar. Bu ýagdaýda gysylyş ähli taraplaýyn we iň uly bolar. Bu ýagdaýda gabyň diwarlary gysylmaklyga täsir etmeýärler.

Kämil däl gysylyşly deşik diwarlardan $l < 3d$ aralykda, ýagny diwarlaryň biriniň golaýynda ýerleşýär. Bu ýagdaýda diwaryň ýakynlygy öňki ýagdaýdakyda bolanyndan az güýçli gysylmaklygy ýüze çykarýar, ýagny akymyň gysylan kesiginiň meýdany kämil gysylmakdakydan uly bolar. Emma akymyň gysylmaklygy doly, ýagny ählitaraplaýyn bolar.

Doly däl we kämil däl gysylmaly deşik haçan-da ol gabyň diwarlarynyň birine galtaşýan ýagdaýynda bolar (sur. 6.3). Bu ýagdaýda gysylmak deşigiň ähli perimetri boýunça däl görnüşde bolup geçer.

Suratlarda belgilenilendirler: d_0 — desigiň diametri, d_c — gapdan akyp çykýan akymyň gysylan kesiginiň diametri, d_1 — gabyň (rezerwuaryň) diametri.



6.3-nji surat. Akymyň doly däl we kämil däl gysylmalary bolan deşikler.

Gysylan akymyň meýdanynyň deşigiň meýdanyna gatnaşygy

$$\varepsilon = \frac{\omega_{gys}}{\omega_0} = \left(\frac{d_c}{d_0}\right)^2 \qquad (6.1)$$

akymyň gysylmak koeffisiýenti diýlip atlandyrylýar (10.3 formula hem serediň). ε koeffisiýent gysylmaklygyň derejesiniň funksiýasydyr:

$$n = \frac{\omega_0}{\omega_1} = \left(\frac{d_0}{d_1}\right)^2. \qquad (6.2)$$

N.E.Žukowskiniň teoretiki formulasy boýunça

$$\varepsilon = \frac{\pi}{\pi + 2\dfrac{2\theta}{tg2\theta}} \qquad (6.3)$$

bu ýerde

$$tg\left(1+\frac{2}{\pi}\frac{2\theta}{tg2\theta}\right)=n \qquad (6.4)$$

(6.3) we (6.4) formulalar tekiz yşdan akyp çykmak ýagdaýy üçin getirilip çykarylandyrlar. Emma $n<0,6$ bolanda olar tegelek turbalar üçin tejribeden alnan maglumatlar bilen gowy gabatlaşýarlar (aratapawut 0,007-0,01 çäklerdedir), bu bolsa deşigiň görnüşiniň (formasynyň) gysylmak ε koeffisiýentiniň ululygyna gowşak täsiriniň bardygyny görkezýär.

ε ululygy N.E.Žukowskiniň formulalary boýunça kesgitlemeklik belli bir hasaplaýyş kynçylyklary bilen baglydyr. Şonuň üçin A.D.Altşul tarapyndan takmynan formula (10.34) teklip edildi:

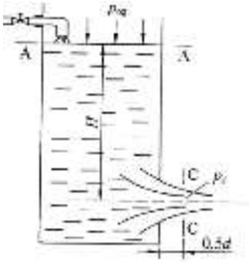
$$\varepsilon=0,57+\frac{0,43}{1,1-n}$$

ol n ululygyň 0-dan 1-e çenli aralykdaky bahalarynyň çäklerinde tejribeden bolan maglumatlary gowy şöhlelendirýär.

Hususan hem, $n\to 0$ bolanda (uly ölçeglerdäki rezerwuardaky deşik) (6.3) formuladan gelip çykýar:

$$\varepsilon=\frac{\pi}{\pi+2}\cong 0,611,$$

(10.34) formula boýunça bolsa $\varepsilon\cong 0,609$. Tejribedäki maglumatlar boýunça $n\cong 0$ bolanda $\varepsilon=0,604$.



6.4-nji surat. Rezerwuardan suwuklygyň akyp çykmaklygy.

Hemişelik basyşda, ýuka diwarlarly çäkli ölçeglerli rezerwuardan kiçi deşik arkaly atmosfera suwuklygyň akyp çykmak ýagdaýy üçin A—A we C—C kesikler üçin D.Bernulliniň deňlemesini düzeliň (sur. 6.4):

$$H + \frac{p_{oc}}{\rho g} + \frac{\alpha_{oc} V_{oc}^2}{2g} = \frac{p_c}{\rho g} + \frac{\alpha_c V_c^2}{2g} + h_w, \qquad (6.5)$$

bu ýerde $H = z_{oc} - z_c$ — gidrostatiki basyş;

p_{oc} we V_{oc} — A–A üstdäki basyş we ony düşürmekligiň tizligi;

p_c we V_c — gysylan kesikdäki şolar ýaly parametrler;

$$h_w = \zeta_0 \frac{V_c^2}{2g} \quad — \qquad (6.6)$$

deşik arkaly akyp çykmakda basyşyň ýerli ýitgileri.

(6.6) aňlatmany (6.5) deňlige goýup we soňkyny gysylan kesikdaki tizlige görä çözüp, tapýarys

$$V_c = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta_0}}\sqrt{2g\left(H + \frac{p_{oc} - p_c}{\rho g}\right) + \alpha_{oc}^2 V_{oc}^2} \,. \qquad (6.7)$$

Bu deňligi V_c ululyga bölüp, alýarys:

$$1 = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta_0}}\sqrt{\frac{2g}{V_c^2}\left(H + \frac{p_{oc} - p_c}{\rho g}\right) + \alpha_{oc}^2 \frac{V_{oc}^2}{V_c^2}}$$

Aşakdakylary göz öňünde tutup

$$\frac{V_{oc}}{V_c} = \frac{\omega_{gys}}{\omega_{oc}} \quad \text{we} \quad \frac{\omega_{gys}}{\omega_{oc}}\frac{\omega_0}{\omega_0} = \frac{\omega_{gys}}{\omega_0}\frac{\omega_0}{\omega_{oc}} = \varepsilon n \,,$$

soňky deňligi şeýle görnüşde täzeden ýazalyň:

$$\sqrt{\alpha_c + \zeta_0} = \sqrt{\frac{2g}{V_c^2}\left(H + \frac{p_{oc} - p_c}{\rho g}\right) + \alpha_{oc}^2 \varepsilon^2 n^2} \,.$$

Bu deňligiň iki tarapyny hem kwadrata göterip we ony V_c görä çözüp, tapýarys:

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \zeta_0 - (\alpha_{oc}\varepsilon n)^2}}\sqrt{2g\left(H + \frac{p_{oc} - p_c}{\rho g}\right)} \qquad (6.8)$$

ýa-da

$$V_c = \varphi\sqrt{2g\left(H + \frac{p_{oc} - p_c}{\rho g}\right)}; \qquad (6.9)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \zeta_0 - (\alpha_{oc}\varepsilon n)^2}}$$ — tizlik koeffisiýenti (6.10)

Hususy ýagdaýlar

Ilki bilen, akymyň gysylan kesigindäki p_c basyşyň — p_0 atmosferanyňka deňdigini belläliň. Seredilýän ýagdaýlarda uly bolmadyk nätakyklyklara ýol bermän $\alpha_{oc} = \alpha_c = 1$ diýip hasaplap bolar.

Erkin üstli rezerwuar

Bu ýagdaýda $p_a = p_0$ — atmosfera basyşyna deňdir. Onda $p_a - p_c = 0$ we $H = const$ bolanda alarys:

$$V_c = \varphi\sqrt{2gH}, \qquad (6.11)$$

bu ýerde $\alpha_c = \alpha_{oc} = 1$ bolanda

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_0 - \varepsilon^2 n^2}} \; . \qquad (6.12)$$

Eger-de üstüň A meýdany deşigiň meýdanyndan has uly bolsa, onda $n \approx 0$ we

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_0}} \; . \qquad (6.13)$$

Ideal suwuklyk üçin $\zeta_0 = 0$ we $n = 0$ bolanda alýarys:

$$V_c = \sqrt{2gH} \ . \tag{6.14}$$

bu Torriçelliniň erkin üstli uly rezerwuardan suwuklygyň akyp çykmagy üçin teoretiki formulasydyr.

Suwuklygyň sarp edilmekligi kesgitleme boýunça deň bolar:

$$Q = V_c \omega_c ,$$

ýa-da (6.1) we (6.11) deňlikleri hasaba almak bilen:

$$Q = \varepsilon \varphi \omega_0 \sqrt{2gH} \tag{6.15}$$

ýa-da

$$Q = \mu \omega_0 \sqrt{2gH} \tag{6.16}$$

bu ýerde

$$\mu = \varepsilon \varphi = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \zeta_0 + \varepsilon^2 n^2}} \text{ — } \tag{6.17}$$

sarp etmek koeffisiýenti. $n = 0$ bolanda $\mu = \dfrac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \zeta_0}}$.

Tegelek kiçi deşigiň ε, φ we μ koeffisiýentleriniň bahasy onuň erňekleriniň görnüşine, deşige suwuklygyň akyp gelmeginiň şertlerine we Reýnoldsyň sanyna baglydyr:

$$Re = \frac{V_c d_0}{\nu} \cong \frac{d_0\sqrt{2gH}}{\nu}$$

bu ýerde ν — kinematiki şepbeşiklik.

Beýleki deň şertlerde sarp etmek μ koeffisiýentiniň Re sana baglylygy, deşigiň ýiti erňekleri bolanynda, 7-nji tablisada getirilendir.

7-nji tablisa

$\mu = (Re)$ bahalar

Re	$1{,}5 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	10^5	$2{,}5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	10^6
μ	0,638	0,623	0,610	0,603	0,597	0,594	0,593

Bellik: $Re > 10^5$ bolanynda Reýnoldsyň sanynyň akyp çykmaklygyň μ, ε we φ koeffisiýentlerine täsiri praktiki taýdan möhüm däldir we hasaplamalar üçin olaryň orta bahalaryny ulanyp bolar (suw üçin): $\varphi = 0{,}97;$ $\varepsilon = 0{,}62;$ $\mu = 0{,}60.$ Özi hem $\zeta_0 = \frac{1}{\varphi^2} - 1 \cong 0{,}063.$

Suwuklygyň üstünde hemişelik basyşly ýapyk rezerwuar

Bu ýagdaýda gysylan kesikdäki tizlik (6.9) formula boýunça kesgitlenilýär we φ koeffisiýent (6.12) ýa-da (6.13) formulalar boýunça kesgitlenilýär. Eger-de gap $p_1 = const$ basyş astynda doly doldurylan bolsa, onda $H = 0$ bolanda

$$V_c = \varphi\sqrt{2g\frac{p_1 - p_0}{\rho g}}. \qquad (6.18)$$

Suwuklygyň sarp edilmekligi $Q = V_c \omega_{ct} = V_0 \varepsilon \omega_0$ deňlige we (6.9) we (6.18) formulalara laýyklykda, $H \neq 0$ bolanda aşakdaky formulalar boýunça kesgitlenilýär:

$$Q = \varepsilon \varphi \omega_0 V_c = \mu \omega_0 \sqrt{H + 2g \frac{(p_1 - p_2)}{\rho g}}, \tag{6.19}$$

bu ýerde

$$\mu = \varepsilon \varphi = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \zeta_0 + \varepsilon^2 n^2}}, \tag{6.20}$$

ýa-da $H \approx 0$ bolanda:

$$Q = \mu \omega_0 \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\rho g}}, \tag{6.21}$$

bu ýerde μ ululyk (6.20) formula boýunça kesgitlenilýär.

Deslapky hasaplamalar üçin uly Re sanlarda uly rezerwuarlar üçin $\mu = 0{,}6$ kabul edýärler.

Silindriki rezerwuar bilen okdaş düýpdäki deşigiň üsti bilen akyp çykmaklyk.

Heniz hem hemişelik basyşda ýuka diwardaky tegelek deşik arkaly akyp çykmaklyga seredýäris. Bu ýagdaýda tizlik (6.16) formula boýunça kesgitlenilýär, bu ýerde H — gidrostatiki basyşalaryň tapawudydyr, ol deňdir

$$H = \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g}\right) = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = h - \frac{p_1 - p_2}{\rho g} \tag{6.22}$$

l ululygy H ululyk bilen deňeşdireniňde hasaba almaýarlar.

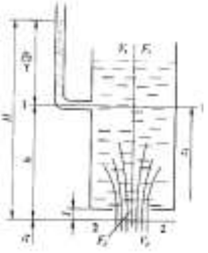
(6.12) we (6.17) formulalarda akymyň gysylmak ε koeffisiýentini uly Re sanlarda ($\mathrm{Re} > 10^5$) şu empiriki formula boýunça kesgitläp bolar:

$$\varepsilon = 0{,}62 + 0{,}38\left(\frac{\omega_0}{\omega_1}\right)^2, \qquad (6.23)$$

bu ýerde ω_0 — desigiň meýdany, hem-de kabul edýärler $\zeta_0 = 0{,}06$; ω_1 — rezerwuaryň kesiginiň meýdany.

Çäk ýagdaýda — $n = \frac{\omega_0}{\omega_1} = 0$ bolanda φ ululygy (6.13) formula boýunça kesgitleýärler we $\mu = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1+\zeta_0}} = \varphi\varepsilon$.

Akyp çykmaklygyň tizligini we sarp etmekligi (6.18) we (6.19) formulalar boýunça tapýarlar.



6.5-nji surat. Düýpdäki deşik boýunça akyp çykmak.

Dereje astyna akyp çykmak

Suwuklygyň bir rezerwuardan, başdakydaky ýaly şol bir suwuklyk bilen doldurylan beýlekisine ýuka diwardaky deşik arkaly akyp çykmaklygy, dereje astyna ýa-da suw basan deşik arkaly akyp çykmaklyk ýagdaýy bolup durýandyr (sur. 6.6). A rezerwuardan B rezerwuara akyp çykýan akym hem gysylmaklyga sezewardyr. Gysylan kesikdäki ω_2 basyş, şol sanda ähli B rezerwuardaky hem, gidrostatiki kanun boýunça paýlanylýar.

D.Bernulliniň I-I kesik üçin we C-C gysylan kesik üçin deşigiň okundan geçýän O-O tekizlige görä deňlemesini düzeliň:

$$H_1 + \frac{p_0}{\rho g} + \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_c}{\rho g} + \frac{\alpha_0 V_c^2}{2g} + \zeta_0 \frac{V_c^2}{2g}, \qquad (6.24)$$

bu ýerde $p_c = p_0 + \rho g H_2$. Erkin üstde $V_0 = 0$.

Şuny göz öňünde tutup, (6.24) deňlemäni şeýle görnüşde täzeden ýazmak mümkin:

$$H_1 = H_2 + (\alpha_0 + \zeta_0) + \frac{V_c^2}{2g}, \qquad (6.25)$$

bu ýerden

$$V_c = \varphi\sqrt{2g(H_1 - H_2)} = \varphi\sqrt{2gH_0}$$

bu ýerde

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_0 + \zeta_0}}. \qquad (6.26)$$

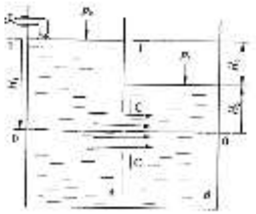
Beýle ýagdaýda sarp etmeklik deň bolar

$$Q = \mu \omega_0 \sqrt{2gH}\,, \tag{6.27}$$

bu ýerde

$$\varphi = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\alpha_0 + \zeta_0}}\,. \tag{6.28}$$

Düzgün bolşy ýaly, φ we μ ululyklaryň bahalaryny suwa basdyrylmadyk deşik arkaly akyp çykmaklygy hasaplamakdaky ýalylara deň kabul edýärler.



6.6-njy surat. Dereje astyna akyp çykmak.

6.2. ÝUKA DIWARDAKY ULY DEŞIK ARKALY AKYP ÇYKMAKLYK

Wertikal diwardaky tegelek deşik

Rezerwuardaky suwuklygyň erkin üsti astyndaky deşigiň çümdürilmekliginiň çuňlugyny *H* arkaly belläliň, özi hem deşigiň diametri *d* bolsun.

Deşigiň meýdanyny giňligi *2x* we beýikligi *dh* bolan elementar gorizontal zolaklara böleliň (sur. 6.7). Olaryň meýdany deňdir: $d\omega = 2xdh$. Beýle zolak arkaly *h* çuňlukda elementar sarp etmekligi (6.16) formula meňzeşlikde şeýle aňladyp bolar:

$$dQ = \mu d\omega\sqrt{2gh} = 2\mu x\sqrt{2gh}dh. \qquad (6.29)$$

Surata laýyklykda tapýarys

$$x = \frac{d}{2}\sin\alpha = r\sin\alpha; \qquad (6.30)$$

$$h = H - r\cos\alpha; \quad dh = r\sin\alpha d\alpha, \qquad (6.31)$$

bu ýerde $r = 0{,}5d$.

6.7-nji surat. Wertikal diwardaky uly deşik.

(6.30) we (6.31) deňlikleri (6.29) deňlige goýup, alýarys

$$dQ = 2\mu r^2 \sqrt{2g(H - r\cos\alpha)} \cdot \sin^2\alpha\, d\alpha$$

Bu deňligi 0-dan Q –a çenli we 0-dan π -e çenli çäklerde integrirläp, ähli deşik üstünden suwuklygyň sarp edilişini hasaplamak üçin aňlatmany alýarys:

$$Q = \int_0^{\pi} 2\mu r^2 \sqrt{2gH} \sqrt{1 - \frac{r}{H}\cos\alpha} \cdot \sin^2\alpha\, d\alpha =$$

$$= 2\mu r^2 \sqrt{2gH} \int_0^{\pi} \sin^2\alpha \sqrt{1 - \frac{r}{H}\cos\alpha}\, d\alpha\,.$$

Soňky deňligiň sag bölegindäki integral diňe takmynan tapylyp bilner. Takmynan çözmekligiň netijesinde alýarys:

$$Q = \mu\left[1 - \frac{1}{3\pi}\left(\frac{r}{H}\right)^2\right]\pi r^2 \sqrt{2gH}$$

ýa-da, $\frac{r}{H}$ ululygyň kiçi bahalarynda, kwadrat ýaýlardaky ikinji agzany hasaba alman, alýarys:

$$Q = \mu \pi r^2 \sqrt{2gH} = \mu \omega_0 \sqrt{2gH}\,, \qquad (6.32)$$

bu ýerde $\omega_0 = \pi r^2$ - akyp çykmaklygyň deşiginiň meýdany.

(6.32) formulanyň tejribelikde, has takyk formula alnan kwadrat görnüşliden başga islendik görnüşli uly deşiklerden akyp çykmakda sarp etmekligi kesgitlemek üçin ulanylýandygyny bellemek gerekdir.

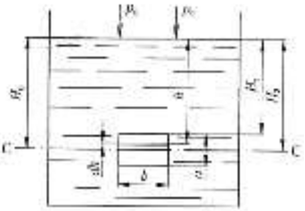
Akymyň orta tizligi belli baglanyşykdan kesgitlenilýär:

deşikde — $V_0 = \frac{Q}{\omega_0}$;

daralan kesikde — $V_c = \dfrac{Q}{\omega_c}$.

Wertikal diwardaky göniburçly deşik

Goý, suwuklygyň akyp çykmaklygy atmosfera bolup geçýär ýa-da hemişelik basyşda uly deşigiň üsti bilen bolup geçýär, bu deşigiň beýikligi deşigiň agyrlyk merkeziniň çümdürilmek H_0 çuňlugy bilen ölçegdeşdir (sur. 6.8). Deşigiň meýdany $\omega_0 = ab$, bu ýerde b — onuň giňligi.



6.8-nji surat.. Göniburçly deşik arkaly akyp çykmaklyk.

Oňdäki ýagdaýda bolşy ýaly, deşigiň meýdanyny giňligi *b* we beýikligi *dH* bolan elementar $d\omega$ meýdanjyklara böleliň. Şu hilli bir meýdanjygyň üsti bilen *h* çuňlukda elementar sarp etmekligi öňki ýaly formula bilen aňladalyň:

$$dQ = \mu_m d\omega\sqrt{2gh} = \mu_m b\sqrt{2gh}\, dh, \qquad (6.33)$$

bu ýerde μ_m — kiçi deşigiň sarp etmek koeffisiýenti.

Doly Q sarp etmekligi deşigiň ähli meýdany boýunça elementar sarp etmeklikleri jemlemek bilen taparys, ýagny soňky deňligi 0-dan *Q*-a we H_1-den H_2-ä çenli integrirlemek arkaly:

$$\int dQ = \mu_m b\int_{H_1}^{H_2}\sqrt{2gh}\, dh = \mu_m b\sqrt{2g}\,\frac{2}{3}\left(H_2^{\frac{3}{2}} - H_1^{\frac{3}{2}}\right). \qquad (6.34)$$

$\mu_m = const$ bolanda (6.33) formula takykdyr. Emma ony praktiki maksatlar üçin ýönekeýleşdirip bolar. Aşakdaky (sur. 6.8) ýaly bolýandygy üçin

$$H_1 = H_0 - \frac{a}{2} \text{ we } H_2 = H_0 + \frac{a}{2}$$

ýazyp bolar:

$$Q = \frac{2}{3}\mu_m b\sqrt{2g}\left[\left(\mathrm{H}_0 + \frac{a}{2}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\mathrm{H}_0 - \frac{a}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\right].$$

Tegelek ýaýlardaky ikiagzalary Nýutonyň binomy görnüşinde aňladyp, dargatmaklygyň birinji agzalary bilen çäklenip, özgertmelerden soňra we $\frac{2}{3}\mu_m = \mu_b$ diýip belläp, alýarys:

$$Q = \mu_b ba\sqrt{2gH_0}\left[1 - \frac{1}{96}\left(\frac{a}{H_0}\right)^2 - \frac{1}{2048}\left(\frac{a}{H_0}\right)^4\right].$$

Adatça $\frac{a}{H}$ gatnaşyk 0,5-den uly däldir we özi hem kwadrat ýaýlardaky aňlatmanyň ikinji we üçünji goşulyjylarynyň jemi 0,002-den geçmeýär. Şol sebäpli praktiki maksatlar üçin ýeterlikli takyklyk bilen kabul edip bolar

$$Q \cong \mu_b ab\sqrt{2gH_0} = \mu_b \omega_0 \sqrt{2gH_0}, \qquad (6.35)$$

ýagny bu (6.32) deňlige meňzeşdir.

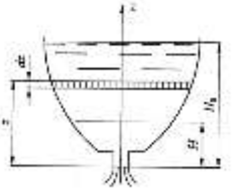
Sarp etmekligiň μ_b koeffisiýentiniň ululygy tejribeleriň maglumatlaryna görä uly deşikler üçin, deşigiň görnüşine baglylykda 0,65-0,90 çäklerde ýerleşendir. Göniburçly deşik üçin:

$$\mu_b = \mu_m\left(1 - \frac{1}{96}\frac{a^2}{H_0^2}\right). \qquad (6.36)$$

Ýiti erňekli uly deşikler üçin turbulent akyp çykmaklykda $\mu_b = 0{,}60 \div 0{,}65$, özi hem bu ululyk $\frac{H}{a}$ näçe uly boldugyça şonça-da uludyr.

6.3. ÜÝTEÝÄN BASYŞDA SUWUKLYGYŇ AKYP ÇYKMAKLYGY

Üýtgeýän basyşda suwuklygyň akyp çykmaklygyna rezerwuarlar boşadylanda (ýa-da doldurylanda) aýdyň halda syn edip bolar (6.9-njy surat).



6.9-njy surat. Gapdan akyp çykmaklyk

Suwuklygyň z derejesiniň dz beýiklige peselmeklik prosesiniň differensial deňlemesi akymyň üzülmezlik deňlemesiniň esasynda şeýle görnüşde ýazylar:

$$\Omega(z)V_z = \Omega(z)\frac{dz}{dt} = Q_z$$

ýa-da

$$\Omega(z)dz = Q_z dz, \qquad (6.37)$$

bu ýerde $\Omega(z)$ — erkin görnüşli rezerwuarda, akyp çykmaklygyň deşiginiň erňeginden z beýiklikde suwuklygyň erkin üstüniň meýdany;
dz — dt wagtda rezerwuarda suwuklygyň derejesiniň peselmekligi.
Q_z — dt wagtda z basyşda akyp çykmaklygyň deşigi arkaly suwuklygyň sarp edilmekligi.

Derejäňiň peselmek tizligini we inersiýa güýçlerini hasaba alman, hem-de dt wagt dowamynda akyp çykmaklyk prosesini durugyşan hasaplap, D.Bernulliniň deňlemesini ýazalyň:

$$z + \frac{p_0}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{2g} + \zeta\frac{V^2}{2g},$$

bu ýerde p_0 — üstdäki we rezerwuardan cykyşdaky atmosfera basyşy.

Şeýlelik-de,

$$V = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta}}\sqrt{2gz} = \varphi\sqrt{2gz}$$

we onda

$$Q_z = \varepsilon\omega_0 V = \varepsilon\varphi\omega_0\sqrt{2gz}$$

ýa-da

$$Q_z = \mu\omega_0\sqrt{2gz}, \qquad (6.38)$$

bu ýerde ω_0 — çykyş deşiginiň meýdany, ε — akymyň daralmak koeffisiýenti, $\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha+\zeta}} \cong \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}$ — tizlik koeffisiýenti, $\mu = \varepsilon\varphi$ — sarp etmekligiň koeffisiýenti.

(6.38) deňligi (6.37) deňlige goýup, derejäniň *dz* ululyga peselmekliginiň *dt* wagtyny kesgitlemek üçin aňlatmany tapýarys we alýarys

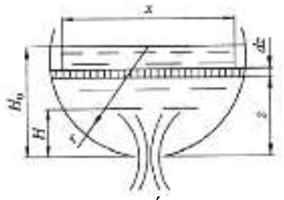
$$dz = -\frac{\Omega(z)dz}{\mu\omega_0\sqrt{2gz}}.$$

Adatça, az şepbeşikli suwuklyklar akyp çykanlarynda (suw, benzin we ş.m.) çykyşda akym turbulent bolar we sarp etmekligiň koeffisiýenti praktiki taýdan hemişelik bolar. Gabyň bölekleýin boşamaklygynyň wagtyny (derejäniň H_0-dan H-a çenli peselmekliginiň) soňky deňlemäni integrirläp tapýarys:

$$t = -\frac{1}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\int_{H_0}^{H}\frac{\Omega(z)dz}{\sqrt{z}} = \frac{1}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\int_{H}^{H_0}\frac{\Omega(z)dz}{\sqrt{z}} \qquad (6.39)$$

Eger-de $\Omega(z)$ meýdany *z* basyşa bagly funksiýa hökmünde analitiki aňladyp bolsa, onda (6.39) deňligiň sag tarapyndaky integraly hasaplap bolar. Käbir hususy ýagdaýlara seredeliň.

Gorizontal ýarymsilindr görnüşindäki rezerwuar



6.10-njy surat. Ýarymsilindr

Radiusy $r = H_0$ bolan silindriki kersenden akyp çykmaklyga seredeliň (sur. 6.10). Deşigiň erňeginden *z* beýiklikde erkin üstüň meýdany deňdir

$$\Omega(z) = xl,$$

bu ýerde $x = 2\sqrt{H_0^2 - (H_0 - z)^2} = 2\sqrt{2H_0 z - z^2}$.

Diýmek,

$$\Omega(z) = 2l\sqrt{2H_0 z - z^2}.$$

$\Omega(z)$ ululygyň bu bahasyny (6.39) deňlige goýup, alýarys:

$$t = \frac{2l}{\mu\omega_0\sqrt{2g}} \int_H^{H_0} \sqrt{2H_0 - z}dz$$

$t = 2H - z$ ornuna goýmaklygy ulanyp, tapýarys

$$t = \frac{4}{3}\frac{l}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\left[(2H_0 - H)^{\frac{3}{2}} - H_0^{\frac{3}{2}}\right].$$

Doly boşalmakda $H = 0$. Onda doly boşamaklygyň *T* wagty deň bolar:

$$T=\frac{4}{3}\frac{l}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\left[\left(2H_0\right)^{\frac{3}{2}}-H_0^{\frac{3}{2}}\right]$$

ýa-da

$$T=\frac{4}{3}\frac{1{,}83lH_0^{\frac{3}{2}}}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}$$

Sanawjyny we maýdalawjyny $\frac{\pi}{2}H_0^{\frac{1}{2}}$ ululyga köpeldeliň, Onda alarys

$$T=\frac{4}{3}\frac{\frac{1{,}83lH_0^2\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}\mu\omega_0\sqrt{2gH_0}}$$

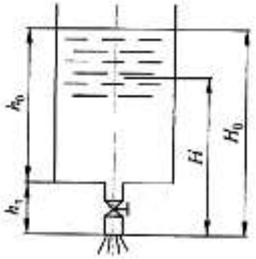
bu ýerde $\frac{\pi lH_0^2}{2}=\frac{\pi lR^2}{2}=W_0$ — rezerwuaryň başlangyç maksimal göwrümi (sebäbi $H_0=R$);

$\sqrt{2gH_0}\cdot\mu\omega_0=Q_0$ — başlangyç sarp etmeklik (başlangyç H_0 basyşdaky sarp etmeklik).

Bu bahalary (6.42) deňlige goýup, koeffisiýentleri hasaplanymyzdan soňra alýarys

$$T=1{,}55\frac{W_0}{Q_0}.$$

Prizmatiki rezerwuar



6.11-nji surat. Prizmatiki rezerwuar.

Prizmatiki rezerwuarda (şol sanda silindrikide hem) kesigiň meýdany $\Omega(z) = \Omega = const$ (sur. 6.11). Bu ýagdaýda (6.39) deňlikden gelip çykýar:

$$t = \frac{2\Omega}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\left(\sqrt{H_0} - \sqrt{H}\right). \qquad (6.40)$$

Doly boşamaklygyň wagty deňdir:

$$T = \frac{2\Omega}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_0 + h_1} - \sqrt{h_1}\right), \qquad (6.41)$$

bu ýerde ω_0 — çykyş deşiginiň meýdany.

Eger-de akyp çykmaklyk düýpdäki deşik ýa-da gysga geýdirilýän bölek arkaly bolup geçýän bolsa ($h_1 \approx 0$), onda doly boşamaklygyň wagty deň bolar ($h_0 \cong H_0$ bolýandygyny hasaba almak bilen).

$$T = \frac{2\Omega\sqrt{H_0}}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}.$$

Sanawjyny we maýdalawjyny $H_0^{\frac{1}{2}}$ köpeldip, alýarys:

$$T = \frac{2\Omega H_0}{\mu\omega_0\sqrt{2gH_0}} \cong \frac{2W_0}{Q_0}, \qquad (6.42)$$

bu ýerde $W_0 = \Omega H_0$ — suwuklygyň rezerwuardaky başlangyç göwrümi.

$Q_0 = \mu\omega_0\sqrt{2gH_0}$ — başlangyç sarp etmeklik.

(6.40) deňlemäni özgerdip, ýazyp bileris:

$$t = 2\Omega\left(\frac{\sqrt{H_0}}{\mu\omega_0\sqrt{2g}} - \frac{\sqrt{H}}{\mu\omega_0\sqrt{2g}}\right) = 2\Omega\left(\frac{\sqrt{H_0}\sqrt{H_0}}{Q_0} - \frac{\sqrt{H}\sqrt{H}}{Q}\right)$$

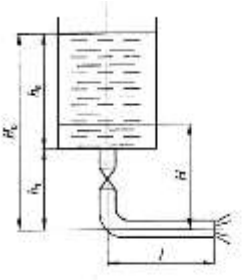
ýa-da

$$t = \frac{2\Omega(H_0 - H)}{Q_0 + Q} = \frac{W_0}{V_{or.}}, \qquad (6.43)$$

bu ýerde $W_0 = \Omega(H_0 - H)$ — rezerwuardan akyp çykýan suwuklygyň göwrümi;

$Q_{or.} = \frac{Q_0 + Q}{2}$ — t wagtda orta sarp etmeklik.

Prizmatiki rezerwuarda sarp etmekligiň wagta baglylygy çyzyklydyr, şonuň üçin akyp çykmaklygyň wagtyny orta arifmetiki sarp etmeklik boýunça hasaplamaklyk kanunydyr.



6.12-nji surat. Turba arkaly akyp çykmaklyk

Sarp etmekligiň μ koeffisiýenti çykyş deşiginiň görnüşine baglylykda alynýar: düýpdäki deşikden akyp çykmaklykda — ýuka diwarlarly deşik üçin ýaly. Az şepbeşikli suwuklyklar üçin: $\varphi = 0{,}97; \quad \mu = 0{,}62$.

Eger-de akyp çykmaklyk diametri *d* we uzynlygy *l* bolan turba arkaly bolup geçýän bolsa (sur. 6.12), onda sarp etmekligiň koeffsiýenti şu formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum\zeta + \lambda\frac{l}{d}}}, \tag{6.44}$$

— bu ýerde $\sum\zeta$ — ýerli garşylyklaryň jemleýin koeffisiýenti, λ — gidrawiki sürtülmekligiň koeffisiýenti.

Örän şepbeşik suwuklyklar akyp çykanlarynda akymyň laminar režimine syn edilýär we şonda sarp etmeklik (eger-de turbanyň uzynlygy boýunça sürtülmeklige ýitgiler bilen deňeşdireniňde ýerli ýitgileri hasaba almasaň), akyp çykmaklyk prosesini *dt* wagt üçin durugyşan diýip seretsek, deň bolar:

$$Q = kz, \tag{6.45}$$

bu ýerde

$$k = \frac{\pi g d^4}{128 \nu l} \qquad (6.46)$$

((8.29) formula, ol ýerde $z = h_w$).

Onda (6.39) deňlige laýyklykda:

$$t = \int_H^{H_0} \frac{\Omega(z)dz}{kz}.$$

Prizmatiki gap üçin $[\Omega(z) = const]$ alarys

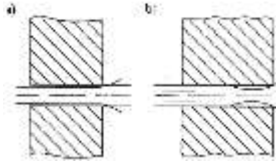
$$t = \frac{\Omega}{k} \ln \frac{H_0}{H}, \qquad (6.47)$$

bu ýerde $H \le H_0$ (sur. 6.12).

6.4. GEÝDIRILÝÄN BÖLEKLER ARKALY AKYP ÇYKMAKLYK

Diwaryň galyňlygy deşigiň diametrinden $\delta > 0{,}2$ bolanda akyp çykmaklygyň häsiýeti düýpli üýtgeýär. Bu ýagdaýda akyma deşigiň üsti täsir edýär. Suwuklygyň akymy deşige girende onuň erňekleri bilen özara täsir arkaly başda gysylýar. Deşigiň üsti we akymyň daralan böleginiň arasynda yş emele gelýär, ol suwuklygyň bölejikleriniň peselen basyşly girdaply akymly zonasy bolup durýandyr. Emele gelen girdaplar akymyň ondan soňraky giňelmekligine sebäp bolýarlar, özi hem akym deşigi doldurýar we ondan, aýtmak kabul edilişi ýaly, doly kesik bilen çykýar, ýagny deşigiň diwaryndan ondan çykmagyň öň ýanynda üzülmeýän ýagdaýda çykýar. Şonuň üçin akyp çykmaklygyň şeýle häsiýetini üzülmesiz režim diýip atlandyrýarlar (sur. 6.13a). Emma gysylmaklygyň derejesine we deşigiň uzynlygyna (diwaryň

galyňlygyna) baglylykda şeýle bolup biler, ýagny akym daralmakdan soňraky giňelende deşigi doldurmaga ýetişmän hem biler we ondan daralan görnüşde çykyp biler. Onda akymyň we deşigiň üstüniň arasyndaky yş daşarky gurşaw tarapyndan doldurylar (atmosfera akyp çykmakdaky ýala meňzeşlikde howa bilen).


6.13-nji surat. Galyň diwardaky deşik arkaly akyp çykmak.

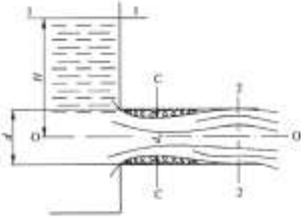
Diýmek, yşda wakuum bolmaz. Kabul edilen aýdylyşdaky ýaly wakuumyň bökdelmekligi bolup geçýär. Akym deşikden, onuň diwaryna galtaşman çykýar. Akyp çykmaklygyň bu häsiýetini akymyň üzülmekligi bolan režim diýip atlandyrýarlar. Bu ýagdaýda galyň diwardaky deşikden akyp çykmaklyk ýuka diwardaky deşikden akyp çykmaklyk ýaly bolup geçýär (sur. 6.13b).

Eger-de akyp çykmaklyk üzülmesiz režim boýunça bolup geçýän bolsa, onda deşigiň käbir optimal uzynlygynda (diwaryň galyňlygynda) sarp etmekligiň μ koeffisiýenti ymykly artýar, emma akymyň akyşyna garşylygyň artmaklygy sebäpli tizligiň koeffisiýenti φ birneme peselýär. Başgaça aýdanyňda, galyň diwardaky deşigiň käbir optimal l uzynlygynda akyp çykmaklyk netijeli bolar, ýagny sekuntlaýyn sarp etmeklik ýuka diwardaky şol bir d diametrli deşikden akyp çykanyndakydan uly bolar. Tejribeler arkaly desigiň optimal uzynlygynyň $l \geq (2 \div 3)d$ çäklerde bolýandygy kesgitlenilendir.

Emma rezerwuarlaryň diwarlarynyň galyňlygyny olaryň berklik şertini üpjün etmek boýunça talap edilýän ululykdan ýokara artdyrmaklygyň ykdysady taýdan bähbitli däldigi

aýdyňdyr. Şonuň üçin ýuka diwarlardaky deşikleriň uzynlygyny “ösdürýärler”, ýagny geýdirilýän bölekleriň kömegi bilen emeli usulda artdyrýarlar, geýdirilýän bölekler turbalaryň gysga bölekleri hökmünde bolup, olar rezerwuarlaryň diwaryna pugta berkidliýär, özi hem geýdirilýän bölegiň içerki diametri rezerwuaryň diwaryndaky deşigiň diametrine deň bolmalydyr. Öz görnüşi boýunça geýdirilän bölekler bolup bilerler: silindriki — daşarky we içerki, koniki — ýygnalýan (konfuzorlar) we giňelýän (diffuzorlar) we konoidal, olaryň içerki üsti geýdirilýän bölege girýän akymy gysmaklygyň birsydyrgyn egrisi boýunça çyzylandyr. Dürli geýdirilýän bölekler arkaly suwuklygyň akyp çykmaklygynyň şertlerine seredelň.

Daşarky silindriki geýdirilýän bölek (sur. 6.14). Goý, geýdirilýän bölek arkaly akyp çykmaklyk üzülmesiz režim boýunça bolup geçsin, ýagny akym geýdirilýän bölekden doly kesik arkaly akyp çykýar, geýdirilýän bölekde bolsa wakuum bolan girdaply zona emele gelýär. Gysylan akymyň iň kiçi diametri — d_c; rezerwuaryň diwarynda we geýdirilýän bölekde deşigiň diametri — *d*.



6.14-nji surat. Silindriki geýdirilýän bölekden akyp çykmak.

1—1 (rezerwuardaky suwuklygyň erkin üsti) we 2—2 (geýdirilýän bölegiň çykyş kesigi) kesikler üçin D.Bernulliniň deňlemesini düzeliň:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_m . \qquad (6.48)$$

Bu deňlemede $z_1 - z_2 = H$ — geometriki basyş, $p_1 = p_2 = p_0$ — atmosfera basyşy. Ondan başga-da, erkin üstüň aşaklanmaklyk tizligini $V_1 = 0$ kabul edip bolar, hem-de $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ alyp bolar. Onda (6.48) deňligi şeýle ýazyp bolar:

$$H = \frac{V_2^2 + h_m}{2g}. \qquad (6.49)$$

Basyşyň ýerli ýitgileri h_m suwuklygyň rezerwuardan deşige girenindäki ýitgilerinden, akymyň gysylan kesigindäki V_{gys} tizlige gatnaşdyrylan görnüşindäkilerden

$$h_{gir.} = \zeta \frac{V_{gys.}^2}{2g}$$

hem-de daralmakldan soňraky duýdansyz giňelmeklige ýitgilerden (sebäbi $\alpha > 60^0$)

$$h_{dg} = \frac{\left(V_{gys.} - V_2\right)^2}{2g}.$$

jemlenýärler.

Gysga turbadaky (geýdirilýän bölekdäki) sürtülmeklige bolan ýitgileri hasaba almasaň hem bolar. Şeýlelik-de, alýarys:

$$h_m = h_{gir.} + h_{dg} = \zeta \frac{V_{gys.}^2}{2g} + \frac{\left(V_{gys.} - V_2\right)^2}{2g}.$$

Üzülmesizlik deňlemesinden gelip çykýar:

$$V_{gys.} = V_2 \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{V_2}{\varepsilon},$$

bu ýerde ε — akymyň daralmak koeffisiýenti. Onda h_m üçin aňlatmany şeýle ýazyp bolar:

$$h_m = \left[\frac{\zeta}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \right] \frac{V_2^2}{2g} = \zeta_n \frac{V_2^2}{2g}. \qquad (6.50)$$

(6.50) aňlatmany (6.49) aňlatma goýup, geýdirilýän bölekden akyp çykmaklygyň $V_2 = V$ tizliginiň bahasyny tapýarys:

$$V = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_n}} \sqrt{2gH} = \varphi_n \sqrt{2gH}\,, \qquad (6.51)$$

bu ýerde

$$\zeta_n = \frac{\zeta}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \text{ —} \qquad (6.52)$$

geýdirilýän bölegiň gidrawliki garşylygynyň koeffisiýenti;

φ_n — onuň tizlik koeffisiýenti:

$$\varphi_n = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_n}}. \qquad (6.53)$$

Geýdirilýän bölegiň sarp etmekliginiň koeffisiýentiniň kesgitlemesi boýunça (formula 6.17) — $\mu_n = \varepsilon_n \varphi_n$. Emma geýdirilýän bölegiň çykyş kesigine gatnaşdyrylan daralmak koeffisiýenti $\varepsilon_n = 1$. Şonuň üçin $\mu_n = \varphi_n$ we sarp etmeklik aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$Q = V\omega_2 = \varphi_n \omega_2 \sqrt{2gH} = \mu_n \omega_2 \sqrt{2gH}\,. \qquad (6.54)$$

Sarp etmekligiň we tizligiň koeffisiýentlerini uly rezerwuardan ($n=0$) uly Re sanlarda ($\zeta=0$) ýuka diwardaky deşikden we geýdirilýän bölekden akyp çykylýan ýagdaýlar üçin deňeşdireliň. Bu ýagdaýda (6.3 formula) daralmak koeffisiýenti deň bolar:

$$\varepsilon=\frac{\pi}{\pi+2}\cong 0{,}611$$

we deşik üçin 6.20 formula boýunça alýarys $\mu_0=\varepsilon=0{,}611$, 6.4 formula boýunça bolsa $\varphi_0=1$.

Geýdirilýän bölek üçin ε ululygyň görkezilen bahasynda 6.52 formula boýunça tapýarys

$$\zeta_n=\frac{4}{\pi^2}=0{,}406,$$

onda bolsa (6.53) formula laýyklykda

$$\varphi_n=\mu_n=\frac{\pi}{\sqrt{\pi^2+4}}\cong 0{,}845. \qquad (6.55)$$

Bu ululyklaryň gatnaşyklaryny düzeliň:

$$\frac{\mu_n}{\mu_0}=\frac{0{,}845}{0{,}611}=1{,}38;$$

$$\frac{\varphi_n}{\varphi_0}=\frac{0{,}845}{1}=0{,}845.$$

Şeýlelik-de, görkezilen şertlerde ($n=0$ we uly Re sanda) geýdirilýän bölek, akyp çykmaklygyň tizligini 15% diýen ýaly azaldýan hem bolsa, sarp etmekligi 35%-den hem köp artdyrýar.

Daşarky silindriki geýdirilýän bölekden akyp çykmaklygyň netijeliligi gidrostatiki basyşyň *H* ululygyna we geýdirilýän bölegiň l uzynlygyna baglydyr. *H* basyşyň ýolbererlik ululygy wakuumyň mümkin bolup biljek "çuňlugyna" ($h_{wak.}$) baglydyr. *H* bilen $h_{wak.}$ arasyndaky baglanyşygy kesgitläliň.

Başda wakuumyň döremek şertlerini belläliň. Üzülmezlik deňlemesinden (sur. 6.14) we (6.3) deňlemä laýyklykda gelip çykýar

$$\frac{V_0}{V_2} = \frac{\omega_0}{\omega_c} = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{\pi + 2}{\pi} = 1{,}64,$$

ýagny C-C gysylan kesikde akymyň tizligi geýdirilýän bölegiň çykyş kesigindäki V_2 tizlikden 64% uly bolar. Diýmek, geýdirilýän bölegiň içindäki p_c basyş geýdirilýän bölegiň kesigindäki p_a atmosfera basyşyndan az bolar. Emma $(p_a - p_c)$ tapawudy wakuum — $p_{wak.}$ diýip atlandyrmak kabul edilendir.

D.Bernulliniň deňlemesini C—C we 2—2 utgaşmalar üçin gorizontal 0—0 tekizlige görä düzeliň ($\alpha_i = 0$ diýip kabul edip):

$$\frac{p_c}{\rho g} + \frac{V_c^2}{2g} = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{(V_c - V_2)^2}{2g},$$

bu yerde sag tarapdaky soňky goşulyjy akymyň duýdansyz giňelmekligine basyşyň ýitgisini aňladýar.

Bu deňlemeden tapýarys:

$$\frac{p_a - p_c}{\rho g} = \frac{p_{wak.}}{\rho g} = \frac{2V_cV_2 - 2V_2^2}{2g} = 2\frac{V_2^2}{2g}\left(\frac{V_c}{V_2} - 1\right) = 2\frac{V_2^2}{2g}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)$$

$\varepsilon_2 = \dfrac{\pi}{\pi + 2}$ goýup, alýarys

$$\frac{p_{wak.}}{\rho g} = 2\frac{V_2^2}{2g}\left(\frac{\pi + 2}{\pi} - 1\right) = \frac{4}{\pi}\frac{V_2^2}{2g}$$

Emma (6.59) laýyklykda

$$\frac{V_2^2}{2g} = \varphi_n^2 H$$

Diýmek, (6.55) hasaba almak bilen

$$\frac{p_{wak.}}{\rho g} = \varphi_n^2 H = \frac{\pi^2}{\pi^2 + 4} H, \qquad (6.56)$$

Aşakdaky belgilemäni girizip

$$h_{wak.} = \frac{p_{wak.}}{\rho g},$$

Alýarys

$$h_{wak.} = \frac{\pi^2}{\pi^2 + 4} H \cong 0{,}711 H. \qquad (6.57)$$

H basyş islendik baha eýe bolup biler, emma onuň ululygyň çägi bardyr, ondan ýokarda geýdirilýän bölekdäki wakuum “bökdelýär”, ýagny gysylan akymyň we geýdirilýän bölegiň içerki üstüniň arasyndaky yş daşarky howa bilen birleşýär. Bu çäk wakuumyň maksimal mümkin bolan bahasy bilen baglanyşyklydyr, ol $(h_{wak.})_{\max} = 10{,}33$m suw süt. Uly Re sanlar üçin (6.57) laýyklykda basyşyň çäk bahasyny tapalyň:

$$H_{\text{çäк}} = \frac{\pi^2+4}{\pi^2} 10{,}33 \cong 13{,}6 \text{ m suw. süt.}$$

Şeýlelik-de, $H_{\text{çäк}}$ ululykdan uly basyşda geýdirilýän bölekde wakuumyň bökdelmekligi bolar, hem-de ol ýuka diwardaky deşik ýaly işlär. Tejribeçilikde $(h_{wak.})_{\max} = 0{,}75H$ kabul edýärler, özi hem ol $5{,}5 \div 6$ m suw. süt. deňdir. Onda, geýdirilýän bölegiň netijeli işini üpjün edýän çäk ýolbererlik basyş bolar

$$H_{\text{çäк}} = \frac{5{,}5 \div 6}{0{,}711} = 7{,}7 \div 8{,}4 \text{ m.} \qquad (6.58)$$

Ähli aýdylanlar geýdirilýän bölegiň uzynlygy $l > (2 \div 3)d$ bolanda ýerine ýetýändir. l ululygyň kiçi bahalarynda hem geýdirilýän bölekde wakuumyň bökdelmekligi bolup geçýär. Emma geýdirilýän bölekleri uzyn etmek hem maksadalaýyk däldir, sebäbi sürtülmeklige ýitgiler artýarlar we sarp edilmeklik azalýar. Sarp etmeklik koeffisiýenti bu ýerde bolar

$$\mu_n = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1+\zeta_n+\lambda\frac{l}{d}}} < \mu = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1+\zeta_n}}. \qquad (6.59)$$

Şonuň üçin geýdirilýän bölekleriň uzynlygyny $l = (3 \div 4)d$ çäkler bilen çäklendirýärler. Emma gerekli ýagdaýlaryň birnäçesinde geýdirilýän bölekleriň uzynlygy bu çäkden ýokarydyr. Meselem, bentleriň we dammalaryň (gaçylaryň) göwresindäki basyşly turbalar işiniň häsiýeti boýunça geýdirilýän bölek bolup durýandyrlar, emma olaryň uzynlygy sarp etmekligi artdyrmak talaby bilen däl-de ýöne

bendiň ýa-da dammanyň ölçegleri bilen kesgitlenilýär. Ýeri geleninde aýtsak, bu ýagdaýda basyş hem $H_{bas.}$ ululykdan köplenç ýokarydyr. Şonuň üçin basyşly turbalar köplenç (meselem, çabga, joşgun we ş.m. suwlar geçirilende) doly däl kesik boýunça işleýärler.

Jemlemede, daşarky silindriki geýdirilýän bölegiň kadaly işlemekligi üçin ony birikdirilen rezerwuaryndan bolan suwuklyk bilen öňünden doldurmaklygyň gerekdigini belläp geçeliň. Bolmasa ol akymyň diwarlardan üzülmekligi bolan ýagdaýda, ýagny ýuka diwardaky deşik ýaly işlär.

Gaplardan geýdirilýän bölekler arkaly akyp çykmakdaky hasaplamadaky $H_{çäк}$ çäk basyşyň ululygyny hereketiň möçberiniň kanuny esasynda başgaça kesgitlemeklik mümkindir:

$$d(mV) = \sum Pdt.$$

Ony geýdirilýän bölekdäki akymyň gysylan we çykyş kesiklerine ulanyp, şeýle deňlemäni alarys:

$$dm(V_x - V) = (p - p_x)\omega dt,$$

bu ýerde $dm = Qdt = \rho\omega Vdt;$

Q — sarp etmek, *dt* — wagt, ρ — dykyzlyk, ω — geýdirilýän bölegiň çykyş kesiginiň meýdany, *V* — bu kesikdäki akymyň tizligi, *dm* — massanyň differensialy, V_x we p_x — gysylan kesikdäki tizlik we basyş.

Şeýlelik-de,

$$\rho\omega Vdt(V_x - V) = (p - p_x)\omega dt,$$

bu ýerden alýarys

$$\rho V(V_x - V) = p - p_x = p_{wak.}$$ — wakuumyň basyşy.

$V = \varphi\sqrt{2gH}$ goýup, tapýarys

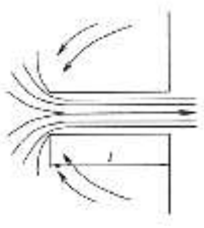
$$H_{\text{çäк}} = \frac{p_{wak.}}{2\varphi^2\rho g\left(\frac{1}{\varepsilon}-1\right)}, \qquad (6.60)$$

bu ýerde $\varepsilon = \frac{V}{V_x} = \frac{\omega}{\omega_x}$ — gysylmak koeffisiýenti.

Içerki silindriki geýdirilýän bölek (sur. 6.15). Bu hilli geýdirilýän bölegiň işleýiş ýörelgesi daşarkynyňky ýalydyr. Emma girişde basyşy ýitirmeklik onda daşarky geýdirilýän bölegiňkä garanyňda ep-esli uludyr, şonuň üçin akymyň gysylmaklygy güýçli bolup geçýär, sarp etmekligiň we tizligiň koeffisiýentleri — azdyr we deňdirler $\varphi = \mu = 0{,}71$.

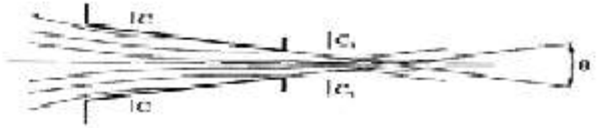
Kiçi uzynlykda $-l < 1{,}5d$ ol akymyň diwarlardan üzülmekligi bilen işleýär. Bu ýagdaýda suw üçin koeffisiýentleriň bahalary deňdirler: $\varepsilon = 0{,}5$; $\varphi = 0{,}98$ we $\mu < 0{,}49$.

Şonuň üçin, eger-de konstruktiw pikir ýöretmeler boýunça başgasy talap edilmeýän bolsa (nämedir bir zat daşarky geýdirilýän bölegi ulanmaklyga päsgel berýär), içerki geýdirilýän bölegi birikdirmekden gaça durmaly, hem-de bolsa turbalar rezerwuarlara birikdirilenlerinde bu turbalaryň uçlarynyň rezerwuaryň içerki üstüne çykmazlyklaryna gözegçilik etmeli.



6.15-nji surat. Içerki silindriki geýdirilýän bölek.

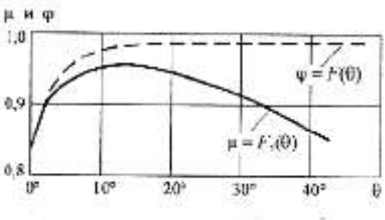
Konfuzorlar (sur. 6.16). Koniki ýygnalýan geýdirilýän bölekde (konfuzorda) girişdäki kiçi garşylyk sebäpli akymyň içerki gysylyşy, daşarky silindriki geýdirilýän bölegiňkä garanyňda azdyr, emma onda çykyşdaky ($C_1 - C_1$ kesik) daşarky gysylma hem peýda bolýar, ondan soňra suwuklyk parallel akymlar boýunça akýar. Geýdirilýän bölegiň içinde akymyň az gysylmaklygy sebäpli konfuzorda basyşy ýitirmeklik daşarky silindriki geýdirilýän bölege garanyňda azdyr, hem-de tizlik uludyr. ζ, φ, μ we ε koeffisiýentler, çykyş kesigine gatnaşdyrylanlarynda, konuslylygyň θ burçunyň ululygyna baglydyrlar, bu 6.17suratyň grafiklerinde görkezilendir.



6.16-njy surat. Konfuzor.

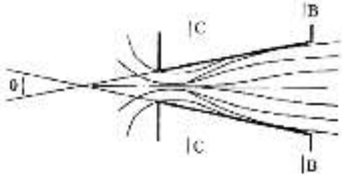
$\mu = f(\theta)$ grafikden sarp etmekligiň başda artýandygy, $\theta = 13^0 24$ bolanda $\mu = 0{,}946$ maksimuma ýetýändigi , soňra kemelýändigi görünýär. Tizligiň koeffisiýenti $\vartheta \cong 20^0$ bolanda $\varphi_{\max}$çenli artýar, soňra hemişelik bolup galýar ($\varphi_{\max} \cong 0{,}98$), emma daşarky silindriki geýdirilýän bölegiňkä garanyňda uludyr (hatda $\theta = 13^0 24'$ bolanda hem $\varphi \cong 0{,}963 > \varphi_n = 0{,}845$).

Konfuzorlary akyma uly idel kinetiki energiýany (urgynyň uzaklygyny we güýjüni) bermek gerek bolanynda ulanýarlar: ýangyn brandspoýtlarynda, gidromonitorlarda, fontanlarda, ežektorlarda we ş.m.).



6.17-nji surat. μ we φ ululyklaryň konuslylygyň θ burçuna baglylyklary

Diffuzorlar (sur. 6.18). Koniki ýygnalmaýan geýdirilýän böleklerde (diffuzorlarda) akymyň gysylmaklygy we wakuum, daşarky silindriki geýdirilýän bölege we konfuzora garanyňda uludyr. Konuslylygyň θ burçunyň artmagy bilen wakuum artýar. Diffuzorda akymyň uly hususy gysylmaklygy we ondan soňraky ep-esli giňelmekligi sebäpli ýitgiler artýarlar, tizligiň φ koeffisiýenti azalýar, emma çykyşdaky basyş artýar. Çykyşda daşarky gysylmaklyk ýokdur we şonuň üçin B—B kesimden aňyrda gysylmaklyk koeffisiýenti $\varepsilon = 1.$



6.18-nji surat. Diffuzor.

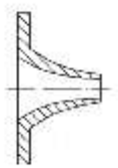
$\theta = 8^0$ bolanda diffuzordan çykysda $\mu = \varphi = 0{,}45$; $\theta_{pr} = 12^0$ bolanda $\mu = \varphi \cong 0{,}26.$ $\theta > 12^0$ burçlarda akymyň üzülmekligi bolup geçýär we geýdirilýän bölek ýuka diwardaky deşik ýaly işleýär. Emma geýdirilýän bölege girişdäki sarp etmeklik koeffisiýenti onuň çykyşdaky görkezilen bahalaryndan ep-esli uludyr, şonuň üçin, bütinleý aýdanyňda, diffuzorlar sarp etmekligi artdyrýarlar.

Şonuň üçin diffuzorlary, akyp çykmaklygyň tizligi azalanda sarp etmekligi artdyrmak gerekli bolan ýerlerde (topragyň ýuwlup äkidilmekliginden gaça durmak maksady

bilen ýollaryň düşeginiň aşagyndaky turbalarda; çalgynyň berilmekliginiň tizligini azaltmak üçin); çykyşda basyşy artdyrmak gerekli bolan ýerlerde (reaktiw gidroturbinalarda, merkeze ymtylýan sorujylarda we ş.m.), hem-de bolsa geýdirilýän bölekdäki ýokary wakuum netijesinde uly sorujy effekt gerekli ýerlerde (inžektorlarda, ežektorlarda we ş.m.) ulanýarlar. Ýeri gelende, ežektoryň yzygiderli ýerleşen diffuzoryň (sormaklyk) we konfuzoryň (çalt akyp çykmaklyk) ulgamy bolup durýandygyny belläliň.

Konoidal geýdirilýän bölek (sur. 6.19). Konoidal geýdirilýän böleklerde ýuka diwardaky deşigiň profili ol deşikden çykýan akymyň formasyny gaýtalaýar, çykyş bölegi bolsa silindriki görnüşe eýedir. Beýle geýdirilýän böleklerde akym diwarlardan üzülmeýär we wakuum ýüze çykmaýar. Geýdirilýän bölekden çykanynda akym gysylmaklygy başdan geçirmeýär: koeffisiýentler $\varepsilon = 1$ we $\varphi = \mu$, özi hem soňkularyň örän uly bahasy bardyr $\approx 0{,}97 - 0{,}995$. Şeýlelikde, konoidal geýdirilýän bölekler has netijelidirler. Emma profili gaýtalamaklygyň takyklygyna we onuň üstüniň arassalagyna ýokary talaplar olary taýýarlamaklygy kynlaşdyrýarlar, şonuň üçin ular giň ýaýraýyşa eýe bolmadylar.

6.1 goşundyda suw üçin dürli geýdirilýän böleklerden akyp çykmaklygyň koeffisiýentleriniň orta bahalary getirilendirler.



6.19-njy surat. Konoidal geýdirilýän bölek.

6.5. ŞEPBEŞIKLIGIŇ AKYP ÇYKMAKLYGA TÄSIRI

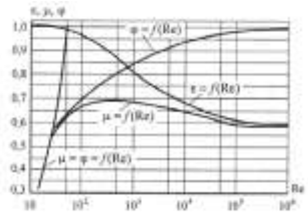
Öňki paragraflarda deşikler we geýdirilýän bölekler üçin akyp çykmaklygyň getirilen koeffisiýentleriniň ululyklary Reýnoldsyň uly sanlarynda dogrudyrlar: $\mathrm{Re} \geq 100000$, bu ýerde Reýnoldsyň sany aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\mathrm{Re} = \frac{Vd}{\nu} \cong \frac{\sqrt{2gH}\,d}{\nu}, \qquad (6.61)$$

bu ýerde d — çykyş deşiginiň diametri; ν — kinematiki şepbeşiklik.

ν ululygyň uly bahalarynda (şepbeşik suwuklyklar: çalgy ýaglary, nebit we ş.m.) we örän kiçi d uluyklarda Reýnoldsyň sany $\mathrm{Re} = 10^5$ ululykdan kiçi bolar. Bu ýagdaýda $\mu, \varepsilon, \varphi$ we ζ koeffisiýentler Re sana baglylykda ymykly üýtgärler. Bu fakt grafiklerde aýdyň görünýär (sur. 20), olar A.D.Altşul tarapyndan geçirilen, ýuka diwardaky kiçi deşikden suwuň akyp çykmaklygy boýunça geçirilen tejribeleriň esasynda düzülendirler.

Grafiklerden görnüşi ýaly gysylmaklygyň ε koeffisiýenti Re sanyň artmagy bilen Re=10 bolanda 1-den $\mathrm{Re} = 10^6$ bolanda 0,6-a çenli üznüksiz kemelýär; tizligiň φ koeffisiýenti artýar, degişlilikde, 0,3-den 0,98-e çenli, sarp etmekligiň koeffisiýenti μ $\mathrm{Re} \approx 0{,}5 \cdot 10^3$ bolanda $\mu_{\max} = 0{,}68$ çenli artýar, soňra $\mathrm{Re} = 10^6$ bolanda $\mu = 0{,}59$-a çenli haýallyk bilen kemelýär.



6.20-nji surat. $\varepsilon, \mu, \varphi$ ululyklaryň Re sana baglylykda funksiýa görnüşindäki grafikleri.

$\mathrm{Re} \geq 10^5$ sanlar üçin A.D.Altşul kiçi deşik üçin sarp etmekligiň koeffisiýenti üçin şu empiriki formulany eklip etdi:

$$\mu = 0{,}592 + \frac{5{,}5}{\sqrt{\mathrm{Re}}}. \qquad (6.62)$$

№	Rusça	Türkmençe
1	Насадка	geýdirilýän bölek
2	сопло	lüle
3	поток	akym, akgyn
4	фаска	ýylmanan gyra; ýylmanan erňek
5	установившееся	durugyşmak
6	вязкость	şepbeşiklik;
7	струя	akym

7-nji bap

Gidrometriýa

7.1. Gidrometriýa we onuň wezipeleri

Türkmenistanyň Prezidenti suw hojalygynyň isgärleriňiň önünde bar bolan suw baýlyklarynyň mukdaryny takyk anyklamak we olary tygşytly ulanmak boýunça uly wezipeler goýdy. Şol wezipeleri amala aşyrmakda suwy ölçemegiň ähmiýeti örän uludyr.

Gidrometriýa gidrologiýa ylmynyň bir bölegidir. Grek dilinde **gidrometriýa** sözi suwy ölçemek diýen manyny aňladýar. Has anyk aýdylanda bolsa, gidrometriýa suwuň hereketini we ýagdaýyny hem-de suw çesmeleriniň düzgünini häsiýetlendiriji ululyklary kesgitlemegiň usullaryny we serişdelerini öwrenýän ylymdyr.

Suwy ölçemegiň esasy wezipelerine aşakdakylar degişli:

1) suw çesmeleriniň düzgünini san taýdan kesgitlemegiň we hasaba almagyň usullaryny we abzallaryny işläp taýýarlamak;

2) suw derejesiniň, suwuň we getirintgileriň akymynyň, suwuň himiki düzüminiň, suwuň temperaturasynyň, buz hadysalarynyň we başgalaryň köpýyllyk häsiýetlendirijilerini kesgitlemek üçin suw çesmeleriniň gidrologiýa düzgünini yzygiderli öwrenmek.

Suw çesmeleriniň gidrologiýa düzgünlerini öwrenmek işleri gidrotehniki desgalara taslama düzülende, gurlanda, ulanylanda, şeýle hem gidrologiýa boýunça ylmy barlaglardan netije çykarylanda hem-de umumylaşdyrylanda, gidrologiýa we suw hojalyk hasaplamalary ýerine ýetirilende zerurdyr.

Suwuň çesmeleri öwrenilende olaryň gidrologiýa taýdan aýratynlyklary we halk hojalygynda ulanmak mümkinçilikleri barada doly düşünje almak üçin beket (stansiýa) we meýdan şertlerinde öwrenmek usullary ulanylýar. Gidrologiýa

beketleriniň we gözegçilik nokatlarynyň (postlaryň) ulgamyny gurmak, abzallaşdyrmak, olarda gözegçilik işleriňi guramak, suw çesmeleriniň düzgünini öwrenmek üçin usullary hem-de abzallary işläp taýýarlamak gidrometriýa dersinde öwrenilýär.

Gidrologiýanyň suw çesmeleri boýunça bölünmegine laýyklykda gidrometriýany hem aşakdakylara bölýärler:

1. Atmosferadaky suwlary ölçemek, ýagny gidrometeorologiýa (bu meteorologiýada ylmynda öwrenilýär).

2.Ýerüsti suwlary ölçemek:

1) ummanlaryň we deňizleriň suwlaryny ölçemek (deňiz gidrometriýasy);

2) gury ýeriň suwlaryny (derýalaryň, kölleriň, howdanlaryň) ölçemek.

3. Ýerasty suwlary ölçemek.

Gidrometriýanyň agzalyp geçilen bölekleriniň içinde has gowy öwrenilen we aýratyn ylmy ders görnüşinde tanalýanlary deňiz we derýa gidrometriýasydyr.

Derýalarda, köllerde we howdanlarda geçirilýän suw ölçeg işleriniň düzümine aşakdakylar degişlidir:

1. Gidrologiýa beketlerini we gözegçilik nokatlaryny gurmak we abzallaşdyrmak;

2. Suw çesmeleriniň çuňlugyny we ýer üstüniň gurluşyny öwrenmek üçin çunlugy ölçemek;

3. Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagyna gözegçilik etmek;

4. Suwuň ýüzüniň eňňitligine gözegçilik etmek;

5. Suwuň temperaturasyna, suw çesmeleriniň doňmagyna we doňunyň çözülmegine, buz örtüginiň galyňlygyna gözegçilik etmek;

6. Suwuň tizligiňi we akymynyň ugruny kesgitlemek;

7. Suwuň we getirintgileriň akymyny kesgitlemek;

8. Getirintgileriň mehaniki düzümiňi kesgitlemek;

9. Suwuň reňkine, durulygyna, göwrüm birliginiň agramyna we himiki düzümine gözegçilik etmek.

Agzalyp geçilenlerden başga-da, suw ölçemek işleriniň düzümine derýa hanalarynyň we howdanlaryň kenarlarynyň üýtgäp durmagyna, olaryň tolkun düzgüniňe gözegçilik etmek, täze abzallary oýlap tapmak hem-de suw ölçemek usullaryny işläp taýýarlamak we başgalar girýär.

Gidrometriýa gidromehanikanyň we fizikanyň üstünliklerine esaslanyp kämilleşýär. Gidrometriýanyň geljekde ösjek ugurlarynyň biri akymyň gurluşyny bozman, onuň ölçenýän ululyklaryny abzallaryň kömegi bilen belli bir aralyga bermekdir.

7.2. Suwy ölçemegiň halk hojalygy üçin ähmiýeti

Suwy ölçemek işleriniň netijesi dürli ylmy-barlag işleri üçin giňden ulanylýar we gidrologiýanyň nazaryýet esaslaryny hem-de gidrologiýa hasaplanyş usullaryny ösdürmäge ýardam edýär.

Ýurdumyzyň suw baýlyklary gämi gataawy, ilatly ýerleri we senagat kärhanalaryny suw bilen üpjün etmek, ýylylyk energetika, oba hojalygy meliorasiýalaşdyrmak-suwarmak, suwlulandyrmak, balykçylyk, sport, şeýle hem syýahat üçin ulanylýar.

Geljekde suw baýlyklaryny tygşytly we toplumlaýyn ulanmak göz öňünde tutulýar, şonuň üçin hem gidrologiýa diňe belli bir gidrotehniki desgany gurmak üçin maglumatlary bermeli däl-de, şol ýerdäki bir ýa-da birnäçe suw çeşmeleriniň suw hojalyk deňagramlylygynyň taslamasyny hem bermelidir.

Ulanmaga bellenen suw çesmelerini suwy ölçemek taýdan ýeterlik uzak we toplumlaýyn öwrenmän, suw hojalygyna meýilnama düzmegiň we iri gidrotehniki desgalary gurmagyň çylsyrymly meselelerini çözmek mümkin däldir.

Gidrotehniki desgalar diňe bir suw çesmeleriniň düzgünini üýtgetmek bilen çäklenmän, özleri hem suwuň täsirine duçar bolýarlar. Şol sebäpli gidrologiýa taýdan esaslandyrylman gurlan desgalaryň ýumrulmagy mümkiňdir.

Suwaryş ulgamlaryny, suw ýollaryny we dürli gidrotehniki desgalary (bentleri, gidroelektrostansiýalary,

gatlalary we başgalary) ulanmak, suw çeşmeleriniň düzgünine yzygiderli gözegçilik etmegi talap edýär. Bu suw baýlyklaryny has tygşytly ulanmaga we güýçli suw joşgunynyň, buz hereketiniň hem-de şuna meňzeşleriň gidrotehniki desgalara howply täsirini duýdurmaga ýardam edýär. Şu mynasybetli gidrologiýa beketleriniň, gözegçilik nokatlarynyň gözegçilikleriniň netijeleri, suw çesmeleriniň gidrologiýa düzgüni, olaryň düzgüniniň üýtgemegi we gidrologiýa hadysalaryň (suw çesmesiniň buzdan saplanmagy we doňmagy we ş.m) çaklamasy barada habar bermek üçin ulanylýar.

Şeýlelikde, gidrometriýa suw hojalygy we gidrotehnika bilen hemişe ýakyndan özara baglanyşykly bolýar. Bu bolsa gidrotehnikanyň ösmegi we suw hojalygynyň talabynyň artmagy bilen bilelikde gidrometriýanyň öwreniş usullarynyň ösmegine, kämilleşmegine alyp gelýär.

8-nji bap

8.1. Türkmenistanyň gidrometeorologiýa gullugy

Türkmenistanyň gidrometeorologiýa gullugy Türkmenistanyň Ministrler Kabinetiniň ýanyndaky gidrometeorologiýa baradaky Milli Komitetine degişli bolup, halk hojalygynyň meteorologiýa, klimatologiýa, aerologiýa, agrometeorologiýa, gidrologiýa ugurlaryndan talaplaryny kanagatlandyrmak üçin döredildi. Gidrometeorologiýa gullugynyň esasy wezipelerine aşakdakylar degişli:

1) Türkmenistanyň gidrometeorologiýa düzgünini öwrenmek;

2) halk hojalygyny howa maglumaty we gidrologiýa hadysalar, klimat, gidrologiýa düzgüni we agrometeorologiýa şertler baradaky maglumatlar bilen üpjün etmek;

3) meteorologiýa, aerologiýa, gidrologiýa pudaklar üçin ylmy-barlag işleri geçirmek;

4) gözegçileriň we ylmy-barlaglaryň maglumatlaryny umumylaşdyrmak we ýyllyk neşirler, maglumat kitapçalar, ylmy işler we ş.m. gönüşinde çapdan çykarmak.

Gidrometeorologiýa gullugynyň hemme gidrologiýa işlerine ylmy-usuly ýolbaşçylygy Türkmenistanyň Ministrler Kabinetiniň ýanyndaky Gidrometeorologiýa baradaky Milli komiteti ýerine ýetirýär.

8.2. Suw ölçeýän beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň guralyşynyň, ýerleşdirilişiniň esasy ýörelgeleri

Gidrometeorologiýa düzgünini öwrenmek üçin hemişelik we wagtlaýyn beketlerde, gözegçilik nokatlarynda gözegçilik işleri guralýar, şeýle hem meýdan şertlerinde öwrenmek işleri geçirilýär.

Gidrometeorologiýa ulgamlary esasy hem-de ýörite beketlerden we gözegçilik nokatlaryndan ybaratdyr.

Esasy beketler we gözegçilik nokatlary yzygiderli hem-de toplumlaýyn gidrometeorologiýa ýagdaýlary, hadysalary, howa gurşawyndaky ýagdaýlary we derýalaryň, kölleriň, howdanlaryň, deňizleriň düzgünini, şeýle hem agrometeorologiýa şertlerini öwrenýärler. Esasy beketler we gözegçilik nokatlary köp wagtlyk, gerek bolanda kesgitsiz wagt üçin açylýarlar (hemişelik ýa-da reperli (beýiklik bellikli) beketler we gözegçilik nokatlary).

Esasy gözegçilik nokatlary düzgünli we maglumat gözegçilik nokatlaryna bölünýär. Düzgünli gözegçilik nokatlary gidrologiýa düzgüniniň: suwuň derejesiniň, suwuň akymynyň, getiriňtgileriň, ergin maddalaryň, suw ýüzüniň eňňitliginiň we derýalaryň hem-de suw çeşmeleriniň beýleki ululyklarynyň ýerli aýratynlyklaryny öwrenmek maksady bilen döredilýär.

Maglumat gözegçilik nokatlary halk hojalygyň gyzyklanýan guramalaryna gidrologiýa düzgüninde bolup

geçýän hadysalar (joşgunlar, suw almak, buz düzgüniniň hadysalary, suwuň derejesi we başgalar) barada maglumat bermek hem-de gidrologiýa düzgüniniň ululyklaryna çaklama düzmek üçin döredilýär.

Ýörite beketler we gözegçilik nokatlary ýörite maksatlar üçin gidrometeorologiýa şertiniň hem-de düzgüniniň ýerli aýratynlyklaryny öwrenýärler. Meselem, uly şäheriň howasynyň köpýyllyk düzgünini, oba hojalyk ekinleriniň ekilýän şertlerini we başgalary öwrenýärler. Eger-de ýakynda ýerleşen esasy beketlerde we gözegçilik nokatlarynda geçirilen gözegçilikler dürli talaplary kanagatlandyrmak üçin ýeterlik bolmasa, onda ýörite beketler gurulýar. Ýörite beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň is möhletleri, olaryň önünde goýlan meselelere baglylykda anyklanýar.

Döwlet gidrometeorologiýa beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň ulgamyndan başga-da öz talaplaryny kanagatlandyrmak üçin dürli guramalar (ylmy, taslama we başgalar) özleri üçin beketleri we gözegçilik nokatlaryny gurýarlar.

Beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň ulgamlary ýerleşdirilende, şu aşakdakylar hökman hasaba alynýar:

1) gözegçilik edilýän gidrologiýa hem-de meteorologiýa boýunça ululyklaryň we hadysalaryň giňişlikde üýtgeýiş derejesi, şeýle hem bütin ' geografiýa gurşawda tebigy şertleriň birmeňzeşlik derejesine baglylykda beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň geografiýa giňlik boýunça paýlanylyşy;

2) beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň gözegçilikleriniň berlen ýer üçin mahsuslygy;

3) ylmyň, halk hojalygynyň talaplaryna laýyklykda gidrometeorologiýa ululyklaryny we hadysalaryny kesgitlemegiň anyklyk derejesi;

4) Türkmenistanda suw hojalyk çäreleriniň ösüş meýilnamasy;

5) ykdysady netijeler.

Gidrologiýa beketleri we gözegçilik nokatlary ýerleşdirilende, mümkin bolsa, az sanly beketler we gözegçilik nokatlary bilen esasy derýanyň we onuň goşantlarynyň suw düzgüni barada ýeterlik hem-de ygtybarly maglumatlary toplap bolar ýaly şertler döretmeli.

Beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň gözegçilik maglumatlaryny deňeşdirmek üçin, olar gözegçiligiň düzümini we möhletini kesgitleýän birmeňzeş maksatnama boýunça işleýärler. Beketlerde we gözegçilik nokatlarynda suwy ölçemek boýunça gözegçilikler birmeňzeş abzallaryň kömegi bilen geçirilýär. Gözegçilik geçiriliş we toplanan maglumatlary işläp taýýarlaýyş usullary hemme beketlerde we gözegçilik nokatlarynda birmeňzeş bolmaly.

8.3. Gidrometeorologiýa ulgamynyň toparlara bölünişi

Görnüşleri boýunça beketler we gözegçilik nokatlary meteorologiýa, aerologiýa, gidrologiýa, deňiz gidrometeorologiýasy (kenardakylar), gämi gidrometeorologiýasy, şeýle hem ýöriteleşdirilenlere bölünýärler.

Beketler we gözegçilik nokatlary I, II we III derejelere bölünýärler (4.1-nji tablisa).

Gidrologiýa beketleri - belli bir sanly işgärlere eye bolan gurama. Olar I we II derejeli bolýarlar. I derejeli beketler öz çägindäki suw çesmeleriň gidrologiýa düzgünini öwrenýärler, berkidilen II derejeli beketlere, gidrologiýa gözegçilik nokatlaryna ýolbaşçylyk edýärler, talap edýän guramalara we edaralara gidrologiýa düzgün baradaky maglumatlary habar berýärler. II derejeli beketler meýdandaky gidrologiýa boýunça gözegçilikleri we gözegçilik nokatlarynyň maglumatlaryny işläp taýýarlamagy we seljermegi alyp barýarlar, şeýle hem adatdan daşary gözegçilikler barada habar berýärler. II derejeli

beketler I derejeli beketleri gurmak amatsyz we suw ölçenýän kesikde tehniki işgäriň bolmagy hökman bolsa gurulýar.

Gidrologiýa boýunça gözegçilik nokady derýada, kölde ýa-da suw howdanynda belli bir talaplary berjaý edip, suwa gözegçilik etmek üçin saýlanyp alnan ýerdir.

Derýadaky gidrologiýa boýunça gözegçilik nokatlary I, II we III derejeli bolýarlar. I derejeli gözegçilik nokatlar suwuň derejesine we ýylylygyna, buzuň döremegine gözegçilik edýärler, suwuň mukdaryny ölçeýärler we I derejeli meteorologiýa gözegçilik nokatlarynyň maksatnamasy boýunça meteorologiýa boýunça gözegçilikleri geçirýärler. Belli bir gözegçilik nokatlarynda getirintgileriň mukdary ölçenilýär we suwuň bulançaklygyny kesgitlemek hem-de himiki seljerme üçin suwuň nusgasy alynýar. II derejeli gözegçilik nokatlar I derejeli gözegçilik nokatlarynyň maksatnamasy boýunça gözegçilikler geçirýärler. Ýöne bu ýerde suwuň we getirintgileriň mukdarlary ölçenilmeýär. Ill derejeli gözegçilik nokatlary suwuň derejesine we ýylylygyna, derýanyň doňmagyna gözegçilik edýärler. Gidrologiýa gözegçilik nokatlarynyň hemme görnüşleri gözegçilikleriň netijeleri barada maglumat bermäge borçly edilýär.

8.1-nji tablisa

Görnüşi	Derejesi
Beketler	
Meteorologiýa	I, II, III
Aerologiýa	I, И
Gidrologiýa	1,11,
Deňiz gidrometeorologiýasy (kenardakylar)	I, II, III
Ýöriteleşdirilenler	
Akym beketleri	Derejä girmeýärler
Agrometeogologiýa beketleri	
Derýanyň aýagyndaky beketler	
Köl beketleri	
Gar-harsaň beketleri	
Batgalyk beketleri	

Gözegçilik nokatlar	
Meteorologiýa boýunça gözegçilik nokatlary	I, II, HI,
Gidrologiýa boýunça gözegçilik nokatlary	I, II, III
Köl gidrometeorologiýa gözegçilik nokatlary	I, II
Deňiz gidrometeorologiýa gözegçilik nokatlary	I, И, III

Derýa gidrologiýa gözegçilik nokatlaryndan başga-da kölleriň gidrometeorologiýa düzgünine gözegçilik edýän I we II derejeli köl gidrometeorologiýa gözegçilik nokatlary hem bolýar. Olar suwuň derejesine, ýylylygyna, buz hadysalaryna hem-de buzuň üstündäki gara, ýele, tolkunlanma we başgalara gözegçilik edýärler.

Yöriteleşdirilen beketler, gözegçilikleri we işleri ýöriteleşdirilen maksatnamalar boýunça alyp barýarlar. Bu maksatnamalar aýratyn çeşmeleri we hadysalary öwrenmegi göz öňünde tutýarlar. Gidrometeorologiýa gullugynda aşakdaky ýöriteleşdirilen beketler bolýar:

-akym beketleri, olar dürli fiziki-geografiýa şertlerinde ýerleşen kiçiräk derýalaryň suw deňagramlylygynyň emele geliş ýagdaýlarynyň we tebigy ýagdaýlaryň, agrotehniki hem-de tokaý melioratiw çäreleriň akyma täsiriňi öwrenýärler;

-agrometeorologiýa beketleri, olar agrometeorologiýa şertleri we olaryň oba hojalyk önümçiligine täsirini öwrenýärler;

-derýanyň aýagyndaky beketler, olar deňizlere guýýan uly derýalaryň aýagynda gidrometeorologiýa düzgüni öwrenýärler. Toplanan maglumatlaryň esasynda gidrologiýa hasaplamalaryň we çaklamalaryň usullary işlenip taýýarlanylýar. Gözegçilik maglumatlary suw ulagynyň, gämi duralgasynyň gurluşygynyň, balyk senagatynyň we ş.m. talaplary üçin ulanylýar;

-köl beketleri, olar kölleriň we howdanlaryň suw deňagramlylygyny, suwuň derejesini, ýylylyk we buz düzgünini, tolkunmasyny öwrenmek maksady bilen

toplumlaýyn gidrometeorologiýa we meteorologiýa gözegçiliklerini geçirýärler;

-gar-harsaň beketleri, olar garyň döreýşini, ýatyşyny we daglyk ýerlerde harsaňyň hereketini öwrenýärler;

-batgalyk beketleri, olar batgaly ýerleriň gidrologiýa düzgünini we ýerli meteorologiýa sertlerini öwrenýärler.

Batgalyk beketleri, batgalygyň suw we ýylylyk düzgüniniň hemme ýagdaýlaryny öwrenýärler: suwuň derejesini, akyp gelýän we akyp gidýän akymyny, doňmagyny we doňunyň çözülmegini, bugarmasyny, şeýle hem toplumlaýyn meteorologiýa gözegçiliklerini geçirýärler.

Ýokarda sanalyp geçilen suw ölçeýän beketlerden we gözegçilik nokatlaryndan başga-da Gidrometeorologiýa gullugynyň ulgam guramalary hem bolýar: gidrometeorologiýa barlag edaralary, bejeriş-dikeldiş toparlary, gidrografiýa toparlary, suw ölçeýän abzallary barlaýan edara, gidrohimiýa laboratoriýasy, radiometeobeketler we daşdaky barmasy kyn bolan suw ölçeýän beketleri üpjün etmek üçin üpjünçilik edarasy.

9-nji bap

9.1. Suwuň derejesiniň düzgüni barada esasy maglumatlar

Derýalardan akyp geçýän, köllerde, batgalyklarda, toprakda ýerleşen suwuň mukdary (göwrümi) yzygiderli üýtgäp durýar. Suwuň mukdarynyň üýtgäp durmagyna baglylykda suw çeşmeleriniň derejesi hem üýtgäp durýar. Bu üýtgäp durmagyň häsiýeti köpýyllyk, möwsümleýiň we gije-gündizlik üýtgemelere sebäp bolýan ýagdaýlaryň täsiri bilen kesgitlenýär.

Suwuň derejesiniň köpýyllyk üýtgäp durmagy meteorologiýa şertiniň wagtal-wagtal üýtgäp durmagy bilen baglanyşyklydyr. Şoňa baglylykda howanyň uzak wagtlap sowamak ýa-da maýlamak, olar bilen baglanyşykly ygalyň

azalmagy ýa-da köpelmegi, suw akymynyň azalmagyna ýa-da köpelmegine, şeýle hem derýanyň, kölüň, batgalygyň we ýerasty suwlaryň derejesiniň ' ýokarlanmagyna ýa-da peselmegine sebäp bolýar. Suwuň derejesiniň köpýyllyk üýtgäp durmagy geologiýa sebäplere (suw çesmesiniň ýokary galmagy ýa-da pese düşmegi) ýa-da derýanyň getirintgileriniň ýuwluş-toplanyş işlerine bagly bolmagy hem mümkin. Meselem, daglyk ýeriň derýalarynyň ýokarky böleginiň hanasynda çunluk boýunça üznüksiz ýuwulmak ýagdaýy bolup geçýär, sol sebäplI suwuň köpýyllyk ortaça derejesi durnukly pese düşýär. Suwuň derejesiniň şeýle pese düşmegi suwuň mukdaryna bagly bolmaýar.

Suwuň derejesiniň ýylyň dowamynda üýtgäp durmagy, esasan, edil şol ýylyň meteorologiýa şertleriňe, ýagny ygalyň mukdaryna, howanyň temperaturasyna we çyglylygyna, ýeliň güýjüne we gaýtalanmagyna bagly bolýar.

Derýalarda, köllerde, batgalyklarda suwuň derejesiniň pasyllar boýunça üýtgäp durmagy, ilki bilen olaryň suw ýygnanýan meýdanynyň geografiýa taýdan ýerleşişi we onuň ýerli şertleri bilen kesgitlenýär. Käbir pasyllarda suwuň derejesiniň üýtgäp durmagyna gös-göni meteorologiýa şertleri täsir edýärler.

Şeýle hem suwuň derejesiniň pasyllar boýunça üýtgäp durmagy, derýanyň suw ýygnanýan meýdanynyň beýikligine we ýer üstüniň gurluşyna, onuň tokaýlylygyna, batgalylygyna we köllüligine bagly bolýar. Beýik daglaryň depesindäki gardan we buzluklardan gözbaş alýan daglyk derýalarynda we köllerinde suwuň iň ýokary derejesi iýul aýynda bolýar (mysal üçin, Amyderýa).

Derýalaryň aşaky akymynda suwuň derejesiniň gije-gündizlik üýtgäp durmagy daşgyn we gaýtgyn sebäpli bolmagy mümkin. Suwuň derejesiniň gije-gündizlik hereketinde göze görnüp duran özgerişler buzluklardan iýmitlenýän kiçi daglyk derýalarynda bolýar, sebäbi bulara meteorologiýa hadysalaryň

(Günüň radiasiýasy, howanyň temperaturasy) gije-gündizlik hereketi täsir edýär.

9.2. Suw ölçenendäki gözegçilikleriň maksady we wezipeleri

Derýalarda, köllerde, howdanlarda, batgalyklarda we deňizlerde suwuň derejesiniň üýtgäp durmagyny öwrenmegiň uly ylmy we hojalyk ähmiýeti bardyr. Köprüler, bentler, gidroelektrobeketler, kenarda dürli desgalar (gämi duralgalary, ammarlar, gatlalar), şeýle hem suwaryş nowhanalar, ýollaryň we derýanyň boýunda ýaşaýyş jaýlary gurlanda, suwuň derejesiniň üýtgäp durmagyny hasaba alman bolmaz. Meselem, gidrologiýa şertleri hasaba almazdan gurlan köpriniň suwuň joşýan wagtynda gämi gatnawy üçin päsgelçilik döretmegi mümkin.

Suwuň derejesi ýeterlik öwrenilmedik derýalardan suwaryş nowhanalaryna suw alynsa, suwuň pes wagty suwsuz galynmagy mümkin. Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagyny öwrenmegiň gämi gatnawy üçin hem uly ähmiýeti bardyr.

Howdanlarda suwuň derejesine gözegçilik etmek, suw hojalyk toplumyna gatnaşyjylaryň, gidroenergetikanyň, gämi gatnawynyň, balyk hojalygynyň we başgalaryň suwa bolan islegini doly kanagatlandyrmak üçin gerek bolýar.

Suwy ölçemeklik derýalarda suwuň derejesine gözegçilik etmek, suwuň mukdaryny hasaplamak üçin uly ähmiýeti bardyr. Akymy hasaplamagyň esasy bolup, derýanyň suw derejesiniň we suwuň mukdarynyň özara baglanyşyk çyzgysy hyzmat edýär. Ol baglanyşyk, köplenç, tejribe ýoly bilen anyklanýar.

Suwuň mukdaryny ölçemek örän kyn we köp wagt alýan işdir, onuň tersine, suwuň derejesini ölçemek ýeňil we köp wagt almaýar.

Sany şeýle bir köp bolmadyk bir wagtda ölçenen suw mukdarynyň Q we suwuň derejesiniň H esasynda gurlan

baglanyşyk Q=f(H) gözegçilik edilen suwuň derejesi boýunça suwuň mukdaryny kesgitlemäge we ýyllyk ýa-da başga wagtlyk akymy hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Suwuň derejesine köp ýyllap we yzygiderli gözegçilik etmegiň esasynda öwrenilýän suw çeşmesiniň suw derejesiniň düzgünini suratlandyrmak mümkiň we ondan başga-da suwuň mukdarynyň we suwuň derejesiniň arasyndaky baglanyşyk çyzgy boýunça suwlulygy dürli bolan ýyllaryň suwunyň mukdary barada maglumat almak mümkiňçiligi döreýär.

9.3. Suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynyň gurluşy

Suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda suwuň derejesine gözegçilik edilende, aşakdaky şertler ýerine ýetirilmelidir:

1) şol bir gözegçilik nokadynda geçirilen gözegçilikler baradaky maglumatlary biri-biri bilen deňeşdirmek mümkinçiligi bolar ýaly etmeli;

2) bir suw çeşmesinde ýerleşen birnäçe gözegçilik nokatlarda geçirilen gözegçilikleri biri-biri bilen deňeşdirmek mümkinçiligi bolar ýaly etmeli. Şeýle şertleri hemme gözegçilik nokatlarda birmeňzeş gözegçilik ulgamy ulanylýan bolsa ýeriňe ýetirip bolar. Her bir suw ölçenýän gözegçilik nokady aşakdakylardan ybarat bolmaly:

1) suwuň derejesini ölçemek üçin gurluşlardan (reýkalardan, gazyklardan, özi ýazýan abzallardan);

2) hemişelik reperlerden (beýiklik belliklerden).

Suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda gözegçilik edilýän suwuň derejeleri ' gözegçilik nokadynyň nolunyň şertli tekizligiňe baglylykda bolmaly. Onuň beýiklik belligi gözegçilik nokadynyň bütin işleýän döwründe birmeňzeş bolmalydyr.

Gözegçilik nokady gurlanda, gözegçilik nokadynyň nolunyň belligi derýadaky suwuň bolup biljek iň pes derejesinden 0,5 m aşakda bolmaly. Şeýle etmek suwuň iň pes

derejesinde-de gözegçilik nokadynyň nolunyň üstünden alynýan hasaby goşmak alamatly etmäge mümkinçilik berýär. Hanasy durnuksyz bolan derýalarda gözegçilik nokadynyň nolunyň belligini hananyň çunluk boýunça ýuwulmagyny hasaba alyp bellemeli. Çunlugy kiçi bolan hanalarda gözegçilik nokadynyň nolunyň belligi derýanyň düýbüniň iň pes belligine deň diýip almak bolýar ýa-da ondan hem aşakdan alynýar. Derýanyň uzyn bolmadyk (5-14 km) böleginde birnäçe gözegçilik nokatlary ýerleşen bolsa hem-de şol ýeriň eňňitligi uly bolmasa, onda şol bölekdäki hemme gözegçilik nokatlary üçin gözegçilik nokadynyň noluny umumy edip belleseň amatly bolýar. Edil şonuň ýaly edip, howdanda ýerleşen gözegçilik nokatlary üçin hem gözegçilik nokadynyň noluny umumy edip bellemeli.

Howdanlarda gözegçilik nokadynyň nolunyň belligi taslama boýunça howdan doly gowzandaky suwuň derejesinden 0,5-1,0 m aşakda bellenilýär. Käbir halatlarda bolsa gözegçilik nokadynyň noluny üýtgetmeli hem bolýar. Gözegçilik nokadynyň nolunyň tekizliginiň beýikligini şeýle ýagdaýlarda üýtgetmeli bolýar:

1) gözegçilik nokady esli aralyga göçürilýän bolsa;

2) gözegçilik nokadynyň noly ilkibaşda ýalňyş bellenen bolsa, ýagny iň pes suwuň derejesinden ýokarda bolsa;

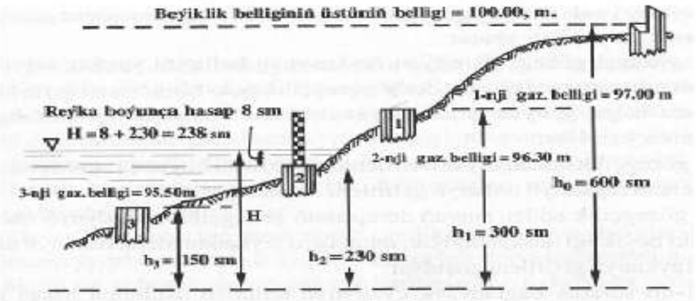
3) suwuň derejesiniň düzgüni çalt üytgeýän bolsa, meselem, howdan gurlanda we ş.m.

Gözegçilik nokadynyň baglanyşyk çyzgysynyň (grafiginiň) nolunyň beýiklikde ýerleşen ýeri suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň beýiklik belliginden diklik boýunça h_0 aralyk bilen kesgitlenýär (7.1-nji surat). Eger-de gözegçilik nokadynyň beýiklik belliginiň hakyky belligi bar bolsa, onda şol bellikden gözegçilik nokadynyň nolunyň üstünden beýiklik belliginiň beýikligini h_{fl} aýryp, hakyky belligi alýarys. Suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda baglanyşyk çyzgysynyň nolundan başga-da bir ýa-da birnäçe **gözegçiligiň nollary** bolýarlar (reýkalar we gazyklar bar bolsa).

Reýkaly suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda gözegçiligiň noly reýkanyň noluna, gazykly gözegçilik nokatlarynda bolsa gazygyň depesine laýyk gelýär. 7.1-nji suratda 2-nji gazyk boýunça suwuň derejesiniň ölçenilişi görkezilen.

Şeýlelikde, gözegçiligiň nolunyň baglanyşyk çyzgysynyň nolundan tapawudy, onuň şertli tekizlik bolman, maddy tekizlik bolmagydyr. Gözegçilik noluň ýagdaýy suwuň derejesiniň we gözegçilik nokadynda oturdylan reýkalaryň ýa-da gazyklaryň sanynyň üýtgäp durmagyna baglylykda özgerip biler. Bu üýtgemeler reýkalar we gazyklar bejerilende hem-de çalşylanda-da bolup biler.

Gözegçilik nokadynyň nolundan reýkanyň noluna (ýa-da gazygyň depesine) çenli dik aralyga getirilen (priwodka) diýilýär.



Gözegçilik nokadynyň noly =94.00, m

Suwuň derejesiniň belligi =2.38+9400=96.38,m

9.1-nji surat. Gazykly suw ölçenilýän gözegçilik nokadynda bellikleriň we hasaplaryň görnüşi.

9.1-nji suratdaky 1, 2 we 3-nji gazyklaryň getirilenleri h_1; h_2; h_3. Suwuň derejesini aňsat hasaplamak üçin getirilenler santimetr hasabynda anladylýar.

Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynda suwuň derejesine gözegçilik diňe aşakdaky işler ýerine ýetirilenden son geçirilýär:

1) gözegçilik nokadynyň baglanyşyk çyzgysynyň noly bellenilmeli;

2) gözegçilik nokadynyň beýiklik belliginden niwelirläp (ýer üstüniň beýiklik derejesini geodezik abzal bilen ölçemek), reýkalaryň nolunyň, gazykly gözegçilik nokady bolsa, gazygyň depesiniň belliklerinden anyklanylmaly;

3) gözegçilik nokadynyň nolunyň üstünden santimetr hasabynda hemme reýkalaryň getirilenlerini hasaplamaly.

Reýkaly ýa-da gazykly gözegçilik nokatlarda suwuň derejesine gözegçilik etmek aşakdakylardan ybarat:

1) gözegçi gözegçilik edýän reýkasynyň belligini ýazýar we suwuň derejesiniň hasabyny alýar (reýkaly gözegçilik nokatda hemişelik reýkadan, gazyklyda bolsa, ýanyna göterilýän reýkadan). Suwuň derejesiniň hasaby santimetrde ýazylýar;

2) gözegçilik nokadyny niwelirlemegiň tablisasy boýunça suw derejesiniň hasaby alnan reýkanyň nolunyň getirileni anyklanýar;

3) gözegçilik nokadynyň nolunyň üstünden santimetr hasabynda hemme reýkalaryň getirilenlerini hasaplamaly.

Reýkaly ýa-da gazykly gözegçilik nokatlarda suwuň derejesine gözegçilik etmek aşakdakylardan ybarat:

1) gözegçi gözegçilik edýän reýkasynyň belligini ýazýar we suwuň derejesiniň hasabyny alýar (reýkaly gözegçilik nokatda hemişelik reýkadan, gazyklyda bolsa, ýanyna göterilýän reýkadan). Suwuň derejesiniň hasaby santimetrde ýazylýar;

2) gözegçilik nokadyny niwelirlemegiň tablisa boýunça suw derejesiniň hasaby alnan reýkanyň nolunyň getirileni anyklanýar;

3) gözegçilik edilen suwuň derejesiniň gözegçilik nokadynyň nolunyň üstündäki beýikligi hasaplanylýar, onuň üçin reýkadan alnan hasabyň üstüne edil şol reýkanyň getirileni goşulýar.

5.1-nji suratda baglanyşyk çyzgynyň nolunyň üstünden hasap alnyş görkezilýär. 2-nji gazykda ýanyňa göterilýän reýka boýunça alnan hasap 8 santimetre deň bolupdyr, gözegçilik nokadynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesi bolsa $H=8+h_2$ sm deň bolýar. Eger-de suwuň derejesini hakyky bellikde almaly bolsa, onda suwuň derejesiniň üstüne gözegçilik nokadynyň nolunyň hakyky belligini goşmaly.

10-njy bap

Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynyň görnüşleri we gurluşlary

Suwuň derejesi baradaky maglumatlary işläptaýýarlamak

Suw ölçenýän gözegçilik nokatlary gurluşlary boýunça aşakdakylara bölünýärler:

1) ýönekeý (reýkaly, gazykly, garyşyk);

2) geçirijiler (aralyga geçirijiler);

3) özi ýazýanlar;

4) aralyga berijiler, olar suwuň derejesini yzygiderli ýa-da belli wagtda ölçenilýän ýerden uly aralyklara berýärler.

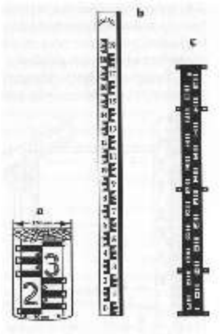
Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary suwuň taryhy derejesinden 0,25-0,50 m ýokardaky ýa-da aşakdaky derejesini ölçemeli. Suwuň iň ýokary we iň pes taryhy derejelerini suwuň galdyran yzy boýunça ýa-da şol ýeriň ýaşaýjylaryndan sorap kesgitlemeli.

10.1. Ýönekeý suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary

Häzirki döwürde ýönekeý gözegçilik nokatlary giňden ulanylýar. Olarda suwuň derejesini gözegçi ölçeýär. Gözegçilik nokady gurlan ýerde suwuň derejesi gije-gündiziň dowamynda tiz-tizden üýtgäp durmasa, bu gözegçilik nokatlary suwuň derejesiniň düzgüni barada ýeterlik anyk maglumatlar berýärler.

Ýönekeý gözegçilik nokatlary suwuň derejesine gözegçilik edilýän gurallaryna baglylykda aşakdakylara bölünýärler: reýkalylar, gazyklylar, garyşyklar (reýkaly-gazyklylar).

Haýsy hem bolsa bir ýönekeý gözegçilik nokadyny saýlap almak suwuň derejesiniň ýylyň dowamynda üýtgäp durmagyna, derýa kenarynyň gurluşyna, köprüleriň we gidrotehniki desgalaryň barlygyna hem-de başga ýerli şertlere bagly bolýar.



10.1-nji surat. Gözegçilik nokadynyň reýkalarynyň görnüşleri.
a-agaç, b-syrçalanan demirden, ç-çoýundan

Reýkaly gözegçilik nokatlary. Reýkaly suw ölçenýän gözegçilik nokatlary gurluşy boýunça ýönekeý hem-de gözegçilik etmek üçin amatlydyr. Şeýle gözegçilik nokatlarynda reýkany derýanyň tolkunmasyndan, gämi gatnawyndan, buz hereketinden zyýan ýetmejek ýerde

gurýarlar. Reýkaly gözegçilik nokatlary derýalarda, nowhanalarda we köllerde, suwuň derejesiniň ýyllyk gerirminiň (suw derejesiniň iň ýokary we iň pes derejeleriniň tapawudy) 2-3 m-den köp bolmadyk ýerinde ulanylýar. Suwuň derejesiniň ýyllyk amplitudasy (gerimi) uly bolýan derýalarda reýkaly gözegçilik nokatlary, diňe suw ölçeýän reýkany köpriniň sütünine ýa-da gidrotehniki desga berkidip bolaýjak ýerde ulanylýar.

Agaçdan ýasalan reýkalar çydamly bolmaýarlar, olara çalnan reňk suwuň täsiri bilen örän çalt ýuwulýar, şonuň üçin hem hemişelik gözegçilik nokatlarynda çoýundan ýasalan reýkalar oturdylýar. Syrçalanan demirden ýasalan reýka iň gowusy diýlip hasap edilýär.

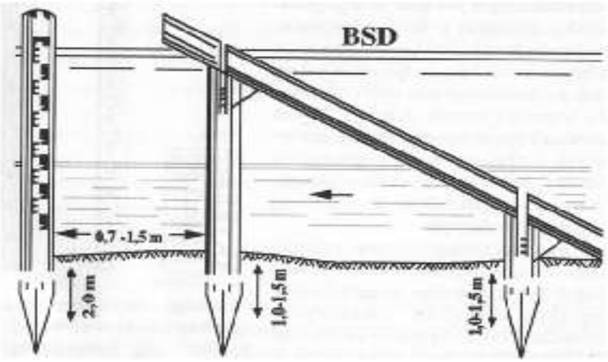
Reýkaly gözegçilik nokadynyň esasy esbaby suw ölçeýän reýkadyr. Gözegçilik nokatlarynyň suw ölçeýän reýkasy syrçalanan demirden, çoýundan we agaçdan bolýar (10.1-nji surat).

Dik reýkaly gözegçilik nokatlary. Kert gaýaly kenarlarda, köpriňiň we gidrotehniki desgalaryň ýanynda suw ölçeýän reýka dik ýagdaýda gaýanyň kertiňe, köpriňiň kenaryndaky diregiňe, gämi geçirijiňiň diwaryna, bende mäkäm berkidilýär. Reýkany desgada ýörite saýlanyp alnan jaýryga salmaly. Eger-de akyp gelýän jisimlerden reýka zeper ýetme howpy bar bolsa, onda onuň daşyna gorag etmeli.

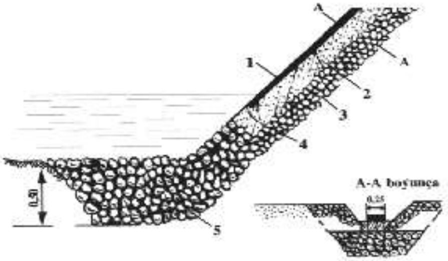
Beketlerde iki reýka ulanylýar. Olaryň biri suwuň derejesini ýokarky bölekde (derýanyň bent bilen birleşýän ýeri; ýokarky bölek desgadan ýokarda, aşaky desgadan aşakda), beýlekisi aşaky bölekde ölçeýär.

Gözegçilik nokadynyň ýerleşen ýerinde köpri we gidrotehniki desgalar ýok bolsa, suw ölçeýän reýkalar ýörite oturdylan gazyklara berkidilýärler. Gazyga reýka hyrly myhyň kömegi bilen birleşdirilýär. Reýkany akyp gelýän buzlardan, pürslerden we ş.m. ýüzüp gelýän jisimlerden goramak üçin, ýörite gorag-buz kesiji bilen goralýar (10.2-nji surat).

Ýapgyt reýkaly gözegçilik nokatlary (10.3-nji surat). Gözegçilik nokadynyň bu görnüşi örän amatly bolýar, sebäbi onuň reýkasy buzuň we



10.2-nji surat. Buz kesiji bilen gözegçilik nokadynyň reýkasyny goramak.

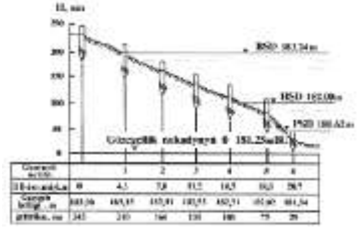


10.3-nji surat. Ýapgyt reýkanyň oturdylyşynyň görnüşi. 1-reýka, 2-hyrly myh,
3-daşdan ýasalan direg, 4-çagyldan düşek, 5-daş garyndysyndan düşek.

başga ýüzüp ýören jisimleriň urgusyndan gowy goragda bolýar, akymyň tizligi uly bolsa, suwuň derejesiniň hasabyny anyk almaga mümkinçilik döreýär. Uly tizlikli akymda dik reýkaly gözegçilik nokatlarynda reýkanyň görkezýän hasabyny anyk alyp bolmaýar, sebäbi güýçli suw akymy reýkanyň öňünde suwuň derejesini ýokary galdyrýar. Kenar ýapgytlyklary emeli berkidilen bolsa, ol ýerlerde ýapgyt reýkaly gözegçilik nokatlary ulanmak amatly bolýar.

Ýapgyt ýerleşdirilen reýkalar $\frac{2}{\sin\alpha}$ deň bolan böleklere bölünýärler, bu ýerde ot-reýkanyň keselige bolan gyşarma burçy. Şeýle bolanda ýapgyt, reýkanyň bir bölegi dik reýkanyň 2 santimetrine laýyk gelýär.

Gazykly gözegçilik nokatlary. Gazykly gözegçilik nokatlaryny (8.4-nji surat) suwuň derejesiniň gerimi uly bolan düzlükde ýerleşen derýalarda ulanmak has amatly bolýar. Gözegçilik nokadyny emele getirýän gazyklar derýa akymyna keseligine kesik edilip, bir ölçeg kesikde ýerleşdirilýär. Gözegçilik nokadynyň gazyklarynyň sany suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň gerimine we kenar ýapgydynyň gyşarma burçuna bagly bolýar. Ýokarky gazygyň üstüniň meýdançasy derýanyň iň ýokary taryhy suwuň derejesinden 0,25-0,5 m ýokarda bolmaly, iň aşaky gazygyň üstüniň meýdançasy bolsa, iň pes suwuň derejesinden 0,5 m aşakda bolmaly. Guramaýan derýalarda iň aşaky gazyk derýa düýbüniň iň pes nokadyndan ýokarda alynýar, ýöne



10.4-nji surat. Gazykly suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň görnüşi. 10-15 sm-den köp bolmaly däl. Goňşy iki gazygyň meýdançalarynyň beýiklik tapawudy 0,8 m-den köp bolmaly däl, gazyklaryň kese aralygynyň uzynlygy bolsa kenar ýapgytlygyny we gözegçilik etmek üçin gazyklaryň ýanyna barmagyň amatlylygyny hasaba alyp bellenilýär. Gözegçilik nokadyny gurmak üçin gerek bolan gazyklaryň umumy sany we olaryň ýerleşişi kenaryň kese kesigi boýunça öňünden kesgitlenilýär, soňra gözegçilik nokadynyň taslamasyny onuň guruljak ýerine geçirmeli.

Häzirki döwürde gazykly gözegçilik nokatlar demirden ýasalyp, birmeňzeş ölçegli hyrly gazyklar bilen abzallaşdyrylýar; olaryň uzynlygy 220 sm, diametri 8 sm. Gazyklaryň aşaky böleginiň 35 santimetri hyrly bolýar, ýokarky 15 santimetri bolsa diametri 10 sm bolan uçdan ybarat. Gazygyň iki ujy hem tekiz kesilen, olar gazygy ýere towlap berkitmek üçin ulanylýan açara direg bolýarlar. Gazygyň ujy ak reňk bilen boýalyp, onuň üstünden gara reňk bilen iki tarapda gazygyň belligi ýazylýar. Gözegçilik nokadynyň gazyklary ýokardan aşaklygyna bellenilýär, beýiklik belligine ýakyn gazyk birinji diýip bellenilýär.

Demir bolmadyk ýagdaýda wagtlaýyn gazyklar çüýremeýän agaçlardan ýasalýar. Gazyk üçin diametri 20-25 sm bolan pürs bölegi alynýar. Uzynlygy topragyň häsiýetine we onuň doňýan çuňlugyna bagly bolýar, ýöne 1,5 m-den az bolmaly däl. Agaçdan ýasalan gazygyň aşaky ujy üç ýa-da dört gyran edilýär. Gazyklar dykyz topraga kakylanda gazygyň ýiteldilen ujuna polatdan başmak geýdirilýär. Gazygyň daşy gabykdan doly arassalanylýar we çüýremez ýaly onuň daşyna şepbik çalynýar ýa-da daşy ýakylýar. Topraga kakylanda, gazyk jaýrylmaz ýaly onuň ýokarky ujuna polatdan halka geýdirilýär.

Gazygyň kakylýan çuňlugy, ýagny onuň aşaky ujy ýere 0,5 m-den az girmez ýaly edip alynýar (doňmaýan toprakda). Ebedi doňaklyklarda bolsa il şol çuňluk alynýar, ýöne hasap eremeýän gatlagyndan başlanýar (eger emeýän gatlak ýeriň ýüzünden 2 m çuňluga çenli başlanýan bolsa).

Gazyk kakylandan soň, onuň ýokarky ujy halkanyň aşak ýanyndan ýeriň stünden ýokarda 10-15 sm galar ýaly edilip, keseligine kesilýär. Eger buzuň hereketi zerarly gazyga zeper ýetmek howpy bar bolsa, onda 5-10 sm galdyrylýar. Gazygyň keseligine kesilen ýeriniň ortasyna ýarym togalak görnüşli kelleli çüý kakylýar.

Eger derýanyň kenary gaýaly bolsa, onda gazygyň deregine gaýada basgançak görnüşli çapyklar ýasamaly.

Basgançagyň kese meýdançalary gözegçi ýörär ýaly ýeterlik uly bolmaly, ýagny 20x30 sm-den az bolmaly däl. Meýdançanyň ortasynda gaýa berkidilen demirden tebleler oturdylýar.

Gözegçilik nokadynyň hemme gazyklary niwelirlenýär, gözegçilik nokadyň nolunyň belligi we getirilenleri tapylýar.

Gazykly gözegçilik nokatlarynda derýanyň suw derejesi ýanyna göterilýän reýkanyň kömegi bilen ölçenilýär. Ol suwuň aşagyndaky kenara ýakyn gazygyň üstünde goýulýar. Gazygyň getirileniniň ululygyny bilip, gözegçilik nokadynyň baglanyşyk çyzgysynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesini hasaplamak kyn bolmaýar

10.5-nji surat. Suw ölçenýän garyşyk gözegçilik nokady

Suw ölçemek üçin ýeňil demir turbadan ýanyňa göterilýän birmeňzeş ölçegli reýka ýasalýar. Reýkanyň uzynlygy 100 sm, bölekler her 1 sm-den geçirilen.

Garyşyk gözegçilik nokatlary. Garyşyk gözegçilik nokatlary reýkaly we gazykly gözegçilik nokatlarynyň bilelikde ulanylmaklaryndan döredilýär.

Reýkaly-gazykly gözegçilik nokatlary derýa kenarynyň gaýasynyň ýapgytlygynyň üýtgäp durýan ýerinde gurulýar: kert ýerinde reýka, ýapgytda bolsa gazyk oturdylýar. Garyşyk gözegçilik nokatlaryny desgalaryň bar ýerinde gursaň, amatly bolýar, meselem, köprülerde (6.5-nji surat). Bu gözegçilik nokadynda az suwly döwürde suwuň derejesine gazyklar boýunça, köp suwly döwürde bolsa suw derejesine köpriniň diregine berkidilen reýka boýunça gözegçilik edilýär.

10.2. Geçiriji suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary

Geçiriji gözegçilik nokatlary kenaryň kertligi sebäpli suwuň ýanyna barmak kynlaşanda ulanylýar. Geçiriji gözegçilik nokatlary kenarda ýa-da gidrotehniki desgalaryň bar ýerinde gurulýar.

Eger-de gyşyna suw çeşmesi (derýa, köl) buz bilen örtülen bolsa, onda suwuň derejesini ölçemek üçin geçiriji gözegçilik nokada goşmaça edip reýkaly ýa-da gazykly gözegçilik nokady gurulýar.

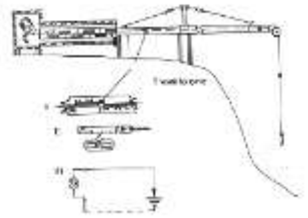
Ýerli şertlere baglylykda geçiriji gözegçilik nokatlary dürli bolýarlar.

Köprüli gözegçilik nokady. Eger-de gözegçilik nokady guruljak ýerde köpri ýa-da başga bir desga bar bolsa, onda gözegçilik nokadyny gurmak şeýle bir kyn bolmaýar. Köprüde suwuň derejesini ölçemek üçin hemişelik nokat bellik edilýär (gözegçilik noly). Bu nokadyň beýiklik derejesi iň ýakyn beýiklik belliginden niwelirleme arkaly kesgitlenilýär. Suwuň derejesiniň üýtgemegine gözegçilik etmek köpriniň gözegçilik nolunyň nokadyndan suwuň ýüzüne çenli aralygy ölçemekden ybaratdyr. Ölçeg bellenen trosuň kömegi bilen ýa-da aşaky ujuna ýük dakylan polatdan ýasalan lentanyň kömegi bilen hem geçirilyär.

Trosly gözegçilik nokady. Trosly gözegçilik nokatlary kert gaýaly, emeli desga bolmadyk dag derýalarynda gurulýarlar. Gözegçilik nokadynyň esasy bölegi okdan ybarat, onuň gurluşy 10.6-njy suratda görkezilýär. Ok örän berk pürsden ýa-da polat turbadan ýasalýar. Ol kenardaky berk diregleriň üstüne berkidilýär. Okuň kenardaky ujuna gymyldamaz ýaly edilip keseligine berkidilen uzynlygy 1 m bolan suw ölçenýän reýka ýerleşdirilýär. Reýkanyň nolly ujy derýa tarapda bolmaly. Okuň derýa tarapdaky ujuna ýüki ýokary götermek üçin aýlanýan enjam, kenardaky ujuna bolsa trosy saramak üçin tigir berkidilýär. Trosuň aşaky ujuna ujy ýiteldilen agramy 2-5 kg bolan ýük berkidilýär. Suwuň

derejesini hasaplamak üçin tros her 1 m-den ýörite belgi bilen bellenilýär.

Reýkadan alnan hasap gös-göni gözegçilik nokadynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesini berer ýaly sazlamaly. Sazlama gutarýança, reýka berkidilmeýär, onuň dogry ýerleşişi sazlanýan wagtynda anyklanýar. Niwelirleme arkaly gözegçilik nokadyň nolunyň üstündäki suwuň derejesiniň beýikligi kesgitlenýär. Ondan son ýüküň ujy suwa degýänçä trosy aşak goýbermeli, reýkany bolsa, ok boýunça tä trosdaky iň ýakyn bellik reýkanyň santimetr bölegine gabat gelýänçä süýşürmeli. Reýkanyň santimetr bölegi gözegçilik nokadynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesiniň beýikligini görkezýär. Trosdaky bellik gözegçilik nokadynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesiniň beýikliginiň metrdäki sanyna laýyk gelýär we ol san görnüşinde birinji diýlip bellik edilýär. Trosuň galan bellikleri suwa tarap köpelmek tertipde bellenilýär. Sazlama işleri gutarandan son, reýka mäkäm berkidilýär.

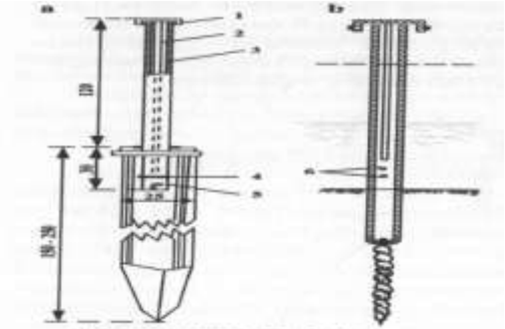


10.6-njy surat. Trosly aralygy geçiriji suw ölçenilýän gözegçilik nokady.

Eger-de suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň gerimi uly bolmasa, 2-3 m, ondareýkanyňuzynlygyny 2,5-3,5 m alsaň hem bolýar. Bu gös-göni reýkadan hasap almaga mümkinçilik berýär. Geçiriji gözegçilik nokatlarynda suw derejesiniň hasap alnyş takyklygy 2-3 sm bolýar, ýöne hasap almak üçin elektrik abzallar ulanylsa, onda takyklyk 1 sm çenli ýokarlanýar.

10.3. Ýönekeý we geçiriji gözegçilik nokatlarynda iň ýokary hem-de iň pes suw derejeleriňi ölçemek üçin gurallar, abzallar

Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynda gije-gündiziň içinde bir ýa-da iki gezek suwuň derejesine edilýän gözegçilikler, köp ýagdaýda suw derejesiniň iň ýokary we iň pes bahalary barada doly düşünje bermeýär. Şonuň bilen birlikde suw derejesiniň bu häsiýetlerini, aýratyn hem onuň iň ýokary derejesini bilmek, suwlulygyň üýtgäp durmagynyň çägini bilmek üçin örän zerurdyr.



4.7-nji surat. Iň ýokary suw derejelerini ölçeýän reýkalaryň görnüşleri.
1- başy, 2 - ok-görkeziji, 3 - turba, 4 - dyrnak, 5 - hyrly myh, 6 - deşikler.

Gözegçilik edilýän döwürleriň arasyndaky iň ýokary we iň pes suw derejeleri, iň ýokary we iň pes suwy ölçeýän reýkalaryň ýa-da suw derejesini görkezijiniň has kämilleşdirilen görnüşi boýunça ölçenilýär.

Iň ýokary we iň pes suwuň derejesini ölçeýän reýkalar esasy gözegçilik nokatda ýerleşdirilýär. Reýkalaryň uzynlygy 2 m-den köp bolmaly däl, suw derejesiniň üýtgäp durmak gerimi uly bolsa (iki we ondan hem köp), iň ýokary suwuň derejesini ölçeýän reýka ýerleşdirilýär.

Iň ýokary suw derejesini ölçeýän reýka. Iň ýokary suw derejesini ölçemek üçin iň köp ulanylýan görnüşine, gazygyň üstünde ýerleşdirilýän polat turba görnüşli reýka degişlidir (10.7-nji surat). Reýka diametri 5 sm bolan turbadan ybarat. ol gazygyň üstünde oturdylýar we oňa dyrnagyň hem-de hyrlymyhyňkömegi bilen mäkäm berkidilýär.

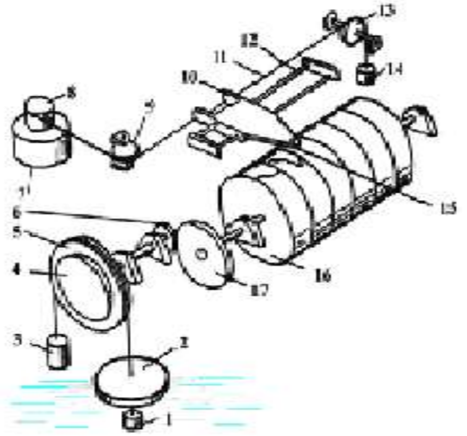
Turbanyň aşaky böleginde suw girer ýaly birnäçe deşik edilýär. Suw derejesiniň hasaby diametri 1 sm bolup, turba girizilen ok-görkezijiniň kömegi bilen alynýar. Okuň ýokarky ujy şol bir wagtda turbany ýapýan uja berkidilýär. Okuň ýüzi 1 sm bolan böleklere bölünýär. Ok-görkezijini turba goýbermezden öň, ony hekli suwa batyrmaly. Suw derejesiniň beýikligi okdaky her ergini suw bilen ýuwlan ýeri arkaly kesgitlenýär.

Nurbatlanan uçlukly, demirden ýasalan reýka (10.7-nji **b** surat). Bu reýkanyň gurluşy ýokarkydan tapawutlanmaýar, ýöne ol gazygyň üstünde oturdylman, nurbatlanan uçluk burawlanyp, 0,75 m çuňluga goýberilýär. Soňra niwelirleme arkaly onuň depesiniň belligini we gözegçilik nolunyň belligini (we getirilenini) hasaplamaly.

10.4. Suwuň derejesini özi ýazýan «Waldaý» abzaly

Suwuň derejesini özi ýazýan abzalynyň esasy bölegi bolan galtgasy (poplawok) suwuň derejesi bilen ýokary galýar we aşak düşýär. Galtganyň bu hereketi geçirijä we sagat enjamlaryna berilýär. Olaryň kömegi bilen lentanyň ýüzüne suwuň derejesiniň wagt içinde özgerişi ýazylýar.

Galtga (2) ýüki (1) we deňleýji agyrlyk (3) bilen galtga tigrine (4 ýa-da 5) asylýar. Galtga tigriniň (4) üstündäki trosuň uzynlygy 300 mm, tigir 600 mm üýtgände galtga tigri bir gezek aýlaw edýär. Galtga tigri dişli çarhlaryň (6 we 17) üsti bilen ölçeg kagyzy berkidilen barabany (16) aýlaýar. Baraban



10.8-nji surat. Suwuň derejesini özi ýazýan «Waldaý» abzalynyň görnüşi. 1-galtganyň ýüki, 2-galtga, 3-deňleşdiriji agyrlyk, 4 we 5- galtga tigirleri, 6 we 17- dişli çarhlar, 7- sagat enjamy, 8 we 16- barabanlar, 9 we 13- tigirçekler, 10- arabajyk, 11- sim, 12- ugrukdyryjy oklar, 14- ýük, 15- galam.

(16) töwereginiň uzynlygy 300 mm, beýiklik emele getirijiniň uzynlygy bolsa 330 mm. Özi ýazýan galam (15) arabajyk (10) bilen birleşdirilýär, ol iki ugrykdyryjy oklar (12) boýunça barabanyň okuna gapdaldaş süýşýär.

Arabajygyň (10) üsti bilen maýyşgak polatdan sim (11) geçýär, onuň bir ujuna tigirçegiň (13) üstünden geçirilen ýük (14) asylýar. Simiň tigirçek (9) üstünden geçýän beýleki ujy barabana (8) saralyp, baraban sagat enjamynyň (7) okuna berkidilen.

Suwuň derejesi üýtgände, galtga ulgamy barabany (16) herekete getirýär. Şol bir wagtda sagat enjamynyň (7) okuna geýdirilen barabandan (8) simi (11) saraýan ýüküň (14) täsiri bilen galam (15) barabanyň okuna gapdaldaş kadaly hereket edýär. Kagyz lentanyň ýüzüne suw derejesiniň wagt içinde üýtgäp durmagy ýazylýar (8.9-njy surat).

Suwuň derejesiniň iň ýokary derejede üýtgemegi 600 sm çenli bolsa «Waldaý» ulanylýar. Iki sany çalşyrgyç galtga tigirleriň (4 we 5), şeýle hem çalşyrgyç dişli çarhlaryň (6 we 17) bolmagy suwuň derejesini dört ölçegde (masştab) ýazmaga mümkinçilik berýär: M 1:1, M 1:2, M 1:5 we M 1:10. Wagty 12 we 24 mm/sag ölçegde ýazmak üçin sagat enjamy (7) iki sany çalşyrgyç baraban (8) bilen üpjün edilen. Sagat

enjamynyň işleýän wagty arabajygyň hereketi bilen çäklendirilýär we 12 mm/sag ölçeg üçin 26 sagada deň, şeýle hem 24 mm/sag üçin 13 sagada. Suwuň derejesini ýazmagyň 1:1 ölçegdäki ýalňyşlygy ±3 mm deň, 1:10 ölçegde bolsa ±10 mm.

Abzalyň sagat enjamy suw geçirmeýän gutuda ýerleşdirilendir. Guty ýazyjy enjamy döwülmekden, tozandan we çygdan goraýar. Äpişgeli gapak ýörite ilgiç bilen açyk ýagdaýda saklanylýar. Korpusyň düýbünde hyrly myhlar üçin deşik bar.

Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň baglanyşyk çyzgysyny çyzmak üçin wagt okuny barabanyň okuna gapdaldaş bolar ýaly etmeli, suwuň derejesiniň okuna bolsa keseligine kesik bolar ýaly etmeli.

Suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň gurallaryna aşakdakylar degişli:

1) berk stoluň (5) üstünde ýa-da kese direge berkidilen özi ýazýan abzal (6.10-njy surat);

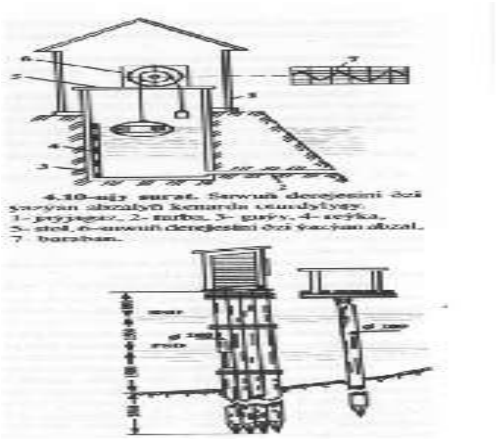
2) tolkunlanmany peseltmek we galtga doňmaz ýaly şert döretmek üçin guýy (3). Guýynyň düýbüniň belligi derýadaky suwuň iň pes derejesinden aşakda bolmaly. Derýany guýy bilen birleşdirýän turbanyň kesigini guýy kesiginiň meýdanynyň 0,01 -0,05-ine deň edip almaly. Derýa bilen guýynyň erkin aragatnaşygyny barlamak üçin guýynyň içinde reýka (4) oturdylýar, ondan alnan hasaby reýkaly gözegçilik nokadynyňky bilen deňeşdirmeli;

3) suwuň derejesini özi ýazýan abzaly daşky täsirlerden goramak üçin jaýjagaz (1) ulanylýar.

Suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň adada oturdylyşy 6.11-nji suratda görkezilýär.

10.5. Aralyga beriji gözegçilik nokatlary

Aralyga beriji gözegçilik nokatlary suwuň derejesiniň ölçenen ýerinden ony uzak aralyga bermek üçin abzallar bilen enjamlaşdyrylýar. Suwuň derejesi yzygiderli ýa-da belli bir wagtdan soň bellenilýär. Aralygy beriji gözegçilik nokatlarynyň az ilatly we barmasy kyn bolan ýerlerde gidrogiologiýa düzümini öwrenmekde ähmiýeti örän uludyr.



10.11-nji surat. Özi ýazýan abzalyň adada oturdylyşy.

Aralyga beriji gözegçilik nokadynyň esasy böleklerine ölçenýän ululygy özgerdiji abzalyň kabul ediji iýmitleniş çeşmesi, aragatnaşyk serişdesi we belleýji gurluş degişlidirler.

Abzalyň kabul ediji bölegi bolup, köplenç, galtga ýa-da basyşy ölçeýän gurluş hyzmat edýär. Iýmitleniş çeşmesi, adatça, elektrik ulgamy bolýar. Aragatnaşyk simiň ýa-da radionyň üsti bilen amala aşyrylýar. Belleýji gurluş hasaplaýjy, özi ýazýan abzal ýa-da ses görnüşinde bolup biler.

Häzirki döwre çenli suwuň derejesini aralyga berýän abzallaryň köp görnüşleri oýlanyp tapyldy, ýöne entek olaryň hemmesi giňden ulanylmaýar.

10.6. Suwuň erkin ýüzüniň uzaboýuna eňňitligini kesgitlemek

Suwuň erkin ýüzüniň eňňitligi aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanýar.

$$I = \frac{(H_1 - H_2)}{L}, \qquad (10.1)$$

bu ýerde H, we H2- laýyklykda ýokarky we aşaky ölçeg kesikdäki suwuň derejesi, olaryň aralygy L-e deň.

Uzaboýuna eňňitlik kesgitlenende aralyk «L» derýanyň iň uly çuňluklarynyň ugry boýunça alynýar.

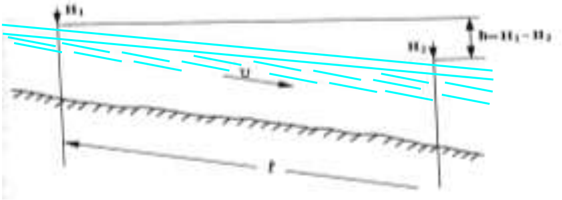
Meýdan şertlerinde eňňitlik I 5-10% takyklyk bilen ölçenilýär, ýörite barlaglarda bolsa, ondan hem takyk bolmaly. Şol sebäpli suwuň derejesiniň ölçenýän peselişi düzlükdäki derýalarda 20 sm töweregi we dag derýalarynda 40 sm bolmaly.

Meýdan şertlerinde öwrenilýän ýagdaýlarda suw ýüzüniň eňňitligi, suwuň ýüzüne birmeňzeş wagtda kakylan gazyklary niwelirleme arkaly kesgitlenýär. Iki kenaryň hem suw ýüzüni niwelirleme maslahat berilýär.

Gidrologiýa gözegçilik nokatlarynda uzaboýuna eňňitligi yzygiderli ölçemek üçin, eňňitlik ölçenýän ýeriň başynda we ahyrynda suw ölçenýän gözegçilik nokatlar (eňňitlik gözegçilik nokatlary) gurulýar. 8.12-nji suratda suw ýüzüniň peselmegini we eňňitligini kesgitlemegiň görnüşi görkezilýär. Ölçenen suw derejeler H, (ýokarky gözegçilik nokatda) we H_2 (aşakyda) boýunça H,-H_2 pese düşmäni hasaplaýarlar, soňra bolsa eňňitligi (I) kesgitleýärler. Eňňitlik gözegçilik nokatlarynyň we esasy suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň baglanyşyk çyzgysynyň bellikleri birmeňzeş edip bellenilýär. Esasy gözegçilik nokady eňňitligi ölçemek üçin alnan ýeriň ortasynda ýerleşýär.

H_1-H_2 hasaplaryň bir wagtdalygyny üpjün etmek üçin iň bolmanda eňňitlik gözegçilik nokatlarynyň birinde özi ýazýan

abzal gurnamaly ýa-da iki gözegçiligiň hem bir wagtda geçirilmegini üpjün etmeli. Eňňitlik gözegçilik nokatlarynyň aralygy 2 km çenli bolsa, suw derejesini bir gözegçi ölçeýär. Eger bir eňňitlik gözegçilik nokadyndan beýleki bir eňnitlik gözegçilik nokadyna ýetmek üçin 10 minutdan köp wagt gerek bolsa, onda birinji gözegçilik nokadyndaky ölçegi gaýtalamaly, hasaba suwuň derejesiniň ortaçasy alynýar.



10.12-nji surat. Suwuň ýüzüniň peselmegini we eňňitligini kesgitlemegiň görnüşi.

Käwagt eňňitlik ölçenende, beýiklik belligini bölekleriň gyrasynda oturtmak bilen çäklenilýär. Olaryň kömegi bilen suwuň ýüzi niwelirlenip başlanýar. Eger-de eňňitligi ölçemek üçin alnan bölegiň uzynlygy 200 m-den köp bolmasa, onda peselme suwuň gyrasyny niwelirleme arkaly kesgitlenýär.

Aralygyň L ululygy eňňitligi ölçemek üçin kabul edilen takyklyga bagly bolýar. Köplenç, L-0,1-den 8 km-e çenli aralykda bolýar.

Eňňitligi ölçemek üçin saýlanyp alnan derýa böleginde kese kesigiň meýdany akymyň ugry boýunça kesgitli üýtgemeli, ýagny azalmaly ýa-da köpelmeli. Saýlanyp alnan bölekde derýa göni akmaly. Akyş ugry üýtgäp durýan derýalarda kese kesikler akym ugrunyň öwrümleriniň arasyndaky göni böleklerde bellenilýär.

Eger-de eňňitligi ölçemek üçin alnan derýa bölegini çäklendiriji 1-nji we 2-nji kese-kesiklerde tizlik ölçenen bolsa,

onda gidrawlik eňňitligi aşakdaky aňlatma boýunça hasaplamak bolýar:

$$Ig = I + \frac{1}{L}\left(\frac{a_1V_1^2}{2g} - \frac{a_2V_2^2}{2g}\right), \qquad (10.2)$$

bu ýerde V_1 we V_2 -birinji (akym boýunça ýokarky) we ikinji (akym boýunça aşaky) kesiklerdäki akymyň ortaça tizlikleri: a_1 we a_2 -Koriolisiň köpeldijileri.

10.7. Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynyň beýiklik bellikleri

Gözegçilik nokat gurluşlaryň beýiklik belliklerini, suwuň derejesiniň hasaba alynýan hemişelik reýkalaryň, gazyklaryň depesiniň nollaryny kesgitlemek üçin we şeýle hem olaryň beýiklik derejesiniň soňky barlaglary üçin her bir suw ölçenýän gözegçilik nokadynda iki beýiklik belligi (esasy we barlag) oturdylýar.

Esasy beýiklik belligi barlag üçin niýetlenen beýiklik belliginiň beýikligini barlamak üçin hyzmat edýär. Ol onuň howpsuzlygyny kepillendirýän ýerde oturdylýar.

Beýiklik belliginiň abatlygyny üpjün etmek üçin olary gizlin saklamagy maslahat berýärler. Eger-de döwlet geodeziýa ulgamynyň beýiklik belligi suw ölçenýän gözegçilik nokatdan daş bolmasa, onda ony gözegçilik nokadyň esasy beýiklik belligi hökmünde ulanmak bolýar.

Barlag üçin beýiklik belligi gözegçilik nokadynyň gurluşyndan daşda bolmadyk gözegçilik nokadynyň ölçeg kesiginde oturdylýar we reýkalaryň hem-de gazyklaryň nollarynyň beýikliklerini yzygiderli barlamak üçin hyzmat edýär.

Beýiklik bellikleriniň berk durmagy, köp ýyllap hyzmat etmegi we öz beýiklik derejesini üýtgetmezligi üçin olary suwuň basmaýan, batgalygyň hem-de harsanyň bolmaýan

ýerlerinde oturdýarlar. Beýiklik bellikleriniň esasy, topragyň doňýan çyzygyndan azyndan 0,5 m aşakda bolar ýaly etmeli.

Suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň esasy beýiklik belligini III we IV takyklyk derejeli niwelirleme bilen döwlet geodeziýa daýanç ulgamy bilen baglanyşdyrýarlar. Beýiklik belligi döwlet ulgamy bilen baglanyşdyrmak mümkinçiligi bolmasa, onda oňa şertli bellik berilýär.

Suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň her bir beýiklik belliginde şeýle ýazgylar bolmaly: beýiklik belligini oturdan edaranyň ady, belligi we oturdylan ýyly.

Beýiklik bellikleri wezipesi we berkligi boýunça hemişelige we wagtlaýynça bölünýärler. Esasy beýiklik belligi düzgün boýunça hemişelik bolmaly. Hemişelik beýiklik bellikleri jaýyň diwaryna berkidilýär ýa-da ýere gömülýär.

Diwar beýiklik bellikleri berk gurlan jaýyň we beýleki daşdan ýasalan desgalaryň diwaryna ýeriň ýüzünden 0,4-0,6 m beýiklikde berkidilýärler. Beýiklik belligi polatdan guýulýar we diametri 90 mm bolan ýasy tegelekden, **şeýle** hem uzynlygy 120 mm bolan basgançak görnüşli guýrukdan ybarat. **Ýasy** tegelegiň ýüzünde niwelir reýkasyny oturtmak üçin tekjejik bolýar. Diwar beýiklik belligi niwelirlemeden 1 -2 gije-gündiz öň sement laýyndan gurulýar.

Ýere gömülýän hemişelik beýiklik belligi (10.13-nji **a** surat) bu aşagy betona ýa-da daşa oturdylan turba bolup, onuň aşaky bölegine uzynlygy 0,3-0,4 m bolan iki sany demir oklary berkidilýär. Turbanyň içi bütin uzynlygy boýunça çägeden doldurylýar, ýokarky bölegine sement laýyň kömegi bilen beýiklik belliginiň başy berkidilýär.

Hemişelik beýiklik bellikleri olaryň gowy saklanmagy üçin gizlin gurýarlar. Gizlin beýiklik bellikler hem ýokarky ýazylana meňzeş gurulýar, ýöne turbanyň uzynlygyny ýokarky ujy ýeriň ýüzünden 0,3 m çuňlukda ýerleşer ýaly edip alýarlar.

Ýere gömülýän wagtlaýynça gizlin beýiklik bellikler ebedi doňaklyklarda gurulýar (8.13-nji **b** surat). Turbanyň

uzynlygy ℓ ereýän gatlagyň çuňlugyna bagly bolýar we aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

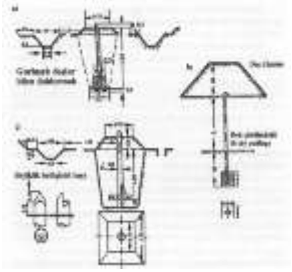
$$\ell = h + 1,00 + 0,10$$

bu ýerde h - ereýän gatlak; 1,00 - ebedi doňaklyga turbanyň esasynyň goýberilýän çuňlugy, m; 0,10 - beýiklik belliginiň başynyň ýeriň ýüzünden çykyp duran beýikligi, m.

Üsti açyk beýiklik belligi hem şeýle gurulýar, ýöne turbanyň uzynlygyny beýiklik belliginiň başy depäniň üstünden 0,1 m çykyp durar ýaly etmeli.

Wagtlaýyn beýiklik bellikleri hem hemişelik ýaly diwara berkidilýär we ýere gömülýär.

Ýere gömülýän wagtlaýyn beýiklik belligi (10.13-nji **ç** surat) berk agaçdan taýýarlanýar we diametri 0,20-0,30 m, uzynlygy 2,30 m bolan sütün görnüşinde bolýar. Sütüniň aşaky bölegine uzynlygy 0,70 m bolan atanak berkidilýär, ýokarky bölegini bolsa üstünde ýagyş suwy saklanmaz ýaly ýapgyt kesýärler. Ýapgydyň aşak ýanyndan byçgy bilen kesilýär we keseligine taýajyk goýulýar, onuň merkezine başy ýörite görnüşli çüý kakylýar. Beýiklik belligini oturtmak üçin çuňlugy 1,80 m bolan çukur gazylýar. Sütüniň daşyna şepbik çalynýar ýa-da ýakylýar, ony çukura salyp, çage we çagyl bilen gömmeli we depgilemeli. Beýiklik belligiň töwereginde depe döredilýär we suw alyp gidýän joýajyklar gazylýar.



10.13-nji surat. Beýiklik bellikleriniň görnüşleri.

Wagtlaýyn diwar beýiklik belligini esasyň çykytlarynda, köpriniň direglerinde ýa-da gaýada gurýarlar. Reýkany oturtmak üçin ýörite ýer ýasalyar. Reýkanyň oturdyljak ýeri ýagly reňk bilen bellenilýär.

11-nji bap

11.1. Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny gurmak üçin derýadan ýer saýlap almak

Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny gurmak üçin derýadan gözegçiligiň hemme talaplaryny kanagatlandyryp biljek bölek ýer saýlanyp alynýar

Gözegçilik nokadyny gurmak üçin saýlanyp alnan derýa bölegi iki esasy şertleri kanagatlandyrmaly:

1) şu ýerde derýanyň düzgüni ýeterlik uly bölek üçin mahsus bolmaly;

2) alnan bölek gözegçilik geçirmek üçin amatly bolmaly we olaryň ýokary takyklygyny üpjün etmeli.

Düzgüniň mahsuslygyna we doly gözegçilik geçirmek üçin amatlylygyna baha bermegi diňe şol bölekde barlag işlerini geçirmegiň netijesinde amala aşyryp bolýar. Şonuň üçin hem, gözegçilik nokadyny gurmak üçin niýetlenen derýa böleginde ýörite barlag işleri geçirilýär.

Derýa bölegini saýlap almak örän jogapkärli iş, ol gözegçiligiň hiline, amatlylygyna we geçirilýän işleriň takyklygyna, şeýle hem gözegçilik nokadynyň gurluşlarynyň abat saklanmagyna bagly bolýar, şonuň üçin hem gidrologiýa gözegçilik nokadyny ýerleşdirmek üçin bölek saýlap almagy tejribeli işgäre tabşyrmaly.

Gözegçilik nokadynyň guruljak böleginde derýa bir hanada akmaly. Hana derýanyň giňliginiň, takmynan, bäş esse uzynlygynda göni akmaly, şol ýerde derýanyň giňligi, çuňlugy, suw ýüzüniň uzaboýuna eňňitligi we derýanyň kese kesigi birmeňzeş bolmaly. Derýanyň kenarlary we hanasy durnukly

hem-de otsuz bolmaly. Saýlanyp alnan derýa böleginde arna, goşant, gol bolmasa gowy bolýar, olar suwuň akymyny hasaba almagy kynlaşdyrýar. Eger-de arnasyz bölek tapylmasa, giňligi uly bolmadyk, tekiz, otsuz we agaçsyz ýeri saýlap almaly.

Gidrologiýa gözegçilik nokadynyň guruljak ýerinde, şeýle hem ondan aşakda çişginiň emele gelmegine alyp geljek derýa goşantlary, emeli desgalar (bentler, köprüler) we adalar bolmaly däl. Suwuň akymy derýanyň bütin giňligi boýunça bolmaly we onuň ugry, mümkin bolsa, kenarlara gapdaldaş bolmaly.

Daglyk derýalarda gidrologiýa gözegçilik üçin saýlanyp alnan derýa bölegi böwetlerden we gatakarlardan ýokarda ýerleşse gowy bolýar. Saýlanyp alnan bölekde suw asuda akmaly, derýanyň hanasynda böwet bolup duran uly daşlar bolmaly däl.

Suw ölçenilýän gözegçilik nokadyny, mümkin bolsa, saýlanyp alnan derýa böleginiň ortasynda gurmaly. Şonuň bilen birlikde saýlanyp alnan bölek aşakdaky şertleri kanagatlandyrmaly:

1) islendik suw derejesinde gözegçilik nokadynyň ýanyna barmak oňaýly bolmaly, şonuň üçin hem suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary örän kert we ýapgyt kenarlarda gurulmaly däl;

2) suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň ölçeg kesiginde hana durnukly bolmaly, ýagny süýşmeli we ýumrulmaly däl;

3) suw ölçenilýän gözegçilik nokadyny gurmak üçin akyp gelýän buzdan we beýleki zatlardan goralýan bölegi saýlap almaly.

Täze gözegçilik nokatlaryny gurmak üçin derýa bölegi saýlanyp alnanda, ilatly ýerleriň aragataaşyk serişdeleriniň bolmalydygyny göz öňünde tutmaly. Sanalyp geçilen hemme şertleri elmydama berjaý etmek başartmaýar, ýöne olary has amatly görnüşi saýlanyp alnanda hasaba almaly.

Derýa bölegi saýlanyp alnandaky geçirilýän meýdan işleri. Deslapky barlag işlerine gitmezden öňürti, edebiýat we

bar bolan maglumatlar boýunça derýanyň gözegçilik nokadynyň guruljak ýerini öwrenmeli. Toplanan maglumatlaryň netijesinde birnäçe derýa bölekleri bellenilýär, soňra bolsa meýdan işleriniň netijesinde olaryň içinden gözegçilik geçirmek üçin has amatlysy saýlanyp alynýar.

Derýa böleginiň deslapky barlaglaryny tomsuna suw derejesiniň pes wagty geçirmek has amatly bolýar. Barlaglarda aşakdaky işleri ýerine ýetirýärler:

a) derýa böleginiň ýagdaýyny we suw düzgünini aýdyňlaşdyrmak üçin umumy gözegçilik geçirmek;

b) üýtgäp durýan çişgini ýüze çykarmak;

ç) çuňlugy ölçemek hem-de tizligi kesgitlemek bilen bilelikde göz çaky we bussol bilen bölegi suratlandyrmak;

d) derýa düzgüniniň özboluşly häsiýetlerini ýüze çykarmak üçin ýerli ilatyň içinde sorag işlerini geçirmek.

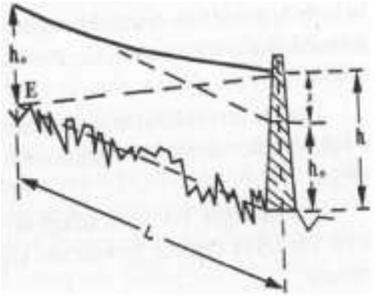
Derýa bölegine umumy gözegçilik etmek. Bölegi öwrenmek işleri umumy gözeçiliklerden başlanýar. Gözegçilik geçirilýän döwürde suw derejesiniň ölçegini we düzgünini, derýa akymynyň häsiýetini, az suwly döwründe onuň hanasynyň ýagdaýyny, az suwly we köp suwly döwürde derýanyň giňligini, onuň arnasynyň umumy ýagdaýyny, derýa hanasynyň durnuklylygyny, derýanyň kenarlarynyň ýagdaýyny, hananyň otlulygyny, çişginiň döremegine alyp gelýän tebigy we emeli sebäpleri, sazlaýjy kesikleriň (bosagalar, daralýan ýerler) barlygyny, ýylyň dürli paslynda suw bulançaklygynyň derejesini, derýanyň doňmagyny anyklamaly. Olardan başga-da suw ölçeýän gurluşlary oturtmak üçin kenarlaryň şertlerine we gidrologiýa gözegçiliklerini geçirmek üçin bütin derýa böleginiň amatlylygyna baha berilýär.

Derýa bölegindäki wagtlaýyn çişgini ýüze çykarmak. Gözegçilik işler geçirilende wagtlaýyn çişginiň tebigy we emeli sebäplerini aýdyňlaşdyrmak we onuň ýaýraýan aralygyny kesgitlemek örän wajypdyr. Wagtlaýyn çişgin,

durnuksyz derýa hanasy gidrometriýa ölçegleriniň takyklygyny peseldýär we olary işläp taýýarlamagy kynlaşdyrýar.

Wagtlaýyn çişginiň döremeginiň tebigy sebäplerine aşakdakylar degişli:

1) suw kabul edijide (derýa, köl, deňiz) ýa-da bölekden aşakda derýa guýýan uly goşantda suw derejesiniň üýtgäp durmagy;



11.1-nji surat. Çişginiň ýaýraýşynyň görnüşi.

2) derýa hanasynyň buz üýşmegi we suwoty sebäpli daralmagy;

3) öwrenilýän bölekden **aşakda** derýa akymyny bendiň kömegi bilen sazlamak;

4) hananyň görnüşiniň üýtgemegi.

Üýtgäp durýan çişginiň derýa böleginden aşakda ýerleşen emeli gidrotehniki desganyň işlemegi netijesinde hem döremegi mümkin. Eger-de suw ölçemek üçin bellenen bölekde üýtgeýän çişginiň döremegi mümkin bolsa, onda onuň ýaýraýan aralygyny kesgitlemeli we bölegi onuň yzyndan almaly.

Gidrotehniki desgalardan ýaýraýan çişginiň aralygyny (9.1-nji surat) geçirilen barlag işleriň maglumatlaryndan, desganyň taslamasyndan ýa-da desgada işleýän adamlardan we ýerli ilatdan sorap aýdyňlaşdyryp bolýar.

Eger-de maglumat bolmasa, onda çişginiň ýaýraýan aralygyny aşakdaky aňlatma boýunça takmynan kesgitlemek bolýar:

$$L = a\frac{h_o + Z}{i}, \qquad (11.1)$$

bu ýerde L-çişginiň ýaýraýan aralygy, m; i-çişgin bolmadyk ýagdaýda suw ýüzüniň ortaça eňňitligi; h_0- çişgin bolmadyk ýagdaýda hananyň ortaça çuňlugy; z-çişgin ojagynyň gös-göni ýokarsynda çişginiň ululygy; $a - \frac{z}{h_o}$ gatnaşyga bagly bolan we 9.1 -nji jedwel boýunça kesgitlenýän köpeldiji (koeffisiýent).

11.1-nji tablisa

Z/h_o	5,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05
a	0,96	0,91	0,85	0,76	0,67	0,58	0,41	0,24

Eger-de çişginiň sebäbi bölekden aşakda guýýan goşant bolsa, onda Z-niň bahasyny, takmynan, şu aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

$$Z = A\frac{Q}{Q_1} \qquad (11.2)$$

bu ýerde A- goşant bilen derýanyň birleşýän ýerinde suw derejesiniň doly gerimi, Q-goşandyň in uly suw mukdary, goşulýan ýerden aşakda derýanyň iň uly suw mukdary.

Eger-de derýa akmaýan suw çesmesine (köl, deňiz) guýýan bolsa, onda Z bahasy hökmünde şol suw çeşmesiniň suw derejesiniň doly gerimi kabul edilýär.

Hemişe çişgin bolmaýan bölegi saýlap almak mümkinçiligi bolmaýar, şeýle ýagdaýda çişginiň gowşak we köp wagtlap dowam etmeýän ýerini tapmaly.

Deslapky barlaglar geçirilende, derýa böleginiň görnüş meýilnamasyny almak üçin göz çaky bilen surata alma işleri geçirilýär. Göz çaky bilen alnan suratda şular görkezilýär: az suwly haianyň we asyl kenarlaryň şekili, suw erňekleriniň iň ýokary suw derejesindäki orny, arnanyň ýergurluşy we onuň üstüniň ösümlikleri, adalar (bar bolsa), goşantlaryň guýýan ýerleri we ş.m.

Derýa böleginiň barlanýan wagtynda suw ýüzüniň uzaboýuna eňňitligi kesgitlenýär we ok boýunça hem-de derýanyň özhäsiýetli ýerlerinde birnäçe kese-kesiklerde çuňluk ölçemek işleri geçirilýär. Edil şu kesiklerde akymyň tizligi ölçenilýär.

11.2. Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny abzallaşdyrmak

Derýa böleginiň deslapky maglumatlary esasynda saýlanyp alnan bölek üçin gözegçilik nokadyň in amatly görnüşi (gazykly, reýkaly, aralyga geçiriji we ş.m.) gurulýar.

Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny gurmagyň düzümine şular girýär:

1) beýiklik bellikleri we suw ölçeýän gurluşlary (gazyklar, reýkalar, özi ýazýan abzallar we ş.m.) oturtmak we gözegçilik nokadyny abzallaşdyrmak;

2) gözegçilik nokadyny döwlet ulgamynyň beýiklik belligi bilen baglanyşdyrmak;

3) suw ölçenýän gözegçilik nokadyny niwelirlemek.

Gözegçilik nokadynyň gurluşlaryny ýerinde dogry ýerleşdirmek üçin, öňürti olary iň ýokary we iň pes suw derejeleri görkezilen kese-kesige geçirmeli. Kese-kesikde beýiklik bellikler we suw ölçeýän gurluşlar (gazyklar, reýkalar) ýerleşdirilýär, gözegçilik nokadyň nolunyň belligi bellenilýär. Gözegçilik nokadynyň gurluşlarynyň ýerleşen ýerleri kese-kesikde bolmaly ýerine geçirilýär we gazyjaklar

bilen bellenilýär. Soňra bellenen ýerlerde gazyklar, dereje ölçeýjiler oturdylýar.

Niwelirlenýän aralyk 50 km-e çenli bolanda gözegçilik nokadynyň beýiklik belliklerini döwlet beýiklik ulgamyna baglanyşdyrmak, niwelirlemäniň IV takyklyk derejesi bilen alnyp barylýar, 50 km-den köp bolanda bolsa III takyklyk derejeli niwelirleme bilen alnyp barylýar.

Suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň niwelirlemesi gözegçilikleriň nollarynyň beýiklik belliklere baglylykda ýerleşýän beýikliklerine we ölçeg nokadyň noluny kesgitlemek maksady bilen geçirilýär. Gözegçilik nokady gurlanda, niwelirleme barlag beýiklik belligiň üsti bilen esasy beýiklik bellikden alnyp barylýar. Soňky (barlag) niwelirlemelerde niwelirlemäni gös-göni barlag beýiklik bellikden başlamaga rugsat edilýär, onuň belligi ýylda bir gezek esasy beýiklik belligi boýunça barlanylýar.

Gözegçilik nokady niwelirleme iki gezek alnyp barylýar, düzgün boýunça iki gezek hem beýiklik bellikden başlanmaly. Eger-de kenarlar kert bolsa, ikinji gezekde suwuň erňeginden barlag beýiklik bellige tarap yzyňa gaýtsaň hem bolýar.

Gözegçilik nokadynyň gurluşlarynyň barlag niwelirlemeleri aşakdaky möhletlerde geçirilýär:

a) birnäçe ýyllaryň içinde bellikleri üýtgemeýän gözegçilik nokatlary üçin, ýylda bir gezek joşgunyň öň ýanynda;

b) beýiklik ýagdaýlary durnuksyz bolan gözegçilik nokat gurluşlarynda ýylda iki-üç gezek, ýagny suw doňmazdan öň, doň çözülmäniň öň ýanynda we tomusky az suwly döwürde.

Gazykly suw ölçenýän gözegçilik nokady niwelirlenende, suwuň derejesinden ýokarda ýerleşen hemme gazyklaryň depesiniň bellikleri we suwuň aşagynda ýerleşen bir-iki sany gazygyňky kesgitlenýär.

Reýkaly gözegçilik nokady niwelirlenende, hemişelik reýkalaryň hemmesiniň nollarynyň belligi kesgitlenýär. Niwelir reýkasyny gözegçilik nokadyň reýkasynyň ýokarsynda ýa-da

bütin 10 mm böleklere kakylan çüýüň üstünde, ýa-da bolsa reýkanyň nolunda goýmak bolýar. Eger-de reýkanyň ýanyna baryp bolmaýan bolsa, onda onuň belligi şeýle kesgitlenýär: suw erňeginiň ýanynda depesi suwuň ýüzi bilen bir beýiklikde ýerleşen gazyjyk kakylýar we şol bir wagtda reýkadan hasap alynýar. Soňra niwelirlemäniň kömegi bilen hasap alnan wagtda suwuň derejesine deň bolan gazyjagyň belligi kesgitlenýär. Reýkanyň nolunyň belligi suwuň derejesiniň belliginiň we reýka boýunça hasabyň tapawudy görnüşinde tapylýar.

Eger-de gözegçilik nokat özi ýazýan abzal bilen abzallaşdyrylan bolsa, onda barlag gözegçilik nokatlary niwelirlemekden başga-da şu bellikleri kesgitlemeli:

1) özi ýazýan abzalyň oturdylan meýdançasynyň;

2) kabul ediji gabyň aşaky erňeginiň;

3) geçiriji turbanyň ýatan çuňlugynyň;

4) gurluşyň guýusynyň düýbüniň barlag gözegçilik nokatlary boýunça suwuň derejesini kesgitlemek bilen bilelikde şu suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň lentasynda bellemeli.

Gözegçilik nokadynyň gurluşlaryny niwelirlemegiň netijeleri niwelirleme depderine ýazylýar, şeýle hem oňa niwelirlemäniň görnüşi çyzylýar. Gözegçilik nokadynyň gurluşlarynyň alnan bellikleri we olaryň gözegçilik nokadynyň noluna getirilenleri tehniki kitapça we meýdan kitapçasynyň maglumat jedweline göçürilýär. Niwelirlemäniň netijeleri boýunça suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň kesigi çyzylýar (9.1-nji surat), oňa beýiklik bellikler, gazyklar, reýkalar, bellikler (ölçeg nokadynyň nolunyň üstünden) we iň ýokary, iň pes hem-de işçi suw derejeleriniň günleri, ölçeg nokadynyň nolunyň ýerleşişi geçirilýär.

Gözegçilik nokadynyň gurluşlaryndan başga-da her bir suw ölçenýän gözegçilik nokadynda aşakdaky enjamlar bolmaly:

1) sagat;

2) niwelir we onuň uzynlygy 2-4 m bolan iki sany reýkasy;

3) ýanyňa göterilýän suw ölçenýän reýka;

4) gar ölçeýän, buz ölçeýän we ýuka buzy ölçeýän reýkalar;

5) suw termometri;

6) gije gözegçilik geçirmek üçin çyra;

7) buz döwülýän külüň, buz burawy, palta, sançgy, pil;

8) gözegçilik geçirmek boýunça görkezme kitapçasy we suw ölçemek boýunça gözegçilikleriň netijelerini ýazmak üçin kitapça;

9) ätiýaçlyk üçin gazyklar we reýkalar;

10) gaýyk we suw ölçenýän gurluşlara barmagy ýeňilleşdirýän gurluşlar (göçürilýän köprüjik, paýapyl).

11.3. Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny barlamak

Gidrologiýa gözegçilik nokadynda geçirilýän gözegçilikleriň takyklylygyna baha bermek hem-de olaryň hilini gowulandyrmak üçin wagtal-wagtal gözegçilik nokatlarynda barlag geçirilýär. I derejeli gözegçilik nokatlary düzgüne görä, ýylda bir gezek, II we III derejeli gözegçilik nokatlary iki ýylyň içinde bir gezek barlanýar.

Barlagyň wezipesine şular degişli:

- gözegçilik nokadynyň böleginiň çäginde akymyň akyş şertlerinde haýsy hem bolsa bir üýtgeşikligiň bolandygyny ýa-da bolmandygyny anyklamak;

- gözegçiniň işini, şeýle hem gözegçilik nokadynyň gurluşlarynyň, abzallaryň we enjamlaryň ýagdaýyny barlamak.

Gözegçilik nokatlar barlananda aşakdaky işler ýerine ýetirilýär:

1. Akymyň düzgüninde bolup geçen özgerişleri aýdyňlaşdyrmak maksady bilen derýa bölegi öwrenilýär. Akymyň ugry boýunça gözegçilik nokadynyň böleginden ýokaryk we aşak uly derýa bölegini öwrenmek. Şonuň bilen

birlikde täze gidrotehniki desgalaryň gurulmagy, hananyň ota basylmagy, kenarlaryň ýumrulmagy sebäpli suwuň akyş şertlerinde bolup geçen özgerişleri anyklamaly.

2. Gözegçi tarapyndan ýerine ýetirilýän gözegçilikleriň we ýazgylaryň dogrulygy hem-de wagtyndalygy barlanylýar.

3. Gözegçilik nokadynyň gurluşlary barlanýar we olary bejermegiň gerekligi anyklanýar.

4. Suw ölçenýän gözegçilik nokadynda barlag niwelirleme işleri geçirilýär we zerur bolsa, gözegçilik nokadynyň gurluşlary bejerilýär. Bejerilenden soň, gözegçilik nokady täzeden niwelirlenýär.

Barlaglaryň netijeleri 'Tehniki iş" diýen kitapçanyň laýyk gelýän bölümine ýazylýar, ondan başga-da her bir barlag boýunça üç nusgada netijeler düzülýär. Netijelerde gözegçilik nokadynyň içindäki ýetmezçilikler we olary düzetmek boýunça anyk çäreler görkezilýär.

11.4. Suw ölçenýän gözegçilik nokadyny göçürmek

Tejribe maksatlar we ylmy netijeler üçin şol bir ýerde suwuň derejesine dowamly we üznüksiz gözegçilik etmek uly ähmiýete eýedir. Şonuň üçin hem suw ölçenýän gözegçilik nokady gurlanda, onuň köp ýyllaryň dowamynda üznüksiz işlemegini üpjün etmäge ymtylmaly. Yöne käbir ýagdaýlarda berlen gözegçilik nokatda suwuň derejesine gözegçilik etmek mümkinçiligi bolmaýar. Aşakdaky ýagdaýlarda suw ölçenýän gözegçilik nokat täze ýere göçürilýär.

Gözegçilik nokadyny göçürmek örän oňlanmaýan çäre bolup, ol diňe aşakdaky sebäpler bolanda rugsat edilýär:

a) süýşgün ýa-da kenar ýuwulmagy sebäpli gözegçilik nokadynyň gurluşlaryna ýykylmak howpy abananda;

b) gurulýan gidrotehniki desganyň täsiri bilen üýtgäp durýan çişgin dörände;

ç) öz gömüşini üýtgetmegi netijesinde derýa hanasy köne hana ýa-da gola öwrülende;

d) suw derejesiniň düzgünini bozmak üçin şertler dörände (mysal üçin, dikligine güýçli özgerişler bolanda ýa-da hanany ot basanda).

Gözegçilik nokat göçürilende aşakdaky şertleri berjaý etmeli:

1) gözegçilik nokadynyň täzeden guruljak ýeri, mümkin bolsa, köne gözegçilik nokadyna ýakyn bolmaly. Çuňluklary, suw ýüzüniň uzaboýuna eňňitligi we derýanyň giňligi meňzeş bolmaly;

2) gözegçilik hatarynyň yzygiderliligini saklamak üçin täze we köne gözegçilik nokatlarynyň görkezýänlerini baglanyşdyrmaly.

Täze we köne gözegçilik nokatlarynyň gözegçiliklerini baglanyşdyrmak üçin belli bir wagt aralygynda olarda gözegçiligi gapdaldaş alyp barmaly. Derýanyň joşgunly we az suwly döwürlerini öz içine almagy üçin gapdaldaş gözegçilikleriň dowamlylygyny ýarym ýyldan az almaly däl. Täze gözegçilik nokadynyň noly, başda wagtlaýynça, gözegçilik nokatlaryň arasynda suw ýüzüniň pese düşmegine laýyklykda takmynan bellenip bilner. Gözegçilik nokatlarynyň suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy (11.3-nji surat) gurlandan son, täze gözegçilik nokadynyň noly suwuň derejesiniň baglanyşyk çyzygy oklaryň başyndan geçer ýaly edip süýşürilýär (ýokaryk ýa-da aşak). 11.3-nji suratda köne we täze gözegçilik nokatlarynyň suw derejeleriniň getirileniniň ululygy AH kesige deň bolýar, şonuň ululygyna deň edip täze gözegçilik nokadynyň ölçeg nokadynyň noluny ýokary galdyrmaly. Gözegçilik nokatlarynyň suw derejeleriniň baglanyşygy we täze gözegçilik nokadynyň ölçeg nokadynyň nolunyň gutarnykly ýerleşen ýeri anykla-nandan soň, täze gözegçilik nokadynyň gözegçilikleri köne gözegçilik nokadynyň gözegçilikleriniň dowamy bolýar.

11.3--nji surat. Köne we täze gözegçilik nokatlarynyň suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy.

Eger-de gözegçilik nokatlarynyň suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy oklara 45° burç bilen geçmeýän göni çyzyk bolsa, onda köne we täze gözegçilik nokatlarda suw derejeleriniň düzgüni tapawutly bolýar. Şeýle bolanda köne gözegçilik nokadynyň görkezýänlerini baglanyşyk çyzgysy boýunça täze gözegçilik nokadynyň görkezýänleriniň ulgamyna geçirmeli we şeýlelik bilen täze gözegçilik nokady boýunça üznüksiz gözegçilik hataryny almak bolýar. Ýöne, köplenç, şeýle ýagdaýda gözegçilik hatary üzülen hasap edilýär we täze gözegçilik nokadynda geçirilen gözegçilikleriň netijesi boýunça her günki suw derejeleriniň jedweli aýratyn düzülýär.

12-nji bap

12.1. Gözegçiligiň düzümi we möhleti

Gözegçilikleriň düzümi gözegçilik nokadyň derejesi boýunça kesgitlenýär, işiň göwrümi bolsa derýa düzgüniniň häsiýetine we suw çeşmesiniň öwrenilen derejesine baglylykda anyklanýar.

Derejesine garamazdan, hemme gidrologiýa gözegçilik nokatlarynda

aşakdaky ululyklara gözegçilik geçirilýär:

1) suwuň derejesine;

2) suwuň temperaturasyna;

3) buz düzgünine;

4) ýeliň güýjüne we ugruna, suwuň tolkunmasyna, ygala, suw otuna, hananyň özgermegine hem-de suwuň derejesine täsir edip biljek beýleki hadysalara.

II derejeli gidrologiýa gözegçilik nokatlarynda ýokarkylardan başga-da atmosfera hadysalaryna, ygala we gar örtügindäki suwuň mukdaryna meteorologiýa gözegçilikleri alnyp barylýar.

I derejeli gidrologiýa gözegçilik nokatlarynyň iş meýilnamasyna görkezilenlerden başga-da, akyma we getirintgilere gözegçilikler goşulýar.

Meteorologiýa beketden 30-50 km-den uzaklykda ýerleşen gidrologiýa gözegçilik nokatlarynda, howanyň temperaturasyna hem gözegçilik geçirilýär. Bu gözegçilikler psihrometriň gury termometri boýunça kenarda, suwuň erňegine ýakyn ýerde geçirilýär.

Käbir gidrologiýa gözegçilik nokatlar maglumat toplamak işini ýerine ýetirýärler, bu iş gidrologiýa düzgün, ygal we howply meteorologiýa hadysalar baradaky maglumatly tiz habarlary bellenen salgylara ugratmakdan ybaratdyr.

Suw derejesine gözegçilik etmek, köplenç, suwuň akymyny hasaba almagyň umumy wezipesine tabyn edilýär,

ýöne olaryň özbaşdak ähmiýete eye bolmaklary hem mümkin. Birinji ýagdaýda suwuň derejesine gözegçilik edilende, netijede suwuň derejesiniň gije-gündizdäki ortaça bahasynyň ululygyny ýeterlik takyk kesgitläp bolar ýaly etmeli.

Suwuň derejesine gije-gündiziň dowamynda gözegçilik etmegiň ýygylygy, derýanyň suw derejesiniň düzgüniniň häsiýetine bagly bolýar. Gözegçiligiň esasy möhletleri 8-00 we 20-00 sagatdyr. Köp suwly döwürde we ýagyş joşgunlarynda görkezilen möhletlerden başga-da deň wagt aralyklarynda goşmaça möhletler bellenilýär. Suwuň derejesiniň galmagyna we peselmegine baglylykda her bir 2,4,6 sagatdan gözegçilik geçirilip bilner.

Suwuň derejesi yzygiderli üýtgäp durýan derýalarda, aýratyn hem derýalaryň köp suwly we joşgunly döwründe suw ölçenýän gözegçilik nokadyny suwuň derejesini özi ýazýan abzal bilen üpjün etmeli.

Eňňitlik gözegçilik nokatlarynda üýtgäp durýan çişgin bar bolan ýagdaýda suwuň derejesi esasy gözegçilik nokat üçin bellenen möhletlerde ölçenýär. Üýtgäp durýan çişginiň bolmajagy öňünden belli bolsa, eňňitligi her gün ölçemeseň hem bolýar. Şeýle döwürde eňňitlik suwuň mukdary bilen bilelikde ölçenilýär.

13-nji bap

13.1. Suw ölçenýän gözegçilik nokadynda gözegçilik geçirmek

Suwuň derejesini ölçemek. Gazykly suw ölçenýän gözegçilik nokadynda suwuň derejesi ýanyňa göterilýän reýkanyň kömegi bilen ölçenýär, ony suwa çümen gazyklaryň iň kenara ýakynynyň üstünde dikligine oturdyp hasap alýarlar, reýkaly gözegçilik nokadynda bolsa kenara ýakyn reýka boýunça hasap alýarlar.

Özi ýazýan abzal bilen enjamlaşdyrylan gözegçilik nokatlaryndaky işleriň düzümine özi ýazýan abzalyň lentasyny çalyşmak, gurluşa yzygiderli ideg etmek girýär.

Suwuň temperaturasyna gözegçilik her gün sagat 8-00-da we 20-00-da edilýär, suwuň derejesi ölçenýän gözegçilik nokatlarynda bolsa gije-gündizde bir gezek - sagat 8-de. Gözegçilik ýazdaky ilkinji maýyl günlerden başlanýar we gyşyna derýa doňandan son, 3-5 gün geçirip gözegçilik togtadylýar.

Köllerde we howdanlarda suwuň temperaturasy suwuň derejesi bilen bilelikde ölçenilýär.

Derýalarda suwuň temperaturasyny ölçemek üçin ýeri ölçeg kesiginde ýa-da suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň ýanyndan saýlap alýarlar. Saýlanyp alnan ýerde akym göni akmaly we suwuň çuňlugy 0,3-0,5 metrden az bolmaly däl.

Gözegçilik geçirmek üçin hemişelik ýer saýlanyp alnanda, bölekde barlag işleri alnyp barylýar. Saýlanyp alnan ýerde derýanyň temperatura düzgüni birmeňzeşräk bolmaly. Uly derýalarda suwuň temperaturasy bütin giňlik boýunça birmeňzeş bolmaýar. Ony kesgitlemek üçin dürli çuňlukly birnäçe dikliklerde ölçegler geçirilýär.

Suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda suwuň temperaturasyny ölçemek üçin daşy gaply suw termometri ulanylýar.

Howanyň temperaturasyna gözegçilikler diňe meteorologiýa beketlerden 30-50 km-den uzaklykda ýerleşen gözegçilik nokatlarda geçirilýär. Gös-göni gözegçilik nokadynda howanyň temperaturasyny diňe ýörite barlaglarda ölçeýärler, mysal üçin, suwuň içindäki buzuň emele gelşi öwrenilende we ş.m.

Buz hadysalaryna gözegçilik işleri gözegçilik nokadynyň böleginde buzuň emele geliş ýagdaýyny aýdyňlaşdyrmak maksady bilen geçirilýär. Gözegçilik bütin gyşyň dowamynda geçirilýär.

14-nji bap

14.1. Suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň lentasyny işläp taýýarlamak

Suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň lentasyny işläp taýýarlamak aşakdaky yzygiderlikde ýerine ýetirilýär:

1. Yazgynyň hili barlanýar, lentada barlag bellikleriniň barlygy we olaryň suw ölçemegiň gözegçilikleriniň kitapçasyndaky ýazgylara laýyklygy anyklanýar.

Özi ýazýan abzalyň lentasyndaky ýazgynyň çyzygy inçe, göni we üznüksiz bolmaly. Ýaramaz hilli ýazgylar, ortadan başga reňkli inçe çyzyk geçirmek ýoly bilen düzedilýär.

2. Özi ýazýan abzalyň abatlygy barlanýar. Sagat enjamynyň işleýşini barlamak üçin başlangyç we ahyrky barlag belliklerden wagt okuna keseligine kesik goýberilýär. Şu kese kesigiň arasynyň wagt masştabyna köpeldilen bahasy bellikleriň arasyndaky wagt aralyga deň bolmaly. Tapawut gije--gündizde±5 minuta çenli bolanda, soňky hasaplamalarda hasaba alynmaýar. Eger-de wagt ýalňyşlygy ±5 minutdan köp bolsa, onda ol barlag bellikleriniň arasy deň ölçegli bölüşdirme arkaly düzedilýär.

Lenta ýazylan suw derejesiniň esasy gözegçilik nokadyndaka laýyk gelýänligini barlamak üçin, lentadaky

barlag bellikleriň arasyndaky tapawudy suw derejesiniň ýazylýan masştabyna köpeltmeli we alnan bahany esasy gözegçilik nokadynda ölçenen suw derejeleriniň tapawudy bilen deňeşdirmeli. Özi ýazýan abzal dogry işlese we bütin gurluş abat bolsa, tapawut abzal bilen suwuň derejesini bellemegiň takyklygynyň iki essesinden köp bolmaly däl.

3. Wagt aralyklary deň usul we özboluşly döwük nokatlar usullary boýunça özi ýazýan abzalyň lentasyna ýazylan suw derejeleriň hereket çyzygy bellenilýär. Wagt aralyklary deň usul, gije-gündizde suw derejesiniň hereketi birsydyrgyn bolan ýagdaýda, özboluşly döwük nokatlar usuly bolsa suwuň derejesi çalt üýtgäp duran ýagdaýda ulanylýar.

Wagt aralyklary deň usul ulanylanda, bent gädigi (wodosliw) we gidrometriýa nowalarynda ornaşdyrylan özi ýazýan abzalyň gurluşlarynda suw derejesiniň gije-gündizde üýtgäp durmagynyň gerimi 5 sm-den az bolanda we özi ýazýan abzalyň beýleki gurluşlarynda 10 sm-den az bolanda, nokatlar her 12 sagatdan (0 we 12 sagatlarda), uly gerimlerde bolsa her 6 sagatdan (0,6,12 we 18 sagatlarda) bellenilýär. Eger-de gije-gündiziň dowamynda belli bir sagatlarda suwuň derejesi birsyhly beýgelip we peselip durýan bolsa, onda nokatlar her sagatdan bellenilýärler.

Özboluşly döwük nokatlar usuly ulanylanda, nokatlar hemme ýokary derejelerde, oýlarda we suwuň derejesiniň ösüş depgininiň üýtgeýän ýerlerinde bellenilýär.

Özi ýazýan abzalyň lentasyna ýazylan suw derejesiniň hereketiniň baglanyşyk çyzgysyny bellemek üçin kabul edilen usula bagly bolmadyk, goşmaça, suwuň iň ýokary we in pes derejeleriniň nokatlary, gije-gündiziň başynyň we aýagynyň nokatlary (0 we 24 sagatlar) bellenilýär. Bellenen nokatlarda suwuň derejesiniň beýikligini almak üçin, özi ýazýan abzalyň lentasynda baglanyşyk çyzgynyň ýazgysynyň aşagynda kese çyzyk çyzylýar, onuň belligi suwuň derejesiniň käbir bahasyna laýyk gelýär. Şu suw derejesi dik okuň başlangyjyny berýär, oňa degişlilikde hemme bellenen nokatlar üçin suwuň

derejesiniň beýikligini almaly. Dik okuň başlangyjyny kesgitlemek üçin, esasy suw ölçenýän gözegçilik nokady boýunça barlag belliklerinde lenta ýazylyp alnan suw derejesiniň hasaby hyzmat edýär.

Göz öňünde tutulýan nokatlarda suw derejesiniň ululygyny kesgitlemek üçin, şu nokatlaryň başlangyç dik oka baglylykda artykmaçlygyny ölçemeli (silindr bilen ýa-da lentanyň bölekleri boýunça), alnan ululyklary masştab boýunça suw derejesiniň beýikligine geçirmeli we olaryň üstüne başlangyç dik okuň suw derejesiniň bahasyny goşmaly.

Özi ýazýan abzalyň lentalaryny işläp taýýarlamak esasynda suwuň derejesiniň jedweli düzülýär, olar soňra suwuň akymy hasaplananda ulanylýar.

14.2. Suwuň derejesiniň gije-gündizki ortaça bahasyny hasaplamak

Suwuň derejesiniň gije-gündizlik ortaça bahasyny hasaplamak üçin suwuň gije-gündizlik ortaça akymyny kesgitlemek gerek bolýar.

Eger-de gije-gündiziň dowamynda suwuň derejesi üýtgemeýän bolsa ýa-da örän az derejede üýtgeýän bolsa, onda suwuň derejesiniň gije-gündizlik ortaça bahasy sagat 8-de we 20-de ölçenen suw derejeleriniň ortaça bahasy hökmünde kesgitlenýär, bir möhletde gözegçilik edilen bolsa, onda sagat 8-de ölçenen suw derejesi kabul edilýär. Goşmaça gözegçilikler geçirilende, suwuň derejesiniň gije-gündizlik ortaça bahasy hemme alnan hasaplaryň arifmetik ortaça bahasy hökmünde kesgitlenýär.

Suwuň derejesiniň gije-gündizlik çylşyrymly hereketinde, ýagny gözbaşy buz bilen örtülen depelerden başlanýan daglyk derýalarda, daşgynly deňizlere guýýan derýalaryň aýagyna ýakyn böleklerinde, şeýle hem akymy sazlanýan köllerde we howdanlarda suw derejesiniň gije-gündizlik ortaça bahasyny

dine suwuň derejesini özi ýazýan abzal bilen yzygiderli ýazylanda, ygtybarly kesgitlemek bolýar.

14.3. Gidrometriýa gözegçilikleriniň netijeleriniň toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysyny we suw derejesiniň üýtgäp durmagynyň bilelikdäki baglanyşyk çyzgylaryny gurmak

Gidrometeorologiýa gözegçilikleriniň netijeleriniň toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysy gidrologiýa düzgünininiň ululyklarynyň (suw derejeleri, suwuň we getirintgileriň mukdarlary, eňňitlikler we ş.m.), howa temperaturasynyň we bir ýyldaky ygalyň hereketiniň baglanyşyk çyzgysy görnüşindäki şekillendirilmesinden ybaratdyr (9.1-nji surat).

Baglanyşyk çyzgysy gurlanda, kese ok boýunça wagt, dik ok boýunça bolsa howanyň temperaturasy, ygal we gardaky suwuň mukdary, buzuň üstündäki garyň galyňlygy we buzuň galyňlygy, suwuň temperaturasy we suwuň derejesi goýulýar. Doly göwrümli gidrologiýa gözegçilikler geçirilýän gözegçilik nokatlary üçin, ýokarda görkezilen ululyklardan başga-da, baglanyşyk çyzga suw mukdarynyň gije-gündizki ortaça bahasy boýunça gidrograf, bulançaklygyň üýtgäp durýan baglanyşyk çyzgysy, geçiş köpeldijileriň ($K_{0(}$ we $K^{\wedge}{}_{5}$) baglanyşyk çyzgysy, suwuň ýüzüniň eňňitliginiň bahalary goýulýar. Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň baglanyşyk çyzgysynda şertli alamatlar bilen suwuň mukdarynyň, gaýýan we düýpki getirintgileriň ölçenen günleri bellenilýär, beýleki işleriň ýerine ýetirilen günleri çyzygyň aşagynda bellenilýär. Suw derejesiniň üýtgäp durmagynyň baglanyşyk çyzgysynyň üstünde şertli alamatlar bilen (14.2-nji surat) ini 4 mm zolak görnüşinde buz düzgününiň döwürleri bellenilýär. Toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysy ýylyň dowamynda kem-kemden gurulýar, gözegçilik nokatlaryndan suw ölçeginiň kitapçasynyň gelmegi boýunça gurulýar. Şeýdip gurmak gözegçiliklerdäki we işläp

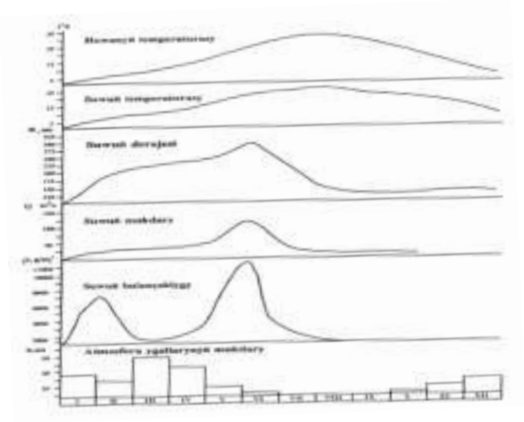
taýýarlamakdaky goýberilen ýalňyşlyklary ýüze çykarmaga we derrew düzetmäge mümkinçilik berýär.

Biz öz mysalymyzda toplumlaýyn baglanyşyk çyzygynyň düzümine suwuň derejesini, suwuň mukdaryny, suwuň bulançaklygyny, howanyň we suwuň temperaturasyny, atmosfera ygallarynyň mukdaryny goşduk.

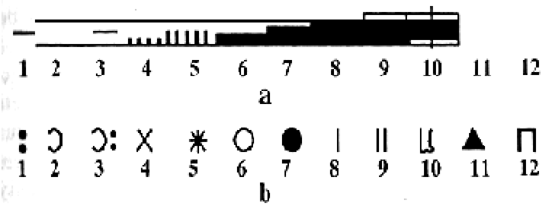
Baglanyşyk çyzgylaryny gurmak üçin ygal we howanyň temperaturasy baradaky maglumatlary ýakyn aralykda ýerleşen meteobeketlerden alynýar.

Toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysy gurlanda, kese masştab hemme bölekler üçin birmeňzeş alynýar-1 mm=1 gije-gündiz. Dik masştablar aşakdaky ýaly kabul edilýär:

- howanyň we suwuň temperaturasy üçin 1mm=1°;
- buzuň galyňlygy we buzuň üstündäki suwuň, garyň galyňlygy 1 mm=2 sm; ygal üçin 1mm=1 mm.



14.1-nji surat. Gidrometrologiýa gözegçilikleriň netijeleriniň toplumlaýyn baglanşyk çyzygysy. Tejen derýasy, Pulhatyn gözegçilik nokady.



14.2-nji surat. Buz düzgüniniň döwürlerini çyzgyda (a) we jedwelde (b) görkezmek üçin şertli bellikler.
1- gyrpak, 2- kenarýaka buz, 3 - kenar buzundaky gyrpak, 4 - ýuka buzlaryň seýrek hereketi, 5- ýuka buzlaryň gür hereketi, 6 - buzuň seýrek hereketi, 7 - buzuň gür hereketi, 8- durnukly buz örtügi, 9 - buzuň üstünden suw akýar, 10 - kenar buzy, 11-buz böwediniň boljak güni, 12 - buzuň gür hereket etjek güni.

Suwuň derejesi üçin masştab bellenende, suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň gerimi beýiklik boýunça 10-12 sm-den köp bolmaz ýaly etmeli.

Toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysy gidrologiýa gözegçilik nokadynyň örän wajyp tehniki resminamasydyr we suwuň derejesine, buz düzgünine we gidrologiýa düzgüniň beýleki ululyklaryna gözegçilikleriň netijelerini seljermek üçin hyzmat edýär.

Seljerme edilýän wagtda baglanyşyk çyzgyda hemme gidrologiýa ululyklaryň üýtgemeginiň hereketi öwrenilýär we olaryň sazlaşyk derejesi kesgitlenýär. Adatça, bir ululygyň hereketindäki özgerişler beýleki ululyklardaky özgerişler bilen tassyklanýar. Mysal üçin, suwuň derejesiniň ýokary galmagy ygalyň ýagmagy bilen tassyklanmaly ýa-da buzuň galyňlygynyň artmagy bilen, aýratyn hem kiçi derýalarda. Buzuň galyňlygynyň artmagy howanyň temperaturasynyň peselmegi sebäpli bolmaly we ş.m.

Aýratyn ululyklaryň hereketiniň sazlaşmaýan hemme ýagdaýlarynda seljerilýän ululyklaryň özara baglanyşygyny bozýan sebäpleri ýüze çykarmaly.

Suwuň derejesiniň we buz düzgüniniň hereketiniň sazlaşmasyny seljermek üçin derýanyň uzynlygy boýunça, bir

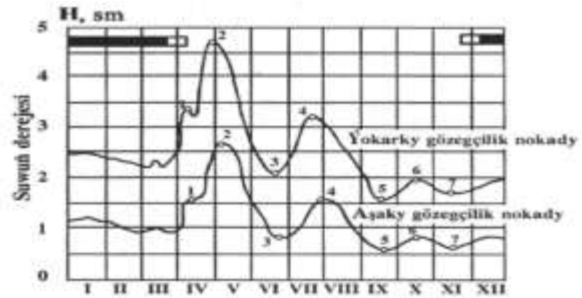
derýada ýerleşen birnäçe utgaşdyrylan gözegçilik nokatlarynyň maglumatlary esasynda suw derejesiniň üýtgäp durmagynyň wagtyny görkezýän baglanyşyk çyzgysyny gurýarlar. Bir derýadaky gözegçilik nokatlary toparyna degişli baglanyşyk çyzgylaryny seljermegi ýeňilleşdirmek üçin bir tagtada gurmak maslahat berilýär. Çyzgyda gözegçilik nokatlary derýanyň ugry boýunça ýerleşişi ýaly, ýokardan aşaklygyna ýerleşdirilýär. Wagt derejesi hemme baglanyşyk çyzgylary üçin umumy bellenilýär, suwuň derejeleriniň masştaby bolsa birmeňzeş bolýar.

Utgaşdyrylan baglanyşyk çyzgylary seljerilende, goňşy gözegçilik nokatlarynyň arasynda suwuň derejesiniň we buz düzgüniniň hereketiniň sazlaşmasy aýdyňlaşdyrylýar, derýanyň uzynlygy boýunça joşgunyň güýçlenmegi we gowşamagy yzarlanylýar, az suwly döwürde we buz emele gelýän döwürde suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň häsiýeti kesgitlenilýär.

14.4. Suw ölçenýän iki gözegçilik nokadynyň laýyk suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy

Laýyk suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysyny, suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynyň biriniň gözegçilik boşlugyny doldurmak, şeýle hem ýalňyş suw derejelerini düzetmek üçin ulanmak bolýar.

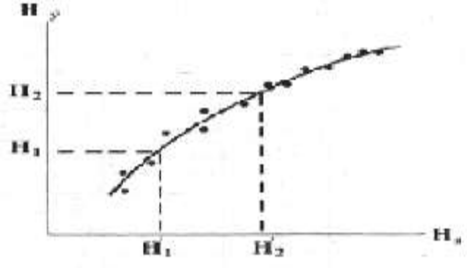
14.3-nji suratda bir derýada ýakyn aralykda ýerleşen iki gözegçilik nokadynyň suw derejeleriniň üýtgäp durmagynyň baglanyşyk çyzgysy görkezilen. Bu baglanyşyk çyzgylaryň arasynda biri-birine örän meňzeşligiň bardygy görnüp dur, aýratyn hem özhäsiýetli nokatlaryň ýerleşişinde. Deňeşdirilýän iki nokadyň birmeňzeş döwre laýyk gelýän suw derejelerine **laýyk suw derejeler diýilýär.**



14.3-nji surat. Laýyk suw derejeleriň kesgitlemegiň çyzgysy.

Iki gözegçilik nokadynyň laýyk suw derejeleri wagt içinde süýşürilen bolýar, ol ýokarky gözegçilik nokadyndan aşaka çenli suwuň geçýän wagty bilen şertlendirilýär.

14.3-nji suratda ýokarky we aşaky gözegçilik nokatlaryň döwürler boýunça laýyk suw derejeleri birmeňzeş bellikler bilen bellenilen. Iki gözegçilik nokady üçin laýyk suw derejeleriň baglanyşyk çyzgysyny gurmak aşakdaky ýaly ýerine ýetirilýär. Laýyk suw derejeleriň jübüt bahalary baglanyşyk çyzyga geçirilýär (14.4-nji surat), baglanyşyk çyzgyda dik ok boýunça ýokarky gözegçilik nokadynyň suw derejesiniň çyzgysy, kese ok boýunça bolsa aşaky gözegçilik nokadynyňky ýerleşýär. Goýulan nokatlary göni ýa-da egri baglanyşyk çyzyk bilen birleşdirýärler. Iki gözegçilik nokadynyň birinde suwuň derejesine üznüksiz gözegçilik geçirilen bolsa, beýleki gözegçilik nokadyndaky gözegçiligiň boşlugyny doldurmak bolýar.



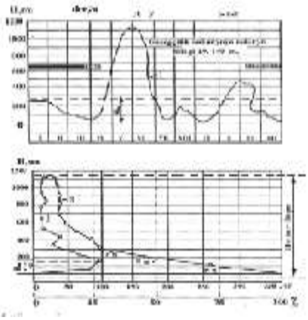
14.4-nji surat. Laýyk suw derejeleriň baglanyşyk çyzgysy.

Gözegçilik nokatlarynyň aralygy has uzak bolsa, onda laýyk suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy gurlanda, suwuň tizligi (ýokarky gözegçilik nokadyndan aşaky gözegçilik nokadyna çenli geçýän wagty) suw derejesiniň galýan we peselýän döwürleri üçin aýratynlykda hasaba alynmaly.

14.5. Suwuň derejesiniň maglumatlaryny gutarnykly işläp taýýarlamak

Suwuň derejesiniň maglumatlaryny işläp taýýarlamak, esasan, şundan ybarat: ölçenen suw derejelerini ölçeg nokadynyň noluna getirmek, suwuň derejeleriniň gije-gündizlik ortaça bahasyny hasaplamak, her günki suwuň derejeleriniň jedwelini düzmek (ýyllar boýunça), olaryň üýtgäp durmagyny görkezýän baglanyşyk çyzgysyny gurmak (14.5-nji surat). Ölçeg nokadynyň nolunyň üstündäki suwuň derejesi santimetrde aňladylýar. Baglanyşyk çyzgyny gurmak üçin aşakdaky masştablary alsaň amatly bolýar: wagt-1 gije-gündiz 1 mm, suwuň derejesi-onuň üýtgäp durmaklygyna baglylykda M l:10-dan M 1:200 çenli. Işläp taýýarlamagyň galan işi suw derejesiniň köpýyllyk häsiýetlendirijilerini we olaryň bolýan wagtyny kesgitlemekden ybaratdyr.

Suwuň derejesiniň wagtyny görkezýän baglanyşyk çyzgysy boýunça gös-göni suwuň derejesiniň haýsy wagtyň içinde berlenden aşak düşmändir, haýsy suw derejesinde köp gaýtalanýar we başgalary kesgitläp bolmaýar.



14.5-nji surat. Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň (1), gaýtalamagynyň (2) we dowamlylygynyň (3) baglanyşyk çyzgylary.

Şu soraglara jogap bermek üçin suwuň derejesi boýunça toplanan maglumatlary işläp taýýarlamaly. Islendik wagt üçin suwuň derejesiniň özi we özboluşly suw derejeleriniň hem-de buz hadysalarynyň başlanýan wagtlary işlenip taýýarlanýar. Suwuň derejeleri kem-keraden azalýan tertipde ýerleşdirilýär. Eger şol bir suwuň derejesi birnäçe gezek gaýtalanýan bolsa, onda ony şonça gezek jedwele ýazmaly 365 (ýa-da 366) bellikli in soňky suwuň derejesi berlen ýylda in pesi. Diýmek, bütin ýylyň dowamynda suwuň derejeleri şu derejeden H_{pes}-den ýokary ýa-da oňa deň bolupdyr, ýagny onuň üpjünligi 365(366) gije-gündiz.

Başga-da islendik suw derejesini almak mümkin $H_{pes} < H < H_{ýok}$ we gös-göni jedwelden şol derejäniň näçe günüň içinde gaýtalanýandygyny bilip bolýar.

Suwuň derejesiniň $H_{ýok}$-dan H_{pes}-e çenli azalmagy baglanyşyk çyzgy görnüşinde görkezilýär: dik ok boýunça suwuň derejesi goýulýar, kese ok boýunça bolsa gije-gündiz. Bu egri çyzygy 365(366)-den has az nokat sany bilen hem ýeterlik takyklykda gurmak mümkin. Onuň üçin suw derejeleri 10-15 aralyklara bölünýär we olaryň her aralykdaky sany hasaplanýar.

Suwuň derejeleriniň aralykdaky sany $\mathbf{m_i}$ we gije-gündiziň jemi sany **m,** gije-gündiziň umumy sanyna n baglylykda

göterimde hasaplanýar. Bu ýerde **m_i** bahasy berlen aralykdaky suwuň derejeleriniň gaýtalanmagyny ýa-da ýygylygyny aňladýar, **m** bahasy bolsa suwuň derejesiniň berlen aralykdaky dowamlylygyny ýa-da üpjünligini aňladýar. Dik ok boýunça suwuň derejesini H, kese ok boýunça bolsa aralygyň ortasynda **m_i** we aşaky çäginde **m** goýup, suw derejesiniň ýygylyk 2 we üpjünlik3 baglanyşyk çyzgylaryny alýarys. Aralyklaryň çäklerini nol we birlik sanlara gabat getirilse, amatly bolýanlygy sebäpli, çetki aralyklar, köplenç, beýlekiler bilen deň bolmaýarlar. Suwuň derejesiniň ýygylyk baglanyşyk çyzgysy gurlanda dik oklar aralygyň ortasyna, üpjünlik baglanyşyk çyzgysy gurlanda bolsa, aralyklaryň aşaky çägine deň diýip alynýar.

14.5-nji suratdaky 2 we 3 egri çyzyklara suw derejesiniň paýlanyş egri çyzyklary diýilýär we inženerçilik gidrologiýasynda giňden ulanylýar. Üpjünlik egri çyzygy ýygylyk egri çyzygyna garanyňda jemlenen görnüşde bolýar.

Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagy barada doly we dogry maglumat almak üçinhasabat taýdan işlenip taýýarlananda, suwuň derejesiniň aşakdaky özhäsiýetli bahalary kesgitlenýär: $H_{50\%}$, ýokarda $H_{25\%}$, aşakda $H_{75\%}$ we köp gaýtalanýan suw derejeleri. Eger-de ýygylyk egri çyzygyň iň uly dik okunyň iki tarapy hem birmeňzeş şahaly bolsa, onda köp gaýtalanýan we ortaça arifmetik suw derejeleri birmeňzeş bolýarlar. $H_{50\%}$ suwuň derejesi ortaça arifmetik baha H_{or} bilen deňeşdireniňde suwuň derejesiniň ortaça bahasyny has dogry häsiýetlendirijidir. Sebäbi H_{or} bahasyna kähalatlarda derýa akymynyň köpelmegine bagly bolmadyk suwuň derejesiniň beýgelmegi we peselmegi täsir edýär (derýada uly buz böwetleri döränDe we ş.m.). suwuň derejesine bolsa bu sebäpler täsir etmeýärler.

$H_{50\%}$ suwuň derejesinden çepe suw derejesiniň köpelişini häsiýetlendirmek üçin H_{25} (25% üpjünlikli) suw derejesi ulanylýar. $H_{50\%}$ suw derejesiniň saga peselişini

häsiýetlendirmek üçin aşaky $H_{75\%}$ (75% üpjünlik) suw derejesi ulanylýar.

15-nji bap

Çuňlugy ölçemek

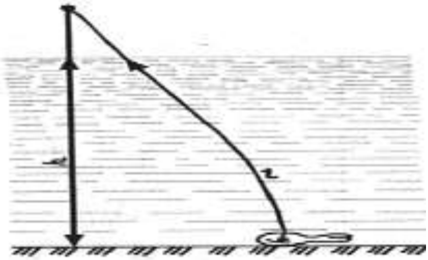
15.1. Çuňlugy ölçemegiň maksady

Suwuň ýüzünden düýbüne çenli bolan dik aralyga suwuň çuňlugy diýilýär. Çuňlugy ölçemek gidrometriýa işleriň in esasy bölegi hasaplanýar. Ol işler bentler, suw alynýan sakalar gurlanda, derýanyň düýbi öwrenilende, şeýle hem suwuň mukdary ölçenende we ş.m. geçirilýär.

Suwuň çuňlugy gidrometriýa ştanganyň, ujy ýükli ýüpüň we gidrometriýa profilograflaryň (çuňlugy özi ýazýan abzalyň) kömegi bilen ölçenýär.

15.2. Suwuň çuňlugyny ölçemek üçin ulanylýan abzallar. Gidrometriýa ştangasywe ujy ýükli ýüp. Gidrometriýa profilografy

Gidrometriýa ştanganyň uzynlygy 7 m çenli, diametri 5-6 sm bolan her 10 santimetrden bölünen togalak demirden ýasalýar. Ony dine uly bolmadyk çuňluklarda (5-6 m) we tizliklerde ulanmak amatly bolýar. Ştanga agramy 0,5-1,0 kg bolan paşmaga meňzeş demir bilen gutarýar. Eger-de derýanyň düýbi batgaly bolsa, onda paşmagyň ýere çümmegi mümkin. Şonuň üçin hem onuň deregine diametri 15-30 sm bolan agaçdan ýasy tegelek ulanylýar. Paşmagyň we ýasy tegelegiň aşagy ştanganyň noluna gabat gelmeli. Ölçeg geçirilýän wagtda ştanga dik saklanylmaly. Tolkun bolanda, hasap tolkunyň ýokarsynyň we aşagynyň ortaça bahasy görnüşinde alynýar. Ştanga bilen ölçenilýän çuňlugyň takyklygy 2% bolmaly.



15.1 -nji surat. Ýükli gidrometriýa trosunyň akymda ýerleşişi.

Çuňluk 6 metrden köp bolsa, el bilen ýa-da enjamly, ujy ýükli ýüp ulanylýar. El bilen ölçenende uj y ýükli ýüpüň agramy 3-6 kg bolup, belgili ýüpden ýa-da trosdan asylan ýük gömüşinde bolýar. Çuňluk ölçemek üçin ujy ýükli ýüp akymyň akyp gelýän ugruna zyňylýar we çuňluk ölçenen wagtynda ýüp dik bolar ýaly edilýär. Suwuň aşagyndaky ýüpüň uzynlygy (12.1-nji surat) suwuň çuňlugyndan h uly bolýar. Ýüpüň uzynlygy 1-iň bahasy ýük derýanyň düýbüne we suwuň ýüzüne ýetenini görkezýän hasaplaýjy abzalyň kömegi bilen ölçenilýär.

Enjamly ujy ýükli ýüp ulanylanda ýüküň agramy we trosuň diametri suwuň tizligine baglylykda üýtgäp durýar (12.1-nji tablisa). Suwuň tizligi näçe ýokary bolsa, şonça-da ýüküň agramy köpelmeli. Enjamly ujy ýükli ýüp ulanylanda, ony suwa goýbermek üçin hem-de galdyrmak üçin ýük galdyryjy gural ulanylýar.

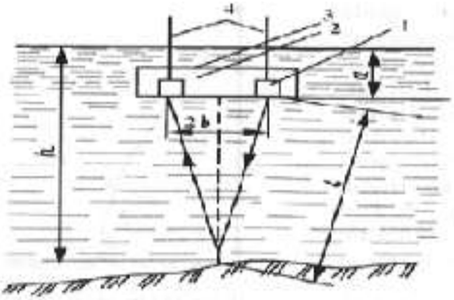
15.1-nji tablisa

Suwuň tizligi, m/sek	Ýüküň agramy, kg	Trosuň diametri, mm
1-den az	10-15	1,0
1-2	25-50	1,5-1,8
2-3	50-75	2-3
3-den köp	75-100	3-4

Eger-de suwuň tizligi has ýokary bolsa, onda trosuň dik ýagdaýdan gyşarmagyny hasaba almaly. Onuň üçin D.Ý.Ratkowiç jedwel düzüpdir. Jedweli düzmek üçin suwa goýberilen ujy ýükli trosuň diklikden gyşarma burçy esas bolup durýar.

Çuňlugy has takyk ölçemek üçin nawçany ýa-da gaýygy wagtal-wagtal duruzmaly. Gaýygy duruzman, ölçeg geçirilse, işiň öndürijiligi artýar, ýöne takyklygy peselýär. Gidip barýan katerde çuňluk ölçenende, takyklygy ýokarlandyrmak üçin çuňlugy düzedişsiz ölçemegi üpjün edýän troslary we ýükleri ulanmaly. Eger-de ujy ýükli ýüp elektrik güýjenmesini birleşdiriji bilen üpjün edilen bolsa, onda çuňlugy has takyk ölçemek bolýar.

Gidrometriýa profilograflar. Gidrometriýa profilograflar - bu derýa düýbüniň ýergurluşyny ýazmak üçin ulanylýan abzallardyr. Işleýişleri boýunça olar: mehaniki, gidrostatiki we sesli ýaly görnüşlere bölünýärler. Eholotda suwda sesiň tolkunlarynyň ýaýramagy ulanylýar. 12.2-nji suratda eholot bilen çuňlugy ölçemegiň görnüşi görkezilýär. Ses ýaýradyjyny we suwuň düýbünden gelýän sesi kabul edýän abzallary gäminiň gapdalynda ýa-da aşagynda belli bir çuňlukda **a** ýerleşdirýärler.



15.2 **nji surat.** Eholot bilen suwuň çuňlugyny ölçemegiň görnüşi. 1-sandyradyjy şöhlelendiriji, 2 - sandyradyjy-kabul ediji, 3 - alyjy gurluş. 4 - merkezi abzal bilen birleşdirmek üçin kabeller.

Ýokarky surat boýunça:

$$h-a=\sqrt{l^2-b^2}\ , \qquad (15.1)$$

bu ýerde

b – sesi ýaýradyjy we kabul edijiniň arasyndaky ýarym aralyk;

ℓ - ses tolkunlarynyň ýaýrydyjydan suwuň düýbüne ýa-da suwuň düýbünden kabul edijä çenli geçen ýoly:

$$l=\frac{st}{2}, \qquad (15.2)$$

bu ýerde

s-sesiň suwda ýaýraýyş tizligi (ortaça 1462 m/sek);

t - sesiň 2 ℓ ýoly geçmegi üçin gerek bolan wagty.

Ýokarky (15.1.) we (15.2.) aňlatmalardan tapýarys:

$$h=\sqrt{\frac{s^2t^2}{4-b^2}}+a \qquad (15.3)$$

Şeýlelikde, **t**-ni bilip, çuňlugy **h** kesgitlemek bolýar. Wagty örän ýokary takyklykda kesgitlemeli, sebäbi 10 m çuňluga t=0,013 s wagt aralygy laýyk gelýär.

Ses ýaýradyjy we kabul edijiniň arasy örän ýakyn bolsa *l*-iň bahasyny, ýagny gönüburçly üçburçlugyň gipotenuzasyny çuňluk diýip hasap etmek bolýar.

Profilograf sesi ýaýratmak we kabul etmek hem-de çuňlugy ýazmak üçin merkezi abzaldan ybarat. Ondan başga-da onuň öwrüji garşylygy peseldijisini suwa goýbermek üçin gurluş we güýjenme çeşmesi bardyr.

Çuňlugy ölçemegiň netijesi yzygiderli çyzyk görnüşinde elektroýylylyk kagyzdan ýasalan hereket edýän lenta ýazylýar.

15.3. Çuňlugy ölçemegiň usuly

Çuňlugy ölçemek işleriniň düzümine çuňluk ölçenjek dikllikleriň meýilnamada ýerleşişini kesgitlemek hem girýär. Şu sebäpli gidrometriýanyň we geodeziýanyň abzallary hem-de usullary bilelikde ulanylýar.

Derýalarda, howdanlarda we beýleki suw çeşmelerinde çuňluk ölçenilýän dikliklere çuňluk diklikleri diýilýär. Meýilnamada çuňluk dikllikleriň (wertikallaryň) ýerleşen ýerlerini kesgitlemäge çuňlugy sazlaşdyrmak diýilýär.

Çuňluk ölçenilýän nokatlaryň ýerleşýän ýerleri birnäçe usullar boýunça kesgitlenilýär:

1) iki kenaryň arasyndan çekilen tros boýunça;

2) kenarda ýerleşdirilen burç ölçeýji abzallaryň kömegi bilen (teodolitiň ýa-da menzulyň kiprigeli);

3) çuňluk ölçeýän gämileriň üstünde ýerleşdirilen burç ölçeýji abzallaryň kömegi bilen;

4) radiogeodezik usullar arkaly.

Çuňluk dikliklerininiň ýerleşdirilen kesiklerine çuňluk kesikleri diýilýär.

Ýüzüp barýan gäminiň üstünde çuňluk ölçenende, gidrometriýa ýüki suwdan çykarylmaýar-da, çala ýokary galdyrylýar.

Ses profilograflar bilen çuňluk gämi gidip barýarka ölçenilýär. Kabul ediji-ugradyjy abzallary ýerleşdirmek üçin ýer saýlananda, abzalyň görkezýän hasabyna gäminiň hereketinden döreýän suwuň towlanyp aýlanmagy, howalanma we tolkunlar täsir etmez ýaly bolmaly. Gäminiň gabarasyndan suwuň garşylygyny azaldýan gurluşa çenli aralyk 70 sm deň diýip kabul edilýär. Suwuň garşylygyny azaldýan gurluşyň üsti 10 sm-den az bolmadyk çuňlukda ýerleşdirilýär.

Sesiň kömegi bilen suwuň çuňlugyny suw çylşyrymly aksa-da, ölçemek bolýar. Meselem, derýanyň hanasy beklenende.

Çuňluk ölçemek işleriniň maksadyna, takyklygyna we dolulygyna, şeýle hem ýerli şertlere baglylykda çuňluk ölçenýän ugurlar bellenilýär:

1) kese kesik boýunça;
2) uzaboýuna kesik boýunça;
3) gytak ugur boýunça;
4) garyşyk usul boýunça.

Kese kesik boýunça suwuň çuňlugy köprüleriň, gidrometriýa serişdeleriniň, nawçalaryň, gaýyklaryň we uçarlaryň kömegi bilen ölçenilýär.

Kese-kesik boýunça suwuň çuňlugyny ölçemek. Bu usulyň esasy artykmaçlygy, ol çuňluk ölçenj ek nokatlaryň ýerleşişini has takyk kesgitlemäge mümkinçilik berýär we öňünden belli ugur boýunça çuňlugyň paýlanyşyny aýan edýär.

Bu usulyň esasy ýetmezçiligi, ony güýçli akymly uly derýalarda ulanyp bolmaýar. Suwuň çuňlugyny kese kesik boýunça ölçemek üçin derýanyň ugry bilen kenardan beýiklik bellikli esasy ugur geçirilýär. Şeýle-de esasy ugraň çyzygynda hem-de suwuň erňeginde gazyklar kakylýar. Kesikleriň arasy derýanyň giňligine, derýa düýbüniň ýergurluşynyň häsiýetine we çuňlugy ölçemekde talap edilýän takyklyga baglylykda

bellenilýär. Derýanyň giňligi 100 m çenli bolanda, ortaça şertler üçin kesikler her 1/2 - 1/3 derýa giňliginden we derýanyň giňligi 1000 m çenli bolanda, her bir $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{4}$ derýa giňliginden bellenilýär.

Kesiklerdäki çuňluk ölçenjek nokatlaryň sany, çuňlugy ölçemek işleriň maksadyna we derýa düýbüniň ýergurluşyna baglylykda bellenilýär. Derýanyň giňligi 10 metrden 50 metre çenli bolsa, onda ölçenjek nokatlaryň sany 10-20 bolýar. Giňligi 100 metrden 300 metre çenli bolan derýalarda 20-30 sany nokat, eger-de giňligi 1000 metre çenli bolsa, onda 40-50 sany nokat bolýar. Derýa düýbüniň ýergurlusy birsydyrgyn üýtgeýän bolsa nokatlar seýrek bellenilýär, emma derýanyň düýbi tekiz bolmasa, çuňluk ölçenýän nokatlaryň sany köp bolýar.

Suwuň çuňlugyny köprüden ölçemek. Kiçi derýalarda gidrometriýa ölçeg kesikler (stwor) köprüler bilen abzallaşdyrylýar. Olaryň kömegi bilen suwuň çuňlugy ölçenilýär. Şeýle ýagdaýda çuňlugy ölçemek kyn bolmaýar: köpriniň ugry boýunça hemişelik nokatdan polat lentany çekýärler. Onuň kömegi bilen hemişelik nokatdan suwuň erňeginiň we çuňluk ölçenjek nokadyň ýerleşişi kesgitlenýär. Çuňluk, köplenç, reýka, ştanga arkaly ölçenilýär.

Gaýykda tros boýunça çuňlugy ölçemek. Derýanyň giňligi 200-300 m bolup, tizligi 1,5 m/s-dan ýokary bolmasa, suwuň çuňlugyny gaýygyň üstünde ölçemek bolýar. Onuň üçin ölçeg nokatda her 2-5 metrden bellenen bellikli, diametri 3-5 mm bolan tros iki kenaryň arasyndan çekilýär. Trosuň bir ujy mäkäm berkidilýär, beýleki ujy bolsa garşy tarapdaky kenara el bilen ýa-da ýük galdyryjynyň kömegi bilen berk dartylýar.

Çuňluk ölçeýän gaýyk trosuň ugry boýunça hereket edýär. Suw ölçeýji her belligiň ýanynda çuňlugy ölçeýär.

Giňligi 25 m çenli bolan derýalarda trosuň deregine berk ýüp ulanmak bolýar. Kiçi derýalarda çuňlugy suwa girip hem ölçemek bolýar.

Çuňluk ölçeniljek nokatlary kenarda duran geodeziýa abzallaryň kömegi bilen bellemek. Giňligi 200-300 m-den köp bolan derýalarda çuňluk ölçenjek nokatlaryň ýerleşişi kenarda duran menzulyň kiprigeli ýa-da teodolit **arkaly** bellenilýär. Şeýle ýagdaýda çuňluk ölçenýän ölçeg kesikler ölçeg kesik bellikleri bilen abzallaşdyrylan bolmaly. Olar, köplenç, göçürilýän görnüşde edilýär. Giňligi 500 m çenli bolan derýalarda ölçeg nokadynyň bellikleri kenaryň birinde oturdylsa-da bolýar. Emma giňligi 500 m-den köp bolan derýalarda, olary iki kenarda-da oturtmaly.

Ölçeg kesik bellikleriniň gömüşleri we ululyklary derýanyň giňligine bagly bolýar. Giňligi 300 m çenli bolan derýalarda, ölçeg kesik bellikleri reňkli matadan ýasalan baýdakly taýak bolmagy mümkin. 300 m-den uly giňlikdäki derýalarda bolsa, ýeňil tagtadan, matadan ýasalan germeçe meňzeş. Ol beýikligi 3-5 m, diametri 5-7 sm bolan taýaga berkidilýär.

Ölçeg kesik bellikleriniň gowy görünmegi üçin, olar ak we gyzyl reňkde ýasalýar.

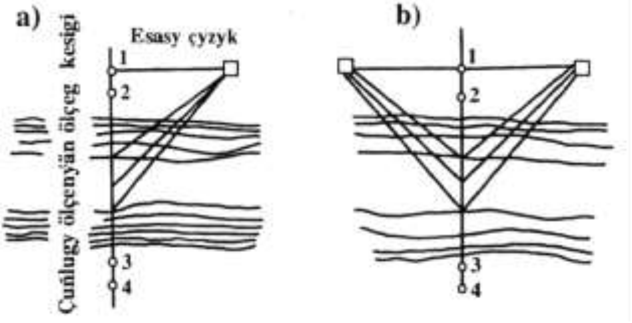
Ölçeg kesik bellikleriniň aralygyny 15.2-nji tablisa boýunça kesgitlemek bolýar.

15.2-nji tablisa

Derýanyň giňligi, m	Ölçeg kesik bellikleriň aralygy, m
100 çenli	5-den az däl
100-200	5-10
200-500	10-20
500-1000	20-50

Ýeke burç ölçeýji guralyň kömegi bilen kenarda bellik edip çuňluk ölçenende, taýýarlanyş işler (esasy ugry geçirmek, kesiklere bölmek, öwrenilýän ýeri surata düşürip, meýilnama

geçirmek) gutarandan soň, esasy ugurda burç ölçeýji guraly gurnamak üçin ýer saýlap almaly we meýilnamada bellemeli



15.3-nji surat. Ölçeg kesigindäki çuňluk ölçenýän nokatlary bir (a) we iki (b) gural bilen bellemek.

(15.3-nji **a** surat). Gurala ýer saýlap alnanda, esasan, üns bermeli zat, şol bir nokatdan derýanyň ugry boýunça ýokarda we aşakda birnäçe kesiklerde bellikler geçirmek mümkinçiligine aýratyn üns bermeli.

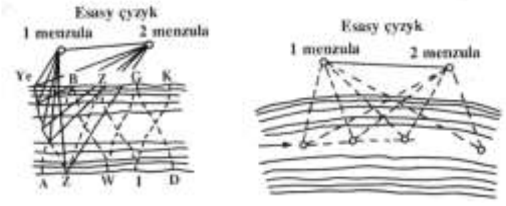
Bellikler iki gural bilen bellenende esasy ugur bellenilýär. Onuň uzynlygy ölçenen bolmaly we derýaböleginiň meýilnamasyna geçirilmeli. Burç ölçeýji gurallar esasy çyzygyň uçlarynda oturdylýar (15.3-nji **b** surat).

Çuňluk ölçemek işleri kesigiň edil ölçeg kesik bellikleriniň çyzygy boýunça hereket edýän gäminiň kömegi bilen geçirilýär. Eger-de derýanyň giňligi 500 m-den köp bolmasa hem-de tizligi 1,5 m/s-dan az bolsa, çuňluk kürekli gaýykda ölçenýär. Uly derýalarda we uly tizliklerde motorly gaýyklar we nawçalar gerek bolýar.

Gurallaryň kömegi bilen çuňluk ölçeniljek nokatlary bellemek iki usul boýunça alnyp barylýar: birinji ýagdaýda gaýygyň üstünden berilýän yşarat boýunça ölçenjek nokat bellenilýär; ikinji ýagdaýda menzulda işleýän adam öňünden ölçeg kesik gazygynda ölçeniljek nokady belläp, gaýyk şol ýere baranda, gaýygyň üstündäkilere habar berýär. Ikinji usul

ölçeg kesikde çuňluk ölçeniljek nokatlary birsyhly ýerleşdirmäge mümkinçilik berýär. Şu sebäpli, köplenç, ikinji usul ulanylýar. Ýöne çuňluk birinji usul bilen ölçenende, çuňluk ölçeniljek nokatlary derýa düýbüniň ýergurluşynyň häsiýetine baglylykda bellemek mümkinçiligi döreýär, ikinji usuldaol mümkinçilik bolmaýar.

Gytak ugur boýunça çuňlugy ölçemek. Haçanda çuňluk derýanyň has uly böleginde ölçenýän bolsa, onda suwuň çuňlugy gytak ugur ýa-da uzaboýuna kesik usullary arkaly ölçenilýär. Bu usullar kese kesik boýunça çuňluk ölçemek bilen deňeşdireniňde, işiň tiz geçirilmegini üpjün edýärler. Bu usullar, köplenç, akym güýçli bolup, ölçeg kesikde saklanmak kyn bolan



15.4-nji surat. Ugruna akmak we uzaboýuna kesikler boýunça çuňlugy ölçemegiň örnüşi.

ýagdaýda ulanylýar. Gytak ugur boýunça çuňluk ölçenilende (15.4-nji surat), akymyň ugruna akyp barýan gaýyk derýany 15-30° burç bilen kesip geçýär. Eger-de derýa örän giň bolsa, onda gytak ugurlaryň atanaklaýyn ulgamlary ulanylýar. Gytak ugurlar derýanyň her bir-giňliginde bolýar.

Gytak ugurdaky çuňluk ölçeniljek nokatlaryň ýerleşýän ýerini bellemek işleri esasy çyzykdaky iki sany burç ölçeýji gurallaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Bellik etmegi ulgamlaşdyrmak üçin, köplenç, aşakdaky usul ulanylýar: menzulyň duran nokadyndan çyzgy kagyzy berkidilen tagtada umumy merkezli ýarym tegelekler geçirilýär, olaryň her bin dine bir gytak ugurda çuňluk ölçenjek ýeri bellemek üçin

ulanylýar. Bellik edilende çuňluk ölçeniljek nokatlaryň san tertibi we yşaratyň reňkiniň birinji harpy ýazylýar.

Uzaboýuna kesik usuly boýunça çuňlugy ölçemek. Bu usul, köplenç, , uly tizliklerde we çuňluklarda ulanylýar. Çuňlugy ujy ýükli ýüpüň kömegi bilen ölçemek amatly bolýar. Uzaboýuna kesik usulynda çuňluk ölçenj ek nokatlaryň ýerleşişi esasy çyzykda dump, iki sany burç ölçeýji gurallaryň kömegi bilen bellenilýär, ýagny edil gytak ugur usuly boýunça ölçenendäki ýaly.

Garyşyk usullar boýunça çuňlugy ölçemek. Derýa düýbüniň ýergurluşyny has takyk anyklamak ýa-da tizlik uly we hananyň gurluşy çylşyrymly bolsa, onda haýsy hem bolsa belli bir usuly ulanmak mümkinçiligi bolmaýar, şeýle ýagdaýda garyşyk usullar ulanylýar.

Köllerde we howdanlarda çuňlugi ölçemegiň aýratynlyklary. Köllerde we howdanlarda çuňluklar ölçenilende işiň iki görnüşde alnyp barylmagy mümkin:

1. Çuňluk ölçenilýän kesikler iki kenara daýananda, uly bolmadyk howdanlaryň we insiz suw giňişlikleriniň çuňlugyny ölçemek;

2. Çuňluk ölçenilýän kesikler diňe bir kenara daýananda, açyk suw giňişliklcriniň çuňlugyny ölçemek.

Şeýle ýagdaýda çuňluk ölçenýän kesikleriň kenardan has daşlaşmagy mümkin, bu bolsa çuňluk ölçeniljek nokatlary meýilnamada görmegi kynlaşdyrýar.

Ölçeg geçiriljek kesikler kölüň görnüşine baglylykda bir ýa-da birnäçe gapdaldaş kesikler görnüşinde bellenilýär. Olar, takmynan, ölçenýän suw çeşmeleriň uzaboýuna okuna adaty ýagdaýda ýerleşdirilýär. Kesikler ilkibada suw çeşmesiniň meýilnamasyna geçirilýär hem-de ýerinde berkidilýär, şeýle hem meýilnamaly esasy çyzyga baglanyşdyrylýar.

Ölçeniljek nokatlaryň sany suw düýbüniň ýergurluşynyň çylşyrymlylygyna we ölçegiň masştabyna bagly. Howdanyň hanasynyň görnüşi çylşyrymly bolsa, ölçeg kesikleriň aralygy 50 m-den köp bolmaýar. Howdanyň düýbi tekiz bolsa, onda

ölçeg kesikleriniň aralygy her 200-500 m-den bolýar. Ölçeg nokatlarynyň aralygy çylşyrymly hanaly kiçi köllerde 5-10 m kabul edilýär. Düýbi birsydyrgyn köllerde 10-20 m we ondan hem köp.

Ölçeg geçirilende suwuň derejesine gözegçilik etmeli. Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlaryň sany we olarda geçirilýän gözegçiligiň ýygylygy suw derejesiniň üýtgemesine bagly bolýar. Ölçeg geçirilende howanyň ýagdaýyna we suwuň ýüzüne gözegçilik etmeli.

Häzirki döwürde köllerde we howdanlarda ölçeg işleri, köplenç, eholot arkaly geçirilýär. Diňe kenar ýakasynda pes suwly ýerlerde ölçegler ştanga we ujy ýükli ýüp arkaly geçirilýär.

15.4. Suwuň çuňlugy ölçenende toplanan maglumatlary işläp taýýarlamak

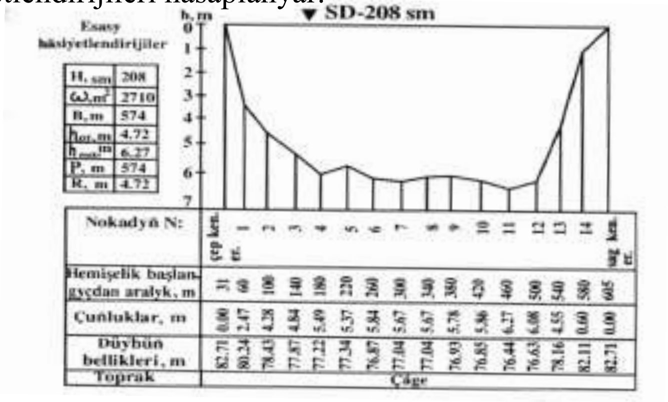
Gidrometriýada suwuň düýbüniň ýergurluşy birmeňzeş beýiklikli nokatlary birleşdirýän çyzygyň kömegi bilen görkezilýär. Düzülen meýilnamalar taslananda, gidrotehniki desgalary we köprüleri gurmakda giňdenulanylýarlar. Suwuň çuňlugynyň paýlanyşy birmeňzeş çuňluklary görkezýän çyzyk arkaly häsiýetlendirilýär. Derýalaryň meýilnamasy gämi gatnawynyň kartasyny düzmek, gum çykarýan enjamlary işletmek we ş.m. üçin ulanylýar. Çuňluk ölçenilýän wagtda suwuň derejesi we akymyň beýleki häsiýetlendirijileri üýtgäp durýar. Şol sebäpli dürli wagtda ölçenen çunluklary deňeşdirmek üçin olary ilkibada belli bir wagt pursadyna getirmeli.

Suwuň belli bir pursadyndaky derejesini, şol bir pursatda suwuň ýüzüne **deň** edip kakylan gazyklary niwelirleme arkaly ýa-da suw ölçenýän gözegçilik nokatlary boýunça kesgitlemek mümkin.

Şertli alnan pursatdaky suwuň derejesi, köplenç, ölçenen çuňluklaryň getirilýän suw derejesiniň **in** pesine ýakyn bolýar. **Oňa kesilen suw derejesi diýilýär. Akymyň çuňlugy we**

beýleki häsiýetlendirijileri ölçenilýän döwürdäki suwuň derejesine işçi suw derejesi diýilýär. Işçi we pursat suw derejeleriniň tapawudyna suwuň derejesiniň kesimi diýilýär.

Çuňluklar ýa-da derýa düýbüniň bellikleri boýunça kese-kesik gurulýar (13.5-nji surat) we onuň aşakdaky görnüş häsiýetlendirijileri hasaplanýar.



15.5-nji surat. Derýanyň kese-kesigi

Kese-kesigiň meýdany **ω** - derýa düýbüniň çyzygy we suw ýüzüniň aralygyndaky meýdan, ony kese kesigiň ölçeglerini ölçemek arkaly kesgitleýärler.

13.6-njy surata laýyklykda, suwuň erňeginden birinji çuňluk diklige çenli üçburçluk görnüşli aralygyň meýdany ω_1 aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$\omega_1 = \frac{h_1}{2} b_1, \qquad (15.4)$$

bu ýerde

h_1-birinji çuňluk diklikdäki çuňluk;

b -suwuň gyrasyndan birinji çuňluk dikligine çenli aralyk.

Birinji we ikinji çuňlukdikliikleriniň arasyndaky trapesiýa görnüşli meýdan ω_2 aşakdaky ýaly hasaplanylýar:

$$\omega_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} b_2, \qquad (15.5)$$

bu ýerde

b2-diklikleriň arasy.

Kese-kesigiň umumy meýdanyny kesgitlemek üçin aşakdaky aňlatmany ulanýarlar:

$$\omega = \frac{1}{2} h_1 b_1 + \frac{h_1 + h_2}{2} b_2 + \ldots + \frac{h_{n-1} + h_n}{2} b_{n-1} + \frac{h_n}{2} b_n, m^2$$

Çuňluk diklikleriň aralyklary birmeňzeş bolanda kese kesigiň meýdany aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\omega = \frac{1}{2} h_1 b_1 + (\frac{h_1}{2} + h_2 + h_3 + h_{n-1} + \frac{h_n}{2}) b + \frac{h_n}{2} b_n, m^2$$

Kese-kesigiň meýdanynyň çäginde tapawutlandyrylýarlar: suw kesiginiň meýdany, janly kesigiň meýdany we jansyz giňişligiň meýdany.

Açyk hanada suw kesiginiň meýdany işçi suw derejesine çenli bolan kese-kesigiň meýdanyna deň. Derýada buz örtügi bolanda, suw kesiginiň meýdany kese-kesigiň meýdany bilen suwa çümen buzuň meýdanynyň tapawudyna deň.

Janly kesigiň meýdany diýip, suw kesiginiň meýdanynyň tizligi noldan ýa-da abzalyň başlangyç tizliginden ýokary bolan bölegine aýdylýar.

Jansyz giňişlikleriň meýdany diýip, suw kesiginiň meýdanynyň tizligi abzalyň duýýan tizliginden pes bolan bölegine aýdylýar. Jansyz giňişlige derýanyň aýlawly hereket edýän bölegi hem degişli.

Derýanyň giňligi B diýip, suwuň ýüzi boýunça kenarlaryň suw erňekleriniň aralygyna aýdylýar we aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$B = l - l_0, \text{ m} \qquad (15.8)$$

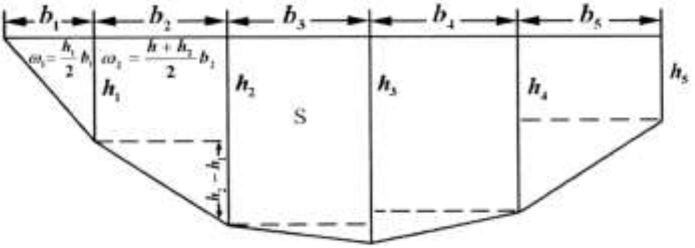
Ortaça çuňluk h_{or} kese-kesigiň meýdanyny derýanyň giňligine bölmek arkaly kesgitlenýär:

$$h_{op} = \frac{\omega}{B}, m \qquad (15.9)$$

Iň uly çuňlugy h_{uly} ölçenen çuňluklaryň içinden saýlap almaly.

Öllenen perimetr p- kenarlaryň suw erňekleriniň aralygynda ýerleşen derýa düýbüniň çyzygynyň uzynlygy. Buz örtügi bolan ýagdaýda öllenen perimetriň uzynlygyna buzuň aşak ýüzüniň uzynlygy hem girýär. Öllenen perimetriň ululygy gönüburçly üçburçluklaryň gipotenuzalarynyň jemi görnüşinde hasaplanýar (8.6-njy surat), ýagny

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \ldots + \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_n - h_{n-1})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2}, m \qquad (8.10)$$



15.6-njy surat. Akymyň kesiginiň meýdanyny we öllenen perimetriň uzynlygyny hasaplamagyň görnüşi.

Gidrawlik radius R kese kesigiň meýdanyny öllenen perimetriň uzynlygyna bölmek görnüşinde hasaplanýar:

$$R = \frac{\omega}{P}, m \qquad (15.11)$$

Giň we çuň bolmadyk derýalar üçin gidrawlik radiusyň ululygy ortaça çuňlugyň bahasyna ýakyn bolýar, şeýle ýagdaýlarda ony ortaça çuňluga deň diýip kabul edýärler ($R \approx h_{or}$).

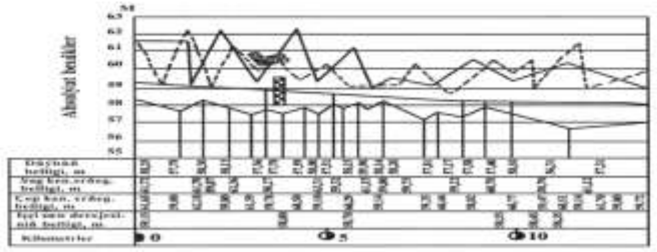
Suwuň ýüzüniň belligi we çuňluk **h** ikisiniň tapawudy akaryň düýbüniň belligini berýär. Suwuň düýbüniň belligi boýunça birmeňzeş beýiklikli nokatlary birleşdirýän çyzykdaky meýilnama çyzylýar. Oňa kesilen suw derejesindäki erňek çyzyklaryny geçirýärler. Derýalaryň we nowhanalaryň erňek çyzyklarynyň birmeňzeş beýiklikli nokatlary birleşdirýän çyzyklar bilen kesişmekleri mümkin.

Akaryň deň çuňluklary birleşdirýän çyzykdaky meýilnamasyny çyzmak üçinmeýilnamada çuňluk dikliklerini bellemeli we pursatdaky suw derejesine getirilen çuňluklary ýazmaly.

Deň çuňluklary birleşdirýän çyzyklary suwasty ýergurluşyň çylşyrymlylygyna, çuňluklaryň gerimine we meýilnamanyň masştabyna baglylykda 0,2 -den 2,0 m çenli alynýar. Kenar çyzyklary çuňluklary nola deň bolan nokatlary birleşdirýän çyzyklardyr.

Kese kesikleriň in uly çuňluklaryna gabat gelýän birsyhly egri çyzyk bilen birleşdirilen nokatlar, in uly çuňluklaryň çyzygyny emele getirýärler.

In uly çuňluklaryň çyzygy boýunça derýanyň uzaboýuna kesigi çyzylýar. Onda derýa düýbüniň ýergurluşy we akymyň dürli suw derejelerdäki erkin ýüzüniň görnüşi görkezilýär (15.7-nji surat).



15.7-nji surat. Derýa böleginiň uzaboýuna kesigi.

16-nji bap

Derýa hanasyndaky suwuň tizligi

16.1. Suwuň tizligini ölçemegiň maksady

Nokatdaky tizlik

Akymyň tizligi diýip, suw akymynyň bölejikleriniň wagt birliginde geçen ýoluna aýdylýar. Adatça, suwuň tizligi metr sekuntda (m/sek) ölçenýär.

Suwuň tizligini kesgitlemek suwuň mukdary ölçenilende, şeýle hem gämi gatnawynda, agaç akdyrmakda, köprüler we gidrotehniki desgalar gurlanda, ylmy hem-de tejribe meselelerini çözmek üçin derýalaryň, howdanlaryň, kölleriň tizligi öwrenilende gerek bolýar.

Derýalarda, nowhanalarda, howdanlarda tizlik ölçenilende, suwuň hereketinde tertipsiz akymyň barlygyny göz öňünde tutmaly. Tertipsiz akym suwuň garyşyp akmagy bilen ýüze çykýar. Bu bolsa tizligiň ululygy we ugry boýunça üýtgäp durmagyna getirýär. Suwuň tertipsiz akyş hereketiniň esasy ' sebäbi, derýa hanasynyň büdür-südürligidir, ýagny ol ýerde aýlawly akym döreýär.

Häzirki zaman enjamlary akymyň tizliginiň wagt içindäki üýtgäp durmagyny ölçemäge we ony ossillografyň lentasyna

ýazmaga mümkinçilik berýärler. Şeýle ölçegler üýtgäp durmanyň tiz-tizden bolýandygyny görkezýärler.

Akymyň berlen nokadyndaky edil şu wagtky tizligine U_t pursatdaky ýerli tizlik diýilýär. Ýerli tizligiň ululyk we ugur boýunça üýtgäp durmagyna tizlik üýtgäp durmasy diýilýär.

Tizlik üýtgäp durmasynyň gerimi, pursatdaky ýerli tizligiň U_t wagt içinde ortalaşdyrylan ýerli tizlikden **U** ortaça gyşarmasy σ_u bilen häsiýetlendirilýär.

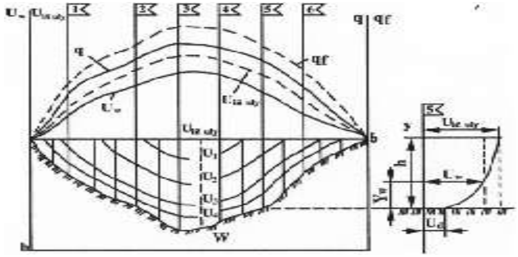
U_t-U tapawudyna **üýtgäp durýan tizlik diýilýär.** Üýtgäp durmanyň ortaça ***N*** gaýtalanmagy $\omega_i = \frac{N}{t_o}$, bu ýerde N-(U_t=U_t(t)) egri çyzykda ortalaşdyrylan döwrüň t_{or} içindäki in pes ýa-da iň ýokary derejeleriň sany.

Gaýtalanmagyň tersine bolýan ululyga, ýagny $\frac{t_o}{N} = \frac{1}{\omega_i}$ **üýtgäp durmanyň döwri diýilýär.** $\frac{\sigma_u}{u}$ **gatnaşyga tertipsiz akymyň depgini diýilýär.**

Indiden beýläk tizligi **U** akymyň nokadyndaky **ýerli tizlik** diýip atlandyrarys.

Ýerli tizlikleriň U akymyň janly kesigine görä dik ýerleşen dik tekizlikde paýlanylyşyna tizlikleriň kesigi diýilýär. U=U (y) ýa-da diklikdäki tizlikleriň çyzgysy diýilýär, bu ýerde y akymyň düýbünden aralyk (14.1-nji surat).

Açyk akymda we buzuň aşagyndaky akymda tizlik kesikleriň görnüşleri birmeňzeş bolmaýar (16.2-nji surat). Buzuň aşagyndaky tizligiň **U** täsiri derýanyň düýbüniňkä meňzeş bolýar.



16.1-nji surat. Basyşsyz akymyň janly kesiginde tizlikleriň paýlanylyşy

Iň ýokary derejcdäki tizligiň $U_{ýok}$ ýcrleşişi derýa düýbüniň we buzuň aşagynyň büdür-südürliginiň gat-naşygyna bagly bolýar. 14.1-nji suratda açyk akymyň tizlik kesigi görkezilen, bu ýerde $U_{ýok}$ suwuň ýüzünde ýerleşýär, ýagny u=h bolanda, ýöne U şu ýagdaýda $U_{ýok}$ garşydan öwüsýän ýeliň, akymyň kese hereketiniň we ş.m. täsiri sebäpli, suwuň ýüzünden aşakda ýerleşmegi hem mümkin. Kadaly ýa-da şoňa ýakyn hereketde gidrologiýanyň we gidrometriýanyň dürli meselelerini çözmek üçin aşakdaky aňlatmalar ulanylýar:

$$U = U_{ýok} + \frac{U_* \ln\eta}{R} \qquad (16.1)$$

$$\frac{\vartheta}{\vartheta_{ýok}} = \eta^{1/m}, \qquad (16.2)$$

Bu ýerde

$U_* = \sqrt{ghi}$ -diklikdäki dinamiki tizlik;

i suw ýüzüniň eňňitligi;

$\eta = \frac{y}{n}$ -akymyň düýbünden hasaplanýan ölçegsiz çuňluk;

K we **m** üýtgeýän ululyklar.

Dikligiň ortaça tizligi deňdir:

$$U_d = \frac{q}{h} = \frac{1}{h}\int_0^h U dy = \int_0^1 U d\eta \quad (16.3)$$

(1

bu ýerde **q** tizlikleriň kesiginiň meýdanyna deň bolan diklikdäki suwuň mukdary (16.1-nji surat).

(16.1.) we (16.2.) aňlatmalary hasaba alyp (16.3.) aňlatmany işlänimizden soň, aşakdakylary alýarys:

$$U_d = U_{ýok} - \frac{U_*}{K}; \qquad (16.4)$$

$$U_d = \frac{mU_{ýok}}{(1+m)}, \qquad (16.5)$$

Bu ýerden

$$\frac{1}{m} = \frac{U_{ýok}}{U_d} - 1 \qquad (16.6)$$

(13.4) aňlatmadan $\frac{1}{K} - iň$ dinamiki tizlik U_* boýunça adaty tzilik ýetmezçiligini $U_{ýok} - U_d$ berýänligi görünýär.

Diklikdäki ortaça tizlik U_d üçin aňlatmany şeýle ýazýarys:

$$U_d = S_d^* \sqrt{ghi} = S_d^* U_{*,0} \qquad (16.7)$$

bu ýerde $S_g^* = \frac{S_d}{\sqrt{g}}$ -Şeziniň diklikdäki ölçegsiz köpeldijisi; S_d-Şeziniň diklikdäki ölçegli köpeldijisi; g-ýokardan erkin gaçýan jisimiň tizlenmesi.

(13.7.) aňlatmany hasaba alyp (13.6.) aňlatmany ýazýarys:

$$\frac{1}{m} = \frac{(U_{ýok} - U_d)}{S_d \, {}^* U_*}, \qquad (16.8)$$

bu ýerden aşakdaky deňleme gelip çykýar:

$$m=KS^*d \qquad (16.9)$$

Tejribe maglumatlar boýunça K Şeziniňköpeldijisiniň köpelmegi bilen 1,2-den 0,2 çenli azalýar. G.W. Železnýakow umumy görnüşde şu aşakdaky aňlatmany hödürleýär:

$$K=\frac{(K_{ýok}-K_{pes})}{(1+S_d^*)+K_{pes}}$$

Tejribe maglumatlar boýunça $K_{ýok}$=2,3; K =0,3. Şu bahalary aňlatma goýup alýarys:

$$K=\frac{2}{(1+S_d^*)+0,3} \qquad (16.10)$$

(16.10) aňlatma ulanylanda bütin akym üçin S_d^* deregine Şeziniň ölçegsiz köpeldijisini $S^*=\frac{S}{\sqrt{g}}$ goýmaly.

Akym düýbüniň tizligi U_D üçin aňlatma hem edil (16.4.) aňlatma meňzeş, ýöne dinamiki tizligiň öňünde başga köpeldiji bolýar:

$$U_D=\frac{U_{ýok}-4U_*}{K} \qquad (16.11)$$

Görnüşi ýaly:

$U_D<U_d<U_{ýok}$ boljagy görnüp dur.

U_d, $U_{ýok}$ çyzgylary guruldy diýip hasap edeliň, $q=U_dh$, $q_f=U_{ýok}h$; onda şeýle ýazmak bolar:

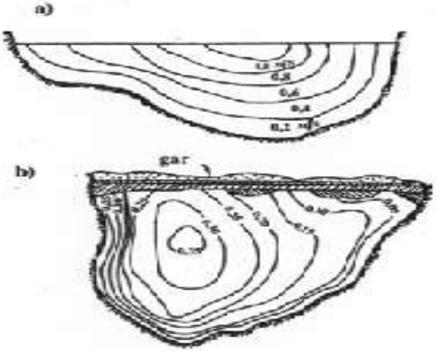
$$\vartheta = \frac{1}{\omega}\int_{0}^{B} q db$$

$$\vartheta_{\acute{y}\ddot{u}z} = \frac{1}{\omega}\int_{0}^{n} q_f db,$$

bu ýerde $\vartheta_D < \vartheta < \vartheta_{\acute{y}\ddot{u}z} < \vartheta_{\acute{y}ok}$ boljagy görnüp dur. Bu derýa akymynyň janly kesiginde, köplenç, gabat gelýän tizliklerdir.

16.2. Izotahlar we tahigrafik egri çyzyklar

Akym boýunça tizlikleriň paýlanyşy barada aýdyň düşünjäni birmeňzeş ýerli tizlikleriň çyzyklary - izotahlar bcrýärler (16.3-nji surat). Izotahlaryň daş görnüşi derýa hanasynyň görnüşiniň we onuň büdür-südürliginiň üýtgemegi bilen berk baglanyşyklydyr. Derýanyň düýbüne ýakynlaşmak bilen goňşy izotahlaryň arasy azalýar, sebäbi ýerli tizlikleriň gradiýenti $\frac{d_u}{d_y}$ derýanyň düýbüne ýakynlaşmak bilen ösýär. Eger-de derýa düýbüniň tizligi U_D=0(y=0) bolsa, onda öllenen perimetri **“başlangyç izotah”** diýip, hasap etmek bolýar.



16.3-nji surat. Açyk hananyň (a) we buzuň aşagynyň (b) izotahlary.

Aşakdaky deňsizligiň ýerine ýetirilişi görnüp durýar: $\vartheta_{ýok} > U_1 > U_2 > U_3$ we ş.m., bu ýerde $\vartheta_{ýok}$- akymyň janly kesigindäki iň uly tizlik.

Kese-kesikdäki tizlikleriň meýdany tahigrafik egri çyzyk $U \approx U(\omega_u)$ bilen häsiýetlendirilýär, bu ýerde ω_u - izotah bilen çäklendirilen meýdan. 16.4-nji suratda $U_D = 0$ bolandaky tahigrafik egri çyzyk görkezilen. $U = \vartheta_{ýok}$ bolanda $\omega = 0$. $U = U_D$ bolanda

meýdan $\omega_u = \omega$ bolýar, bu ýerde ω-janly kesigiň meýdany. Tahigrafik egri çyzyk we koordinat oklary bilen çäklendirilen meýdan suwuň mukdaryna deň bolýar ($dQ = Ud\omega_u$).

Akymyň ortaça tizliginiň otnositel ýetmezçiligi diýen düşünje gidrawlikadan belli:

$$D = \frac{(\vartheta_{ýok} - \vartheta)}{\vartheta_*}$$

bu ýerde $\vartheta_* = \sqrt{gRi} \approx \sqrt{gh_{or}i}$ -akymyň dinamiki tziligi.

Aňltmanyň iki bölegini hem ω köpeldýäris we ony şeýle görnüşde ýazýarys:

$$\vartheta_{ýok}\omega - \vartheta\omega = D\vartheta_*\omega$$

$$\vartheta_{ýok}\omega - Q = DQ_*,$$

bu ýerde $Q_* = \vartheta_*\omega$-dinamiki suw mukdary.

14.4-nji suratdaky inçe çyzykly meýdan akymyň ortaça tizliginiň otnositel ýetmezçiliginiň dinamiki suw mukdaryna köpeldilmegini görkezýär. Derýa akymynyň tizlik meýdanlaryny öwrenmek üçin W.G. Gluşkow ilkinji bolup, tahigrafik egri çyzyklary hödürledi. Tahigrafik egri çyzyklary ölçegsiz görnüşde getirýäris, kese ok boýunça $\frac{\omega_u}{\omega}$ goýýarys, dik

ok boýunça bolsa $(\frac{U}{\vartheta})^3$ (11.4-nji surat). Şu egri çyzyň we koordinat oklar bilen çäklendirilen meýdan Kariolisiň köpeldijisine deň bolýar:

$$\alpha = \frac{1}{\vartheta^3 \omega}\int_0^{\omega} U^3 d\omega_u = \int_0^1 (\frac{U}{\vartheta})^3 \frac{d\omega_u}{\omega}$$

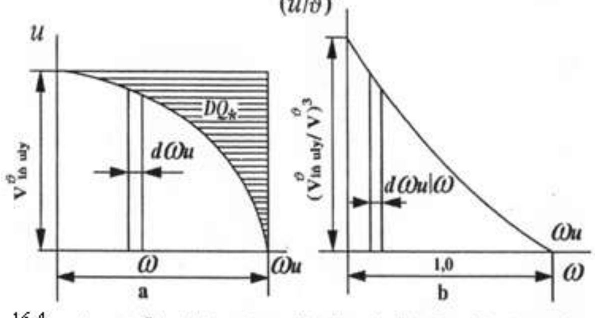
α-nyň şeýle kesgitleniş usuly, usullaryň iň takygydyr. G. W. Železnýakow köpeldiji α baradaky maglumatlary umumylaşdyryp, derýalar we nowhanalar üçin aşakdaky aňlatmany hödürleýär:

$$\alpha = 1 + 0{,}88(0{,}34 + \frac{1 + \sqrt{\frac{i}{Fr}}}{2{,}3 + 0{,}3\sqrt{\frac{Fr}{i}}})^2, \qquad (16.12)$$

bu ýerde

$$Fr = \frac{\vartheta^2}{gh_{or}}$$ - Fruduň sany

(14.12) aňlatmadan gömüşi ýaly, α-nyň birmeňzeş bahalary diňe dinamiki meňzeş akymlar üçin bolmagy mümkin, ýagny Fruduň sany we eňňitlik **i** deň bolanda. Derýa akymlary üçin α 1,5-e ýetýär we ondan hem köp, ortaça 1,25-e deň.



16.4 **-nji surat.** Ölçegli (a) we özgerdilen ölçegsiz (b) tahigrafik egri çyzyklar.

17-nji bap

Suwuň tizligini ölçemek üçin ulanylýan usullar we abzallar

17.1. Suwuň tizligini ölçeniş usullarynyň görnüşleri

Suwuň tizligini ölçemek üçin ulanylýan bimäçe usullar we abzallar bar. Olaryň işleýşi dürli fiziki esaslara esaslanýar. Bu ýcrde biz diňc gidrometriýa işlerinde ulanylýanlaryň üstünde dump gcçeris.

Pyrlawaçlaryň aýlaw sanyny bellemekligc esaslanýan usul. Tizlik has giňden ulanylýan abzallar, ýagny gidrometrik pyrlawaçlaryň kömegi bilen ölçenilýär. Tizlik ölçenende pyrlawajyň umumy aýlaw sany we ölçegiň dowamlylygy bellenilýär. Tizlik sekuntdaky aýlaw sana baglylykda pyrlawajyň takyklygy barlananbaglanyşyk çyzgysy boýunça kesgitlenýär. Gidrometriýa pyrlawajyň kömegi bilen akymyň belli bir nokadyndaky ýerli tizligi wc tizlik dikliklериň ýa-dabütin akymyň ortaça tizligini ölçemek bolýar.

Galtgalaryň tizligini bellemeklige esaslanýan usul. Suwuň tizligini ölçemek üçin dürli görnüşli galtgalar ulanylýar. Olary suwuň ýüzi ýa-da gerek bolan çuňluk boýunça goýbermek bolýar. Suwuň tizligi galtganyň herekctiniň tizligine deň diýip kabul edýärler. Tizlik galtganyň belli bir aralygy geçen wagty boýunça kesgitlenýär. Bu ýerden görnüşi ýaly, galtgalar bilen tizlik ölçenilende galtganyň hereket eden ugry boýunça ortaça tizlik kesgitlenýär.

Tizligiň basyşyny bellemeklige esaslanýan usul. Tizligi ölçemek üçin dürli gurluşly gidrometriýa turbajyklar ulanylýar. Olaryň bir görnüşine Pitonyň turbajygy (1732 ý.) degişli. Tizlik basyşyň ululygyna baglylykda ölçenilýär. Onuňüçin deşikli tarapy akymyň garşysyna gönükdirilen turbajyk akyma goýberilýär. Tizligiň basyşy turbajykdaky suw derejesiniň

beýikligi boýunça kesgitlenýär. Gidrometriýa turbajyklar akymyň belli bir nokadyndaky ýerli tizligi berýärler.

Akymyň täsir ediş güýjüni bellemeklige esaslanýan usul. Tizligi ölçemek üçin akymyň täsir cdiş güýjüni kabul edýän duýgur bölekli abzallar ulanylýar. Häzirki döwürde oňa meňzeş abzallar, esasan, diňe ylmy-barlag işlerinde ulanylýarlar. Olar tizligiň üýtgäp durmagyny öwrenmäge mümkinçilik berýärler.

Ýylylyk aýlanyş esasyna esaslanýan usul. Tizligi ölçemek üçin işçi guraly gyzdyrylan bölekden ybarat bolan abzallar ulanylýar. Olar suwa goýberilýär. Akymyň tizligi duýgur bölegiň sowamak tizligine baglylykda kesgitlenýär: tizlik näçe köp bolsa, şonça-da sowamak depgini ýokary bolýar. Şcýle abzallar ylmy-barlag işlerinde, esasan hem, laboratoriýa şertlerinde ulanylýarlar. Olaryň kömegi bilen pursatdaky tizlikleri ölçeýärler. Tizlik, köplenç, ossilografyň ýüzüne yzygiderli ýazylýar.

Gözegçilik edilýän wagtyň içinde abzala giren suwuň göwrümini ölçemäge esaslanýan usul. Akyma batometr goýberilýär. Onuň suw girýän dcşigi akymyň garşysyna ugrukdyrylýar we belli bir wagt saklanylýar, soňra hem çykarylýar. Abzaldaky suwuň göwrümi ölçenilýär. Tizlik wagt birligindc abzala giren suwuň göwrümine baglylykda takyklanan baglanyşyk çyzgysy boýunça kesgitlenýär. Ýöne bu usul kän bir ulanylmaýar.

Ultrasesi ulanmaga esaslanýan usul. Hereket edýän suwda ultrascs yrgyldylary ýaýranda, üýtgemeýän koordinat ulgamyna degişlilikde ultrasesiň tizligi sesiň tizliginiň wektor (belli bir uzynlygyň we ugruň kesigi) jeminc we suwuň öz tizligine deň bolýar. Häzirki döwürde ses usuly ýapyk geçiriji turbalardaky dürli suwuklyklaryň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýar. Şol sanda hapalanan, iýiji, şeýle hem lüýk suwuklyklarda ulanylýar. Bu usul häzirlikçe gidrometriýada giňden ulanylmaýar.

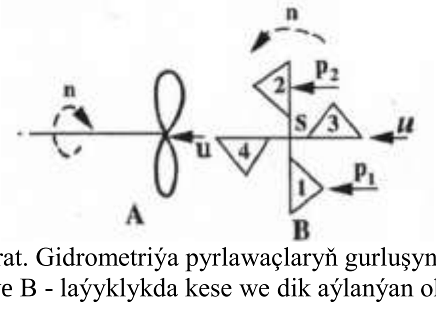
Häzirki döwürde derýalarda, nowhanalarda, howdanlarda gidrometriýa işleri geçirilende suwuň tizligi, esasan, gidrometriýa pyrlawajyň kömegi bilen ölçenilýär. Käwagtlar galtga usuly hem ulanylýar. Galtgalar, esasan, hem uçarlar bilen suwuň tizligi ölçenende, giňden ulanylýarlar. Ýokarda görkczilen usullaryň galany ylmy-barlag işlcrinde we laboratoriýa şertlerindc ulanylýar. Şonuň üçin hem aşakda, esasan, gidrometriýa pyrlawajy bilen suwuň tizligini ölçemcklige has köp üns berilýär.

17.2. Gidrometriýa pyrlawaçlary

Gidrometriýa pyrlawaçlary bilen suwuň tizligini ölçemek suw çeşmeleriniň düzgüni barada maglumat toplamaga mümkinçilik berýär. Pyrlawajyň periniň aýlaw sanyna baglylykda tizligi ölçemek pikiri ilkinji gezek Leonarda da Winçiniň işlerinde (XV asyr) duş gelýär. Ýöne ol bu ýörelgäni ýeliň tizligini ölçeýän abzal üçin ulanypdyr.

Durmuşda gidrometriýa pyrlawajy giňden ulanylýar. Şeýle hem häzire çenli suwuň tizligini ölçemek üçin iň ýönekeý we ygtybarly abzal hasap edilýär.

Pyrlawajyň esasy gurallarynyň bölekleri - aýlanýan okly işçi çarh, gabara, hasaplaýjy-birleşdiriji enjam we ugry sazlaýjy (guýruk). Gidrometriýa pyrlawaçlaryň tizlik kabul ediji bölegi bolup işçi çarh hyzmat edýär. Suwuklygyň tizligi **U** näçe bolsa, şonça-da işçi çarh tiz aýlanýar.



17.1 -nji surat. Gidrometriýa pyrlawaçlaryň gurluşynyň görnüşi.
A we B - laýyklykda kese we dik aýlanýan okly.

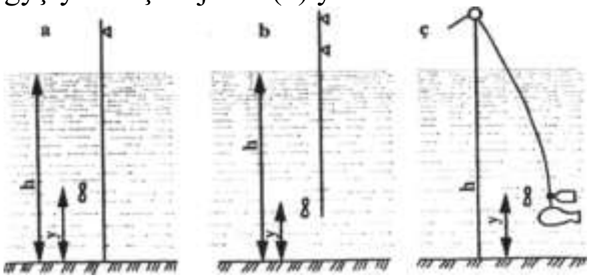
Diýmek, n=n(u), bu ýerde **n** - pyrlawajyň wagt birligindäki aýlaw sany. Aýlaw sany **n** tizligiň **u** baglanyşygy bolsa-da, **n** we **u** arasyndaky özara baglanyşyk şeýle ýazylýar u=u(n), bu tejribe nukdaýnazardan amatly bolýar.

Aýlaw sanyň **n** tizlige **u** baglylygyny bilip we hasaplaýjy-birleşdiriji enjamyň kömegi bilen **t** wagt içindäki aýlaw sany **N** kesgitläp, $n = \frac{N}{t}$ -den tizlige **U** geçmek bolýar.

Pyrlawajyň okunyň akymda ýerleşişine baglylykda pyrlawaçlaryň oklary kese we dik aýlanyşly görnüşleri bilen tapawutlanýarlar (15.1 -nji surat). Kese okda ýerleşen pyrlawaçlar iki ýa-da birnäçe perli bolýarlar. Dik okly pyrlawaçlar özboluşly jarajagazlar ýa-da başga görnüşli bolýar.

Pyrlawaçlar oturdylyş usuly boýunça ştangaly (17.2-nji a we b suratlar), trosly (17.2-nji ç surat) we uniwersal görnüşleri bar.

14.3-nji suratda N.Ý. Žestowskiniň GR-21 gidrometriýa pyrlawajynyň çyzgysy görkezilýär. Gabarada (1) silindr boşlugynda pyrlawajyň hereket edýän bölegi ýerleşdirilen. Ol gabaranyň gapdal tarapynda ýerleşen saklaýjy bölek galtaşýan enjamly okdan (2), iki sany radial-durnukly podşipniklerden (3), içki berkidiji dykydan (4), daşky berkidiji dykydan (5), peşeňiň okundaky podşipnigi dişli dyky (7) bilen birleşdirýän okuň nurbatyndan (6), perli nurbatdan (8) (№1 ýa-da №2) we gysgyçly birleşdirijiden (9) ybarat.



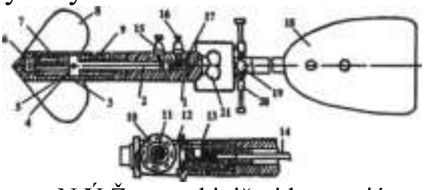
17.2-nji surat. Gidrometriýa pyrlawaçlaryny gurnamagyň usullary.
a - derýanyň düýbüne direlen ştangada, b - asylgy ştangada, ç - trosda asylan.

Galtaşýan enjam (20) dişli çarhdan 10, galtaşýan ştiftden (11), galtaşýan maýşakdan (12), galtaşýan nurbatdan (13) we galtaşýan maýşagy elektrik akymyna dürtülýäniň (17) öýjügi bilen birleşdirýän massadan, daşy örtüklenen elektrik akymyny geçiriji okdan (14) ybarat.

Pyrlawajyň guýrugy (18) nurbatyň (19) kömegi bilen berkedilýär. Pyrlawajyň dereje ölçcýjidäki ýagdaýyny saklamak üçin dereje ölçeýjiniň dykysynda görkczgiçli (21) görnüşli deşik bolýar. Pyrlawaç şeýle hem dürli enjamlarda okuň oý ýerinde aýlanýan ujy nurbat (20) bilen gysylýar. Pyrlawaç iki sany perli nurbat bilen üpjün edilýär.

Başlangyç tizlik U_o=0,04 m/s deft. Diametri 120 mm we gidrometriýa ädimi 215 mm bolan perli nurbat №1 0,1-2,0 m/s tizlikleri ölçemek üçin ulanylýar. Ölçegiň takyklygy ±2%. U>0,1 bolanda ölçcg takyklygy pesclýär weU=2U_0bolanda±l0%bolmagymümkin. Diametri 120 mm we gidrometriýa ädimi 500 mm bolan perli nurbat №2 2-5 m/s tizlikleri ölçemek üçin ulanylýar, ölçegiň takyklygy ±2% bolýar.

Is gutarandan son, pyrlawajy guratmaly, nebit bilen ýuwmaly we ýagly esgi bilen süpürmeli. Pyrlawajyň aýlanýan bölegini ýaglap goýmaly.



17.3-nji surat. N.Ý.Žestowskiniň gidrometriýa pyrlawajy.
1- gabara, 2- ok, 3- podşipnikler; 4- içki söýeg dykysy, 5- daşky söýeg dykysy, 6- ok nurbaty, 7- çarhly dyky, 8- perli nurbat, 9- gysyjy birleşdiriji, 10- çarhly dişli tigirçek, 11-galtaşýan ştifti, 12-birleşdiriji maýşak, 13-birteşdiriji nurbat, 14-elektrik akymyny geçiriji ok, 15-massanyň simli birleşdirijisi, 16- daşy örtüklenen simli birleşdiriji, 17-elektrik akymyna dürtülýäniň deşigi, 18- pyrlawajyň guýrugy (ugrukdryjysy), 19-nurbat, 20-gysgyç nurbaty, 21-görkeziji.

Pyrlawajy akymyň islendik nokadynda saklamak üçin nyşana alyjy, tros, asgyç, ýük, dürli enjamlarda okuň oý ýerinde aýlanýan abzal we ýük galdyryjy gerek bolýar. Pyrlawajyň aýlaw sanyny hasaplaraak üçin sekundomer, elektrik çeşmesi, jaň we elektik aýlaw hasaplaýjysy gerek. Ossillografy ulanyp, aýlaw sany we tizligi bellemegi doly enjamlaşdyrmak bolýar.

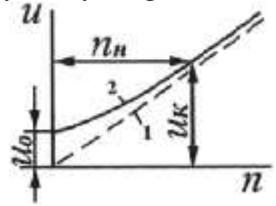
Her bir pyrlawaç takyklanandygy barada subutnama bilen üpjün edilýär (Takyklanan baglanyşyk çyzgy).

Gidrometriýa pyrlawajyň nazaryýetiniň esaslary. Esasy ululyklary we häsiýetlendirijileri. Gidrometriýa pyrlawajyň gurluşynyň ýönekeýligine garamazdan, onuň işleýiş nazaryýeti örän çylşyrymly we şu güne çenli gutarnykly işläp taýýarlanan hasap edilmeýär. Pyrlawajyň işi akym we abzalyň özara baglanyşygy bilen kesgitlenýär. Pyrlawaç bilen tizlik ölçenende, perli nurbatyň sekuntdaky aýlaw sany we akym tizliginiň baglanyşygy ulanylýar (17.4-njisurat).

Gowy ýagdaýda, ýagny pyrlawajyň enjamynda sürtülme we suwuklykda şepbeşiklik bolmasa, onda ýokarda görkezilen baglanyşyk aşakdaky deňleme görnüşinde ýazylýar (14.1-nji deňleme).

$$U=Kn, \qquad (17.1)$$

bu ýerde **U** - suwuň tizligi; **n** - perli nurbatyň aýlawynyň sekuntdaky sany; **R_g**-perli nurbatyň geometriýa ädimi, ol pyrlawajyň bir aýlawyndaky wagtda suwuklygyň geçen ýoly.



17.4-nji surat. Gidrometriýa pyrlawajyň işçi tigriniň aýlanyş çaltlygy bilen suw akymynyň arasyndaky baglanyşyk. 1-garýylygy hasaba alman, 2-garýylygy hasaba alyp.

K$_g$-niň manysyny başgaça duşündirmek hem bolýar. Goý, hereketsiz suwuklykda pyrlawaç kadaly we göni hereket edýän bolsun. Onda **K**$_g$-pyrlawajyň bir aýlawyndaky wagtda pyrlawajyň geçen ýoly.

Tejribe taýdan nurbatyň sekuntdaky aýlaw sanynyň tizlige baglylygy gidrawliki we mehaniki garşylyklar bolany sebäpli has çylşyrymly bolýar.

Gidrawliki garşylyk suwuň perli nurbatyň ýüzüne sürtülmegi, periň ýiti gyralarynda suw aýlawlarynyň emele gelmegi, şeýle hem akymyň tizlik meýdanynyň bozulmagy sebäpli döreýär.

Mehaniki garşylyk pyrlawajyň enjamynda emele gelýän sürtülme sebäpli döreýär.

Eger-de pyrlawaç aýlananda döreýän garşylyklaryň täsirini hasaba alsaň, onda U=U(n) baglanyşygyň çyzgysy 2-nji egri çyzyk bilen aňladylýar (17.4-nji surat). Kiçi tizliklerde U 2-nji çyzgy 1-nji baglanyşyk çyzgydan has tapawutly bolýar. Giperbola görnüşdäki ýarym tejribe deňleme:

$$U = an + \sqrt{bn^2 + s} \qquad (17.2)$$

şu baglanyşygy doly kanagatlanarly aňladýar, bu ýerde **a, b, s** ululyklar. n=0 bolanda $U=\sqrt{s}=U_0$, bu ýerde U_0-2-nji egri çyzygyň başlangyç nokadyny kesgitleýji U okunyň kesimi. Tizlik U uly bolanda, ýagny U_0 bahasy U-den has kiçi bolsa, onda 12.2-nji aňlatmany aşakdaky ýaly ýazmak bolýar:

$$U=(a+\sqrt{b})n=Kn \qquad (17.3)$$

Bu deňlemedäki **K**-nyň bahasy işçi tigriň dine bir geometriýasyny hasaba alman, eýsem, onuň hereketine täsir edýän garşylygyny hem hasaba alýar. **Pyrlawajyň hereketine täsir edýän garşylygy hasaba alyp tapylan pyrlawajyň ädimine gidrawliki ädim diýilýär.**

U=U(n) baglanyşyk çyzgydaky özboluşly tizliklere seredip göreliň (17.4-nji surat).

Başlangyç tizlik - bu pyrlawaja täsir edýän akymyň in pes tizligi U_o, şu tizlikde pyrlawaç kadasyz aýlanyp başlaýar; tizligiň köpelmegi bilen pyrlawaç kadaly aýlanyşa geçýär.

Howply tizlik - bu suwuklygyň hereketiniň şeýle bir tizligi U_x, haçanda tizlik şoňa ýetende we ondan hem ýokary bolanda pyrlawajyň aýlanmagyna mehaniki garşylygyň täsiri üýtgemeýär, ýagny $U \geq U_x$ bolanda $\frac{du}{dn} = const.$

Diýmek, $\frac{u}{n}$ pyrlawajyň gidrawlik ädimine deň bolýar. Eger-de $U < U_x$ bolsa gatnaşyk $\frac{u}{n}$-üýtgeýän ululyk bolýar, onda oňa üýtgäp durýan gidrawliki ädim görnüşinde garamak bolar. Indiden beýläk **“gidrawliki ädim”** diýen düşünjäni diňe k=const üçin ($U > U_x$ bolanda) ulanarys, sebäbi ol gidrometriýa ädime ýakyn bolýar.

Koordinatalary U_x we n_x bolan nokat hem-de U=U(n) egri çyzygyň birmeňzeş bölekleri M=M (U) baglanyşyk çyzgy gurlanda has aýdyň bolup görünýär, bu ýerde $M = \frac{n}{u}$ - pyrlawajyň üstünden geçýän akymyň uzynlyk birliginde (1m) pyrlawajyň aýlawlarynyň sany.

U=U(n) baglanyşyk çyzgysy we gidrometriýa pyrlawajyň hemme häsiýetlendirijileri olary graduslara bölmek esasynda anyklanýarlar.

Pyrlawaç bilen işlemek üçin gerek bolýan gurallar. Pyrlawajy gerek bolan çuňlukda saklamaküçin ştangalar we troslar ulanylýar. 12.1-nji tablisada görkezilen we beýleki pyrlawaçlar üçin zawodlar diametri 27 mm, uzynlygy 3 m bolan ştangalary çykarýarlar, ştangalar nurbat bilen birleşdirilýän iki bölekden ybarat. Ştangalarda her 10 sm-den bellik edilen.

17.1-nji tablisa

Gidrometriýa pyrlawaçlaryň esasy ululyklary we häsiýetlendirijileri

Pyrlawajyň görnüşi	Perli nurbatyň diametri, mm	Geometriýa ädim, mm	Başlangyç tizlik, m/s	Ýokarky howply tizlik, m/s
Ž-3	№1 120 №2 120	250 500	0,04 0,06	5,0 5,0
WŽM-3	№1 120 №2 120	200 500	0,04 0,06	5,0 5,0
GR-21	№1 120 №2 120	200 500	0,04 0,06	8,0 5,0
GR-21m	№1 120 №2 120	200 500	0,04 0,06	8,0 5,0
GR-55	№1 70 №2 70	110 200	0,05 0,06	5,0 5,0
GR-11	№1 60 №2 60	110 200	0,06 0,10	5,0 5,0
GR-llm	№1 70 №2 70	110 200	0,05 0,08	8,0 8,0

Ştanganyň aşaky ujunda, ýumşak toprakda ştanga ýere çümmez ýaly paşmak geýdirilýär. Ştangany pyrlawaç bilen tizlik ölçemek üçin diňe çuňluk 3 m-den az bolan ýagdaýynda ulanmak bolýar. Ştangany ulanmagy suwuň tizligi hem çäklendirýär: tizlik 1,5 m/sek-dan we çuňluk 2 m-den köp bolsa, onda ştanga bcrkidilen pyrlawaç bilen işlemek kynlaşýar. Ştanga pyrlawajy berkidip işlemegiň iki usuly bar:

1. Tizlik ölçenende, ştanganyň aşaky ujy derýanyň düýbüne direlýär, ştanganyň ýokarky ujy bolsa elde saklanýar. Pyrlawajy dikligiň gerek nokadyna goýbermek üçin ştangany suwdan çykarmaly;

2. Ştanga ýörite ýasalan ştanga saklaýja berkidilýär, pyrlawaç bolsa ştanganyň aşaky ujuna berkidilýär. Pyrlawajy

dikligiň gerek nokadyna goýbermek üçin ştanga, ştanga saklaýjy boýunça hereket edýär.

Häzirki döwürde biziň döwletimizde, esasan, birinji usul ulanylýar.

Çuňluk 3 m-den çuň bolsa, şeýle hem suwdan has ýokarda ýerleşen gidrometriýa köprülcriň üstünde işlenende, pyrlawajy trosda ýük galdyryjynyň kömegi bilen suwa goýberýärler. Pyrlawajy akymyň alyp gitmekliginiň öňüni almak ýa-da ony azaltmak üçin gidrometriýa ýükler ulanylýar. Ýüküň agramy we trosuň diametri akymyň tizligine baglylykda saýlanyp alynýar. Pyrlawaç ýükden azyndan 20 sm ýokarda ýerleşdirilýär, eger-de şeýle edilmese, onda ýüküň pyrlawajyň işleýşinc ýaramaz täsir etmegi mümkin.

Yşaratlaryň (signal) arasyndaky wagty kesgitlemek üçin sekundomer ulanylýar.

Ylmy-barlag işler gcçirilende pyrlawajyň yşaratlary wagt ýazýan abzallaryň kömegi bilen ýazylýar. Şeýle hem olar pyrlawaç takyklananda ulanylýar. Wagty ýazýan abzallyň lentasyna pyrlawajyň yşaratlary we wagt belligi ýazylýar. Ýokarda görkezilşi ýaly pyrlawajyň ölçeglerini ossillografyň lentasyna-da ýazmak bolýar.

Gidrometriýa pyrlawaçlaryny takyklamak. Takyklamak diýmek, bu akymyň tizligi bilen pyrlawajyň periniň sekuntdaky aýlawynyň özara baglanyşygyny kesgitlemek diýmekdir. Täze pyrlawaçlaryň hemmesi takyklanýar. Netijede, pyrlawajyň wajyp resminamasy bolan takyklanan kepilnama düzülýär (jedwel ýa-da baglanyşyk çyzgy görnüşinde). Pyrlawaçlary ulanylýan döwrüň içinde olaryň gurluşlary könelişýär. Şoňa baglylykda mehaniki garşylyk üýtgeýär we ilkibaşdaky takyklanma bozulýar. Mundan başga-da pyrlawajyň işlän döwründe gurluşlarynyň ilkinji nobatda periniň zaýalanmagy mümkin. Şeýle bolanda, takyklama baradaky maglumatlar hem nädogry bolýar. Görkezilen ýagdaýlarda pyrlawajy täzeden takyklamaly.

Gidrometriýa gullugynyň tejribesinde geçirilen ölçegleriň sanyna garamazdan, ulanylyp ýörülen pyrlawaçlar aşakdaky möhletlerde täzeden takyklanýarlar: ýagly içi boşlukly pyrlawaçlar Ž-3, GR-21, GR-21m, GR-55,GR-11M we başgalar iki ýylda bir gezek; ýagly içi boşluksyz pyrlawaçlar (köne pyrlawaçlar) LAGU, IWH we başgalar ýylda bir gezek.

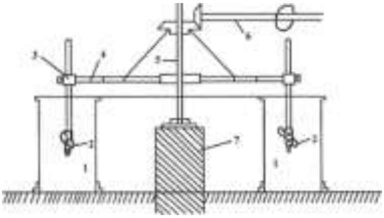
Pyrlawaçlar hereketsiz suwda dürli tizliklerde hereket etdirip takyklanýar. Takyklamanyň şeýle usury giňden ulanylýar. Ýöne bu ýerde bir zady belläp geçmeli, ýagny pyrlawaç ulanylanda, suw akymy tertipsiz hereketde bolýar. Akyp gelýän akymyň pyrlawaja edýän güýç täsiri hereketsiz suwuňkydan düýpgöterüýtgeşik: birinji ýagdaýda akymyň pyrlawajyň perine edýän basyşy ikinjiniňkiden köp. Ýöne bu tapawut şeýle bir uly däl, şonuň üçin pyrlawaçlary tertipsiz akymdahem takyklamak bolýar diýip hasap edilýär.

Pyrlawaçlar ýörite gurlan nowhanalarda we howuzlarda takyklanýarlar. Olar gurluşlary boýunça: göni, tegelek (17.5-nji surat) we başga görnüşde bolýarlar. Olaryň içinde in gowusy göni nowhanalardyr.

Takyklamagyň ýeterlik takyklygyny gazanmak üçin nowhanalar belli bir şertlere gabat gelmeli.

Nowhananyň uzynlygyny pyrlawajyň ýöremegini we saklanmagyny hem-de in ýokary tizligini hasaba alyp belleýärler.

Takyklamagyň anyklygyna nowhananyň giňligi çuňluga garanyňda köp täsir edýär. Barlaglaryň görkezmelerine görä, giňligi 3 m-den köp bolan nowhanalaryň giňligi takyklamagyň netijesine uly täsir etmeýär.



17.5-nji surat. Tegelek gömüşli takyklanýan howuz.
1 - tegelek howuz, 2- pyrlawaçlar, 3- ştangany saklaýjy, 4- karusel, 5- dik ok, 6- kese ok, 7- esas.

Takyklamanyň takyklygytia pyrlawajyň suwuň ýüzüne, düýbüne we nowhananyň diwaryna baglylykda ýerleşişi hem täsir edýär. Pyrlawajyň diwara we nowhananyň düýbüne ýakynlygy ýalňyşlyga getirýär: tejribcleriň görkez-meklcrine görä, pyrlawaçlar nowhananyň ortasynda hereket etmeli, suwuň ýüzündcn, düýbünden we diwaryndan 60 sm aralykda bolmaly.

Gönüçyzykly takyklanýan nowhanalar gönüburçly kese kesikli bolýarlar. Düýbi we diwarlary berkidijili daş garyndysy bilen tckizlenýär. Diwarlaryň ugry boýunça çekiji arabajyk hereket eder ýaly demir ýol ýasalýar. Takyklamanyň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin demirden ýasalan ýoly arabajygyň hereketini kadaly bolar ýaly etmeli. Onuň üçin demir ýollary örän gowy edip goýmaly, birleşýän ýerlerini kebşirlemeli we tekizlemeli; demir ýollaryň kese ýatyşyny niweliriň kömegi bilen barlamaly, aralaryny bolsa ýörite ýasalan aralyk ölçeýän ölçeg bilen ölçemeli.

Arabajygyň hereketi elcktrodwigatelleriň kömegi bilen dürli tizliklerde bolar ýaly etmeli. Tizligi ölçemek üçin tahometr (ýörite pyrlawaçlary takyklamak üçin S.K. Pukenis tarapyndan oýlanyp tapylan abzal) ulanylýar.

Takyklanjak pyrlawaja ştanganyň ýa-da trosuň kömegi bilen arabajyk berkidilýär. Demir ýoluň ugry boýunça geçilen aralygy bcllemek üçin ýörite çykgytlar edilýär. Ol arabajyk hereket edende galtaşmalary birleşdirmek üçin hyzrnat edýär,

olaryň aralygy 0,5-2,0 m edip kabul edilýär. Her gezek galtaşmalar birleşcnde, geçilen ýol bellenilýär, diýmek, geçilen aralyklar hem bellenilýär.

Takyklama baradaky maglumatlar göni wagty ýazýan abzalyň lentasyna ýazylýar. Şol bir wagtda pyrlawajyň yşaratlary, wagt we geçilen ýol bellenilýär. Wagt ölçemäni işläp taýýarlamak pyrlawajyň hereketiniň tizligini bilmäge mümkinçilik berýär.

$$U = \frac{l}{t}, \tag{17.4}$$

bu ýerde

l-pyrlawajyň geçen ýoly;

t-ýoly geçmek üçin gerek bolan wagt.

Perli nurbatyň sekuntdaky aýlaw sany:

$$n = \frac{N}{t}, \tag{17.5}$$

bu ýerde

N-pyrlawajyň periniň wagt **t** içindäki umumy aýlaw sany.

Her bir ölçeg üçin arabajygyň dürli tizlikleri bellenilýär. Iň kiçi tizlik pyrlawajyň başlangyç tizligini kesgitlemek üçin bellenilýär. Başlangyç tizlik şular ýaly kesgitlenýär: arabajyga şeýle bir tizlik berilýär, şonda pyrlawajyň peri kadaly aýlanyp başlanýar, soňra tizligi şeýle bir peseldýärler, onda pyrlawajyň periniň aýlawy kadasyz, bökdençli bolýar. Şu tizlik pyrlawajyň başlangyç tizligi diýip kabul edilýär. Köplenç, başlangyç tizligi iki gezek kesgitleýärler: takyklamanyň başynda we aýagynda, hakyky diýip olaryň ortaça bahasy alynýar.

Jemi 12-15 gezek ölçeg geçirilýär, arabajygyň tizligini aşakdaky ýaly kabul etmegi maslabat berýärler: 0,06; 0,08; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,50; 1,00; 1,50; 2,0; 2,50 m/s. Köplenç, 2,50 m/s tizlik bilen çäklenýärler, sebäbi şu tizlik düzlük derýalarynda ölçemek üçin ýeterlik bolýar, üstesine-de baglanyşyk çyzgynyň göni çyzykly bölegini 5 m/s tizlige çenli

uzaltmak bolýar (10.2-nji jedwel). Gerekbolsa has uly tizliklere çenli hem takyklamak mümkin.

Takyklamak üçin nowhanalar Garaşsyz Döwletleriň Arkalaşygyna girýän döwletleriň birnäçesinde bar. Mysal üçin, Tbilisiniň "Gidrometabzal" zawodynyň takyklanýan nowhanasynyň uzynlygy 80 m, giňligi 2 m we çuňlugy 2 m. Nowhananyň işçi böleginiň uzynlygy 40 m töweregi, sebäbi arabajygyň uly tizliklerde gowy bat almagy we saklanmagy üçin 20 m töweregi gerek bolýar.

Russiýanyň Sankt-Peterburg şäherinde ýerleşen döwlet gidrologiýa institutynyň ýapyk jaýda ýerleşen demir-berkidijili beton nowadan ybarat takyklanýan nowhanasynyň uzynlygy 150 m, giňligi 4 m we çuňlugy 3,2 m.

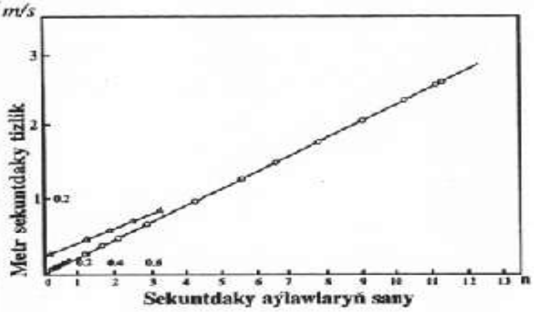
Amerikada pyrlawaçlaryň köpüsi nusgalaryň saklanýan edarasynda takyklanýarlar, takyklanýan nowhananyň uzynlygy 121,9 m, giňligi 1,83 m we çuňlugy 1,83 m; nowhana pyrlawajyň yşaratyny, wagty we ýoly belleýän örän kämil abzallar bilen enjamlaşdyrylýar.

Pyrlawajy takyklamak baradaky maglumatlary işläp taýýarlamak üçin aňlatma we baglanyşyk çyzgy usullary ulanylýar.

Takyklamak baradaky maglumatlar tizlikleriň we olara laýyk gelýän pyrlawajyň periniň sekuntdaky aýlaw sanynyň goşalykdaky bahalarynyň jedweli görnüşinde bolýarlar. Häzirki döwürde biziň ýurdumyzda özüniň ýönekeýligi we düşnükliligi üçin, köplenç, baglanyşyk çyzgy usuly ulanylýar. Baglanyşyk çyzgyny gurmak üçin takyklama jedweliň maglumatlary boýunça U=f(n) egri çyzygy çyzmaly. Kese ok boýunça sekuntdaky aýlaw san goýulýar, dik ok boýunça bolsa olara laýyk gelýän tizlikler goýulýar. Alnan nokatlar boýunça birsydyrgyn egri çyzyk geçirilýär. Kiçi tizliklere gabat gelýän baglanyşyk çyzgynyň aşaky bölümi has uly maşştablarda çyzylýar (15.6-njy surat). Takyklama göwnejaý geçirilse we pyrlawaç abat bolsa, nokatlar dogry ýerleşýärler we olar boýunça çyzyk geçirmek şeýle bir kyn hem bolmaýar. yrlawaç

ýalňyş takyklananda ýa-da abat bolmasa, nokatlaryň dagynyk düşmegi mümkin. Şeýle bolanda alnan maglumatlar ýalňyş hasap edilýär.

Takyklygy barlamagyň maglumatlarynyň jedweli	
V	n
0.039	0.00
0.060	0.15
0.078	0.25
0.098	0.36
0.126	0.49
0.195	0.80
0.258	0.09
0.325	1.31
0.480	2.04
0.730	3.07
0.981	4.17
1.28	5.45
1.47	6.27
1.75	7.45
2.04	8.72
2.28	9.75
2.51	10.75
2.53	10.86



17.6 -njy surat. Pyrlawajyň takyklama baglanyşyk çyzgysy.

Takyklama egri çyzygy pyrlawajyň resminamasy bolýar. Tejribe maksatlar üçin, meselem, meýdan şertlerinde tizlik ölçenende, sekuntdaky aýlaw sany boýunça tizligi kesgitlemek üçin ýörite jedwel düzülýär.

Bu jedwel işlemek üçin aňsat bolýar we takyklama egri çyzygyny abat saklamaga mümkinçilik döredýär. Jedwel takyklama egri çyzygyň esasynda düzülýär: esasy sanlar egri çyzykdan alynýar (17.2-nji tablisanyň ikinji sütüni), aralykdaky sanlar bolsa kesgitlenýär.

17.2-nji tablisa

Sekuntdaky aýlaw sany	0,00	0,01	0.02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	0,065	0,067	0,069	0,072	0,074	0,076	0,078	0,080	0,83	0,085
0,3 weş.m.	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,104	0,107	0,110	0,113

Jedwel örän ýönekeý. Meselem, eger-de pyrlawajyň periniň sekuntdaky aýlaw sany n=0,35 bolsa, onda akymyň tizligi U=0,102 m/s deň bolar.

Pyrlawaja ideg etmek boýunça esasy görkezmeler. Gidrometriýa pyrlawaçlary anyk ölçeýän abzallar bolup, olar gowy idegi talap edýärler.

Ölçegler gutarandan son, pyrlawajy we oňa degişli esbaplary gury esgi bilen süpürip, gapyrjaga salmaly.

Pyrlawajy jaýa salyp, gowy guratmaly, gabarany we durnuklylygy saklaýjy abzaly ýaglamaly. Hereket edýän bölegini sökmeli, podşipniklerden başga böleklerini benzin bilen ýuwmaly. Galtaşmaly enjamlary örän seresap bolup ýuwmaly, zerur bolmasa, galtaşmaly maýşaklary ellemeli däl. Arassalanandan son, aýlanýan bölegini ýygnamaly we periň boşluklaryna ýag guýmaly (6 ml).

17.3. Gidrometriýa galtgalary bilen suwuň tizligini ölçemek

Käwagtlar suwuň tizligi gidrometriýa galtgalaryň kömegi bilen hem ölçenýär. Bu usulyň aşakdaky ýagdaýlarda ulanylmagy mümkin:

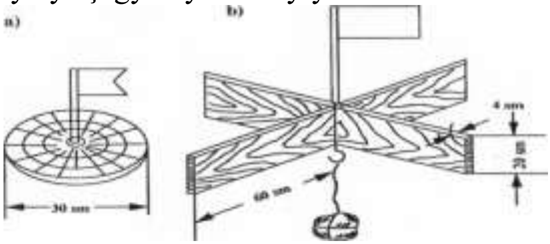
1. Hiç hili ýüzüji serişdeleri ulanyp bolmaýan ýokary tizlikli uly derýalarda;
2. Pyrlawaç bolmadyk ýagdaýynda;
3. Derýada buz akýan bolsa;
4. Pyrlawaç bilen ölçemäge serişde we wagt bolmasa;
5. Akymyň tizligi örän pes bolup, pyrlawajyň peri aýlanmaýan bolsa. Galtgalar bilen suwuň tizligi ölçenende, onuň tizligi duran ýerindäki suwuň tizligine deň diýip kabul edilýär. Hakykatdan bolsa, akym boýunça ýüzýän jisimiň tizliginiň töweregindäki suwuňkydan ýokarydygy ylmy taýdan anyklanyldy.

Derýa gidrometriýasynda, köplenç, suwuň ýüzündäki galtgalar ulanylýar, ýöne käwagtlar çuňlukdaky galtgalar we galtga-integratorlar (integrator-mehaniki hasaplaýan gural) hem ulanylýar. Galtga-integratorlar uçar bilen suwuň mukdary ölçenende-de ulanylýar. Bulardan başga-da goşa galtgalar hem

bolýarlar. Olar, esasan hem, deňizleriň, kölleriň we howdanlaryň akymyny öwrenmek üçin ulanylýarlar. Olar barada VIII bölümde anyk maglumat berilýär.

Galtgalaryň dürli görnüşleri ylmy-barlag işler geçirilende, has hem laboratoriýa şertlerinde giňden peýdalanylýar. Käwagtlar galtgalar diýip suwuk indikator boýag garyndysy ýa-da radioaktiw izotop alynýar.

Suwuň ýüzündäki galtgalary çeşmeleriň akymynyň tizligini we ugruny ölçemek üçin ulanýarlar. Suwuň ýüzündäki galtgalar, köplenç, gury agaçdan ýasalýar. Giňligi 100 m çenli bolan derýalar üçin galtgalar tegelek edilip ýasalýar (15.7-nji **a** surat); olaryň galyňlygy 3-5 sm, diametri 15-25 sm. Giňligi 100-300 m bolan derýalar üçin galtgalar atanak agaç görnüşinde ýasalýarlar (15.7-nji b surat); olar gowy görner ýaly baýdajyklar bilen üpjün edilýär; suwda gowy durar ýaly aşagyna ýük dakylýar.



17.7-nji surat. Suw ýüzüniň galtgalary.

Suwuň ýüzündäki galtgalaryň esasy ýetmezçiliklwerine, olaryň ýelli howada we akymyň kiçi tizliklerinde (<0,5 m/s) ulanyp bolmaýanlygy degişlidir. Ýeliň tizligi 6 m/s-dan ýokary bolsa, suwuň ýüzündäki galtgalary ulanmak maslahat berilmeýär.

Galtga bilen işlenende, aşakdaky aýratynlyklary hasaba almaly:

1. Derýada suwuň derejesi galanda galtgalaryň hereketiniň ugry derýanyň ortasyndan kenar tarapa üýtgeýär (suwuň derejesi peselse, tersinc bolýar). Şeýle bolanda

galtgalaryň geçen ýolunyň ýalňyş kesgitlenmegi mümkin, sebäbi ol ýol iki ölçeg kesigiň arasyna deň diýip alynýar, hakykatdan bolsa, galtganyň geçen ýoly köp bolýar;

2. Galtgalar bilen tizlik ölçenende galtganyň geçen ýolundaky orta^a tizligi alýarys. Bu tizlik ölçeg kesik bilen galtganyň ugrunyň kesişýän ýerindäki ýerli tizlik diýip kabul edilýär. Hakykatdan bolsa, şol nokatda ýerli tizlik galtga bilen ölçenen tizlikden tapawutly bolýar.

Çuňlukda ýerleşdirilýän galtgalar. Çuňlukda ýerleşdirilýän galtgalar belli bir çuňlukda akymyň tizligini we ugruny ölçemek üçin ulanylýar. Çuňlukda ýerleşdirilýän galtga ýüp ýa-da tros bilen birleşdirilen iki sany galtgadan ybaratdyr (17.8-nji surat), olaryň biri suwuň ýüzünde ýerleşýär, ikinjisi bolsa gerek çuňlukda ýerleşdirilýär. Birleşdirýän ýüpüň ýa-da trosuň uzynlygy.

$$\int_0^h u d\,\mathrm{h} = \vartheta_d \mathrm{h}, \qquad (17.6)$$

bu ýerde: ϑ_d - akymyň diklikdäki ortaça tizligi, onda şeýle bolýar:

$$l = \frac{1}{\vartheta_1} \vartheta_d h, \qquad (17.7)$$

bu ýerden:

$$\vartheta_d = \frac{\vartheta_1}{h} l \qquad (17.8)$$

Iň soňky aňlatmadan görnüşi ýaly, diklikde ortaça tizligi kesgitlemek üçin dikligiň çuňlugyny h we diklikden galtganyň ýüze çykýan nokadyna çenli aralygy *l* ölçemeli.

Galtganyň dik galyş tizligi ϑ_1 öňden her bir galtga üçin duran suwda barlag esasynda kesgitlenýär.

Galtga-integratorlar tizligi örän kiçi bolan akymlarda gowy netije berýärler.

17.4.Radioaktiw indiktoryň kömegi bilen suwuň tizligini ölçemek

Bu usul bilen suwuň tizligini ölçemek galtga bilen ölçenişe meňzeş: tizlik indikator garyndysynyň goýberilen ýerinden garyndynyň bardygyny bildirýän abzala çenli bolan aralygy, onuň geçen wagty esasynda kesgitlenýär.

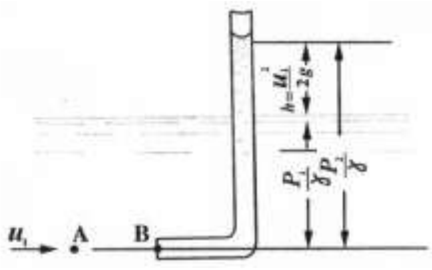
Bu usul, köplenç, az akymly kiçi tizlikleri ölçemek üçin ulanylýar, ýagny pyrlawaç bilen ölçemek kynlaşanda.

17.5. Gidrometriýa turbajygy arkaly suwuň tizligini ölçemek

Gidrometriýa turbajyklary arkaly suwuň tizligini ölçemek tizlik bilen suwuň basyşynyň arasyndaky baglanyşyga esaslanýar. Ýerli tizlik bilen suwuň basyşynyň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek üçin AB (12.10-njy surat) suw akymyna degişli edip, D. Bernulliniň deňlemesini ulanmak bolýar:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g}, \qquad (17.9)$$

(17



17.10-nji surat. Gidrometriýa turbajygynyň görnüşi.

bu ýerde: **$Z_1=Z_2$** - nokatlaryň beýikligt, ikisiniňki hem birmeňzeş, şonuň üçin hem indiden beýläk ony hasaba almaýarys; **P_1-A** nokatdaky basyş; **P_2-B** nokatdaky basyş; **U_1-A** nokatdaky ýerli tizlik; **U_2=0-B** nokatdaky ýerli tizlik; **γ**-suwuň udel agramy.

Deňleme (10.14.) boýunça tizlik basyşyň beýikligini alýarys:

$$\frac{P_2-P_1}{\gamma}=\frac{U_1^2}{2g}=h, \qquad (17.10)$$

bu ýerden ýerli tizligi ölçemek üçin aňlatmany alýarys:

$$U_1=\sqrt{2gh} \qquad (17.11)$$

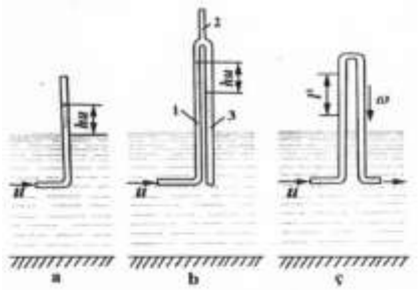
Bu aňlatma diňe örän arassa suwuklyk üçin dogrudyr. Akym tertipsiz hereket edende, hakyky suwuklykda suwuň basyşynyň ululygy birneme az bolýar. Ondan başga-da turbajygyň suw girýän ýeriniň görnüşi hem täsir edýär. Şu sebäpleri hasaba almak üçin düzediş köpeldijisi girizilýär, onuň ululygy takyklama arkaly kesgitlenýär. Şeýle bolanda deňleme (17.12.) aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$U=\varphi\sqrt{2gh} \qquad (17.12)$$

Häzirki döwürde ulanylýan kabul ediji bölegi birsydyrgyn görnüşli bolan turbajyklar üçin düzediş köpeldijisiniň **φ** ululygy bire ýakyn bolýar.

(17.12) aňlatmadan görnüşi ýaly, tizligi kesgitlemek üçin suwuň basyşynyň beýikligini ölçemeli, ýagny suw derejesiniň suwuň ýüzünden turbajyk boýunça ýokary galan beýikligini ölçemeli.

Gidrometriýa turbajyklaryňbirnäçe görnüşleri bolýar (17.11-nji surat). G. Pitonyň gidrometriýa turbajygy (17.11-nji **a** surat) gurluşy boýunça has



17.11-nji surat. Gidrometriýa turbajyklarynyň gurluşynyň görnüşleri.
a - G. Pito; **b** - G. Pito we G. Darsi; **ç** - A. I. Losnewskiý;
1 - dinamik turba, 2 - howany sorup almak üçin turba, 3 - statik turba.

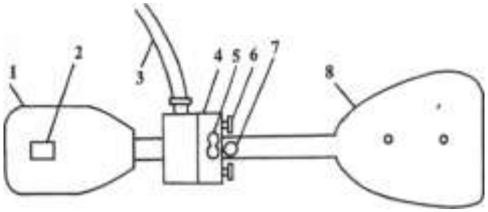
ýönekeý, ulanmak üçin bolsa amatsyz bolýar, sebäbi turbajykdaky suwuň beýikligini h_u suwuň ýüzüne ýakyn ýagdaýda ölçemeli bolýar, G. Darsi bir abzala iki turbajygy birleşdirmegi maslahat berýär (17.11-nji **b** surat): 1-dinamik turbajyk we 3-statik turbajyk. Statik turbajygyň aşaky kesigi tizligiň **U** ugruna gapdaldaş edilen. Eger-de turbajygyň (2) üsti bilen howany sorup, iki turbajykda-da basyşy peseltsek, dinamik we statik derejeler ýokary galar. Bu hasap almagy aňsatlaşdyrýar. Şeýle edeniň bilen h_u bahasy üýtgemeýär.

Dinamik we statik turbajyklar şlangalaryň kömegi bilen h_u ölçeýän manometr (basyşy ölçeýän abzal) bilen birleşdirilýär. A.I. Losnewskiý dinamik we statik turbajyklary

suwuklyk bilen doldurmagy maslahat berýär (17.11-nji **ç** surat). Şeýle bolanda suwuň basyşy turbanyň içindäki hemme suwuklyga täsir edýär we ony **U** tizlige bagly bolan **ω** tizlik bilen herekete getirýär. Şeýlelikde, uzynlygy *l'* bolan ölçeg geçirilýän bölekde tizlik **ω** ölçäp, **U** tizligi kesgitlemek bolýar.

17.6. Elekromagnit ölçeýji bilen suwuň üzligini ölçemek

Bu usul elektromagnit induksiýasynyň (elektrik ýa-da magnit meýdanyndaky akymyň ýakynyndakyjisimlere täsiri) kanunyna esaslanýar. Tizlikkabul ediji bölekleriň daşyndan akyp geçýän elektrik geçiriji suwuklyk, kabul ediji bölegiň magnit ulgamynyň döredýän magnit meýdanyny kesip geçýär. Abzalyň kabul ediji böleginiň daşyndan akyp geçýän suwuklykda elektrik meýdan döreýär. Aşakda “Teplopribor” ylmy-barlag instituty tara-pyndan oýlanyp tapylan “Zond” atly elektromagnitiň kömegi bilen tizlik ölçeýji abzal barada ýazylýar. Onuň esasy gurluş bölekleri - abzalyň kabul ediji böleginiň iýmitleniş çeşmesi (1) we guýruk (8) (17.14-nji surat). Iýmitleniş çeşme ýörite görnüşli magnit geçirijiden we magnit meýdanynyň oýadyjysynyň perdelenen pyrlawajyndan ybarat bolan magnit ulgamyna eye bolýar. Magnit ulgamy çarçuwa berkidilýär. Oýadyjy pyrlawajyň perdesinde daşy örtüklenen iki sany elektrod (2) berkidilýär.



17.12-nji surat. Suwuň tizligini elektromagnit ölçeýji bilen ölçemegiň görnüşi.

Elektrodlar iýmitleniş çeşmesiniň daşky ýüzi bilen gyradeň goýulýar. Tizlik öwrüji kabel (3) bilen güýjenmäni abzalyň kabul ediji bölegine berkidýärler. Deşik (4) abzaly uzyn taýakda ýa-da podşipnikde berkitmek üçin hyzmat edýär. Abzalyň uzyn taýakda durýan ýeri goşa deşikdäki (5) görkezgiç bilen bellenilýär. Nurbatlar (6 we 7) kömegi bilen laýyklykda uzyn taýakdaky abzal we abzalyň gabarasyndaky dik hem kese guýruk (8) berkidilýär. Tizlik ölçeýji “Zond” açyk derýalarda we suwaryş ulgamlaryň nowhanalarynda işlemek üçin niýetlenendir. Ölçenýän tizlikleriň aralygy örän uly 0-dan 10 m/s çenli. Ölçeg aralygyndan götcrim hasabynda aňladylan ygtyýar berilýän esasy ýalňyşlyk uly bolmadyk (0,5 m/s çenli) tizliklerde ±4,0%, uly tizliklerde bolsa ±2,5. Suwuň tizligi indikator milliampermetriň görkczýän sany boýunça kesgitlcnýär, onuň üçin tizlik ölçeýji “Zond” sazlanýar. Meýdan şertlerindc sazlama işleri gidrometriýa pyrlawajyň we tizlik ölçeýji “Zonduň”görkezýänlerini deňeşdirmek ýoly bilen geçirilýär.

Suwuň tizligini ölçcmek üçin ýokarda agzalyp gcçilcn abzallardan we usullardan başga-da lazer bilen işleýän abzal, ses usuly we ş.m. bar, ýöne ol usullar häzir tejribede giňden ulanylmaýarlar.

18-nji bap

Suwuň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýan usullar barada umumy düşünjeler

18.1. Suwuň mukdary barda düşünje. Suwuň mukdarynyň modeli

Suwuň mukdary diýip, akaryň kese kesiginden wagt birliginde akyp geçýän suwuň göwrümine aýdylýar. Uly akarlar - derýalar, nowhanalar, suw zyňylýan gidrotehniki desgalar we ş.m. suwuň mukdary metr kub sekuntda (m^3/s), kiçi akarlaryň - çeşmeleriň, derýajyklaryň, laboratoriýa nowalarynyň we başgalaryň suw mukdary litr selcuntda (*l*/s) aňladylýar.

Suwuň mukdary baradaky düşünjäni şeýle aýdyňlaşdyrmak bolar. Eger-de derýanyň janly kesiginiň tekizliginden çuňluk boýunça **Δh** we giňlik boýunça **Δb** taraplary bolan tükeniksiz kiçijik meýdança alynsa, onda şu meýdançadan akyp geçýän suwuň mukdary **q** akymyň tizligine **U** bagly bolar we **Δω** meýdanly, **U** beýiklikli prizmanyň göwrümi gömüşinde aňladylýar.

$$q = \Delta\omega U \qquad (18.1)$$

Derýanyň janly kesiginiň umumy meýdanynyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary aýratyn meýdanlaryň suw mukdarlarynyň jemine deň bolar:

$$Q = \Sigma q \qquad (18.2)$$

Eger-de akymyň tizligi **Δω** meýdança adaty ýerleşen bolsa, onda **18.1**-nji aňlatmany ulanmak bolýar. Akymyň ugry

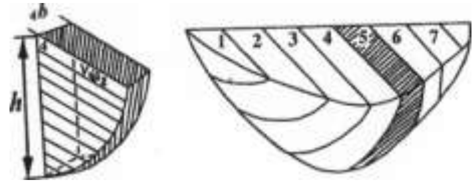
janly kesigiň tekizligine keseligine kesik bolmasa, onda **16.1**-nji aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$q = \Delta\omega U\cos\ \alpha, \qquad (18.3)$$

bu ýerde a-janly kesigiň tekizligine keseligine kesik bolan çyzyk bilen akymyň ugrunyň arasyndaky burç.

Şeýlelikde, suw mukdarynyň hakyky bahasyny almak üçin, akymyň ugry janly kesigiň tekizligine keseligine kesik ýerleşen bolmaly. Şonuň üçin gyşyk akýan akymlarda tizligiň ululyklaryndan başga-da, akymyň ugruny hem ölçemeli.

Eger-de akymyň tizliklerini janly kesigiň tekizligine adaty ýerleşen çyzyklar görnüşinde şekillendirsek, wagt birliginde janly kesikden geçýän suw mukdarynyň köp gaýtalanýanyny iki tekizlik (dik we kese) bilen çäklendirilen jisim görnüşinde göz öňünc getirmek bolar (**18.1**-nji surat). Dik tekizlik janly kesigiň meýdanyny şekillendirýär, kese tekizlik suwuň ýüzüni, gyşyk çyzykly tekizlik bolsa tizligiň derýanyň giňligi we çuňlugy boýunça paýlanyşyny U=f(b,h) häsiýetlendirýär. Göwrümi boýunça suwuň mukdaryna dcň bolan bu suwdan emele gelen jisime **suwuň mukdarynyň modeli diýilýär.**



18.1-nji surat. Suwuň mukdarynyň modeli.

Suwuň mukdarynyň modeliniň göwrümini kesgitlemek üçin, janly kesigiň meýdanyny we derýanyň giňligi hem-de çuňlugy boýunça dürli nokatlarda akymyň tizligini ölçemeli bolýar. **Akymyň tizliginiň çuňluk boýunça dürji nokatlarda ölçenýän ýerine tizlik dikligi diýilýär.** Eger-de tizlikleriň ýerinde suw mukdarynyň modelini janly kesigiň tekizligine

keseligine kesik edip, dik tekizlikler bilen kesseň, onda suw mukdary aýratyn böleklere bölünýär, ol bölekleýin suw mukdaryny şekillendirýär.

18.1-nji suratda dördünj i we bäşinj i tizlik dikliklerin arasyndaky bölekleýin suw mukdary görkezildi. Şu suw mukdaryny kesgitlemek üçin, şol dikliklerin arasynyňjanly kesiginiň meýdanyny we olaryň arasyndaky ortaça tizligi bilmeli. Meýdan çuňlugy ölçemegiň maglumatlary boýunça, tizlik bolsa şol diklikler de tizligi ölçemegiň netijesi boýunça hasaplanýar. 13.1-nji aňlatma laýyklykda dördünji we bäşinji tizlik dikliklerin arasyndaky bölekleýin suw mukdary q_{4-5} aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$q_{4-5} = \omega_{4-5} \frac{U_4 + U_5}{2}$$

Bütin janly kesik üçin suwuň mukdary bolsa bölekleýin suw mukdarlaryň jemine deň bolýar:

$$Q = q_1 + q_2 + ...+ q_n = \Sigma_q.$$

Eger-de suw mukdarynyň köp gaýtalanýany, suwuň ýüzi we janly kesikleri **ω** deň ululykly bolan iki sany dik tekizliklcr biten çäklendirilcn, has ýönekeý jisimiň dcň göwrümi bilen çalşylsa, onda suwuň mukdary aşakdaky aftlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q = \omega U_{or}, \ m^3/s, \qquad (18.4)$$

bu ýerde U_{or} - derýanyň janly kesigindäki ortaça tizlik, m/sek.

Suwuň mukdary akymyň esasy bölekl criniň biridir. Derýalar üçin suwuň mukdary dcrýanyň beýleki böleklerini, mysal üçin, suwuň derejesini, akymyň tizligini, suwuň ýüzüniň

eňňitligini we başgalary kesgitlemek üçin örän wajyp häsiýetlendirijidir. Suwuň mukdaryny yzygiderli kesgitlemegiň esasynda gije-gündizki suwuň mukdarynyň ortaça bahasyny, iň ýokary we iň pes mukdarlaryny, şeýle hem belli bir wagt üçin derýa akymynyň göwrümini hasaplaýarlar.

Suwuň mukdaryny kesgitlemek üçin, esasan, aşakdaky usullary ulanýarlar:

1) “meýdan-tizlik”, 2) gidrawlik, 3) göwrüm, 4) süýşme.

Usullaryň saýlanyp alynmagy derýa düzgüniniň häsiýetine, ölçemegiň talap edilýän takyklygyna we tehniki mümkinçiliklere bagly bolýar.

“Meýdan-tizlik” usuly janly kesigiň meýdanyny we akymyň tizligini ölçemäge esaslanýar. Janly kesigiň meýdany çuňlugy ölçemegiň maglumatlaryny işläp taýýarlamak arkaly kesgitlenýär, akymyň tizligi bolsa dürli abzallar: gidrometriýa pyrlawaçlarynyň, galtgalaryň we beýlekileriň kömegi bilen ölçenilýär.

Gidrawliki usul gidrawlikanyň tejribe aňlatmalaryny ulanmaga esaslanýar. Bu usulda akymyň tizligi ölçenilmän, hasaplama aňlatmalaryna girýän beýleki bölekler— suwuň beýikligi (bent gädikleriň üstündäki basyş), suw ýüzüniň uzaboýuna eňňitligi, janly kesigiň meýdany ölçenilýär.

Gidrawliki usul, esasan, dürli görnüşli bent gädikleriniň üstünden we gidrotehniki desgalaryň gädiginden geçýän suwuň mukdary ölçenende, şeýle hem öň suw akyp, son guran akarlarda suwuň ýeten iň ýokary mukdarlary kesgitlenende ulanylýar.

Göwrüm usuly belli bir wagt aralygynda **t** ölçeg gabyna akyp gelýän suwuň göwrümini **W** gös-göni ölçemekden ybaratdyr. Şonuň bilen birlikde suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanýar:

$$Q = \frac{W}{t} \qquad (18.5)$$

Bu usuly örän kiçi akarlaryň (çeşmeleriň, kiçijik derýajyklaryň we ş.m.) suw mukdaryny ölçcmek üçin we laboratoriýa şcrtlerindc ulanýarlar.

Süýşme usuly erän maddalaryň akymyň suwy bilen süýşmegine esaslanýar. Akyma haýsy hem bolsa bir indikatoryň (mysal üçin, nahar duzy) ergini guýulýar we ol derýanyň suwy bilen garyşandan son, suwuň clektnk geçirijiligi ýa-da şu indikatoryň mukdary kesgitlenýär. Süýşme usulyny, köplcnç, suw mukdaryny “meýdan-tizlik” usul bilen ölçäp bolmaýan ýerlerde ulanýarlar, mysal üçin, suwa barmasy kyn bolan daglyk derýalarda.

Suwuň mukdaryny ölçemegiň ýokarky sanalyp geçilen usullaryndan başga-da birnäçc görnüşleri bar, biz olaryň durmuşda iň köp ulanylýanlarynyň üstünde durup geçýäris.

19-nji bap

19.1. Suwuň mukdaryny ölçemek

Suwuň mukdaryny ölçemek üçin derýadan saýlanyp alnan ýere edilýän esasy talaplar suwuň derejesini ölçemek üçin alynýan ýeriňkä meňzeş, ýöne welin goşmaça talaplar hem bar.

Suwuň mukdaryny has takyk ölçemegi üpjün etmek üçin saýlanyp alnan ýerde suwuň hereketi kadaly bolmaly. Esasy hanada, şeýle hem arnada suw akymynyň ugry derýanyň bütin giňligi boýunça birmeňzeş bolmaly. Suwuň az döwründe akymyň tizligi 0,15-0,25 m/s-dan az bolmaly däl, eger şondan az bolsa, onda pyrlawaç bilen ölçenen tizligiň takyklygy peselýär. Köp suwly döwürde mümkin bolsa, akymyň tizligi 3,0-4,0 m/s-dan ýokary geçmeli däldir. Saýlanyp alnan ýerde ýata suwly ýa-da ters akymly zolak bolmaly däl.

Gyşyna saýlanyp alnan ýerde derýa doňsa, onda ol bütinleý doňmaly ýa-da doňmaly däl. Mundan başga-da, saýlanyp alnan ýerde gyşyna ýuka buz akmaly däldir.

Saýlanyp alnan ýerden ýokarda ýerleşen gidrotehniki desgalaryň täsiri bilen suwuň hereketi durnuksyz bolmaly däl, şeýle hem aşakda ýerleşen desgalaryň täsiri bilen suwuň derejesi üýtgäp durmaly däl. Wagtlaýyn işleri geçirmek üçin ýer saýlanyp alnanda, dine şu ýylyň ölçeglerini geçirmäge amatly bolsa bolýar diýip hasap edilýär.

19.2. Gidrometriýa ölçeg birligi

Gidrometriýa ölçeg kesigi diýip, suwuň mukdaryny ölçemek üçin derýanyň giňligi boýunça geçirilýän kese kesige aýdylýar.

Suwuň mukdaryny takyk kesgitlemek üçin saýlanyp alnan derýa böleginde gidrometriýa ölçeg kesiginiň ugry akymyň ortaça ugruna keseligine kesik bolmaly.

Ölçeg kesigini göz çaky bilen hem geçirmek mümkin, şeýle edilende ölçeg kesigi derýanyň umumy ugruna keseligine kesik bolar ýaly göz çaky bilen bellenilýär.

Meýdanda öwrenilýän şertlerde suwuň mukdaryny bir gezek kesgitlemek üçin derýanyň giňligi 100 m çenli bolan böleginde ölçeg kesigini göz çaky bilen bellemek mümkin. ,

Yzygiderli ölçemek üçin bellenen ölçeg kesiginiň ugry örän takyk kesgitlenen bolmaly.

Giň arnaly derýalarda esasy hananyň az suwly döwürdäki ölçeg kesiginiň ugry arnanyň umumy akymynyň ugry bilen gabat gelmegi mümkin, bularyň arasynda uly bolmadyk burç hem döräp biler. Burç l0°-dan az bolanda, derýanyň esasy hanasy we arna üçin bir ugurly ölçeg kesigini bellemek bolýar: burç 10°-dan köp bolsa, ölçeg kesiginiň ugry döwük çyzyk görnüşinde bellenilýär, onuň her bir böleginiň ugry akymyň ugruna keseligine kesik bolmaly.

Eger-de derýa hanasy bimäçe akarlara bölünýän bolsa, onda ölçeg kesigi esasy we goşmaça hanalar üçin aýratynlykda bellenilýär. Şeýle bolanda suwuň umumy mukdary bölekleýin ölçenen suwuň mukdarlarynyň jemine deň bolýar.

Köplenç, ölçeg geçirilýän derýa böleginde suw ölçenýän gözegçilik nokadynyň ölçeg kesigine gabat gelýän ýeke-täk gidrometriýa ölçeg kesigini bellemäge ymtylýarlar. Ýöne kähalatlarda iki ýa-da ondan hem köp ölçeg kesiklerini bellemeli bolýar. Bu ýylyň dowamynda suwuň akyş şertleriniň üýtgemegi bilen baglanyşykly, meselem, köp suwly döwürde, suwda ösümlik ösýän döwürde, buz döränđe we ş.m. suwuň akyş şertleri düýpgöter üýtgeýär. Şeýle bolanda her bir ölçeg kesigi ýokarda görkezilcn şertleri berjaý edip hem-de ölçeg kesikleriniň arasynda akymyň üýtgemezligini gazanyp (ýagny ölçeg kesikleriň arasynda derýa goşandy, gatla wc başgalar bolmaly däl) bellenilýär.

Eger-de gidrometriýa ölçeg kesigi esasy suw ölçenýän gözegçilik nokadyň ölçeg kesiginden daşda ýerleşse, onda gidrometriýa ölçeg kesiginde suw ölçenýän gözegçilik nokadyny gurmaly. Mümkin bolsa, ölçeg kesigindäki gözegçilik nokadynyň nol çyzgysynyň belligi esasy suw ölçenýän gözegçilik nokadynyňky bilen birmeňzeş bolar ýaly etmeli.

Ölçeg kesigi bellenen ýerde suwuň akyş şertleriniň wagt geçmegi bilen üýtgemegini göz öňünde tutup, gidrometriýa ölçeg kesiginiň ugrunyň dogrudygyny barlap durmaly. Hanasy durnukly derýalarda akymyň ugry üýtgemedik bolsa, onda şeýle barlagy üç ýyldan bir gczck geçirse-de bolar.

Hanasy durnuksyz derýalarda suwuň mukdaryny ýeterlik takyk ölçemcgi üpjün etmcýän ölçeg kesikleriniň ugry üýtgedilýär ýa-da olar göçürilýär.

Ölçeg kesikleriniň ugry saýlanyp alnanda, akymyň ugrunyň ölçeg kesiginiň göni çyzygyna bolan gyşyklygy 30°-dan köp bolmaz ýaly alynýar. Eger-de gyşyklygy käbir dikliklerde köp bolsa, onda täze ölçeg kesigini saýlap almagy maslahat berýärler.

Akymyň gyşyklygy 10°-dan az bolsa, onda gyşyklygy hasaba almasaň hem bolýar, sebäbi suwuň mukdary ölçenendäki ýalňyşlyk 1,5%-dcn köp bolmaýar.

Gidrometriýa ölçeg kesiginiň ugruny akym ölçeýji GR-42 kömegi bilen kesgitlemek. Bu usul galtgalaryň kömegi bilen ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemek usuly bilen deňeşdireniňde, has takyk we wagty az talap edýär. Ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemek işi aşakdaky yzygiderlikde ýerine ýetirilýär:

1. Öňünden saýlanyp alnan ölçeg kesiginde suwuň çuňlugy ölçenilýär, ondan son derýanyň giňligini we düýbüniň tekizligini göz öňündc tutup, sany 10- 12-den köp bolmadyk tizlik diklikleri bellenilýär;

2. Hemme tizlik dikliklerde suwuň ýüzünden 0,6 h çuňlukda akymyň tizligi we ugry ölçenýär; ölçenen tizligi diklikdäki ortaça tizlik diýip hasap edilýär;

3. Ortaça tizligi çuňluga köpeltmek arkaly diklikdäki ýönekeý suw mukdary tapylýar:

$$q = \vartheta_d h \qquad (19.1)$$

4. Bölekleýin suwuň mukdarlaryny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

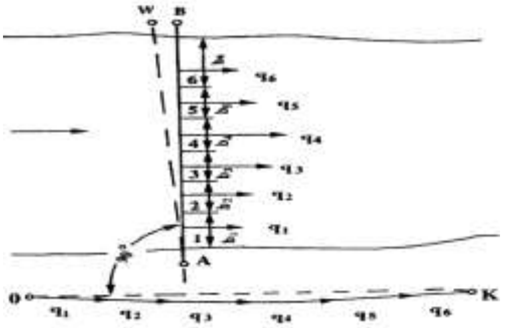
$$q_b = qb, \qquad (19.2)$$

bu ýerde q-diklikdäki ýönekeý suw mukdary; b-berlen diklige gapdaldaş kesik bölekleriniň arasyndaky aralyk.

Birinji diklige degişli bölekleýin suwuň mukdary üçin **b** ululygy suwuň gyrasyndan diklige çenli we ondan birinji hem-de ikinji dikikleriň aralygynyň ortasyna çenli bolan aralyklaryň jemi gömüşindc kesgitlenýär. Iň soňky diklige degişli bölekleýin suwuň mukdary üçin **b** ululygy edil ýokardaky ýaly kesgitlenýär;

5. Derýa böleginiň meýilnamasyna belli bir ölçegde uzynlygyň we ugruň kesigi görnüşde kesgitlenen bölekleýin suwuň mukdarlarynyň bahalary geçirilýär: olaryň ugry akymyň ugry ölçenende, kesgitlenen azimut boýunça meýilnama geçirilýär (17.1-nji surat);

6. Şeýdip alnan belli bir uzynlygyň we ugruň kesigini erkin saýlanyp alnan 0 nokatdan başlap, belli bir uzynlygyň we ugruň kesiklerini goşma çyzgy düzgüni boýunça jemlemeli. Olaryň geometrik jemi derýada esasy suwuň hereket edýän ugrunyň çyzygy bolýar. Jemlenen belli bir uzynlygyň we ugruň kesigine geçirilen keseligine kesik gidrometrik ölçeg kesiginiň gözlenýän ugruny berýär.



19.1-nji surat. Ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemegiň çyzgysy. AB - öňünden kabul edilen ölçeg kesigi, AW- ölçeg kesiginiň gözlenýän ugry.

Saýlanyp alnan ölçeg kesiginiň ugry ýerinde berk pürsler bilen berkidilýär.

Gidrometriýa ölçeg kesiginiň ugruny suwuň ýüzündäki galtgalaryň kömegi bilen kesgitlemek. Bu takmynan usul, sebäbi ölçeg kesiginiň ugry derýadaky bütin suwuň ugruna baglylykda kesgitlenmän, diňe suwuň ýüzündäki akymyň ortaça ugruna baglylykda kesgitlenýär. Şeýle bolsa-da bu usuly giňden ulanýarlar, ýönc akymda tizlik dogry paýlanan bolmaly.

Saýlanyp alnan bölekde derýanyň üstünden üç-bäş sany kömckçi ölçeg kcsikleri geçirýärler. Ölçeg kesiklcriniň aralygy derýanyň giňligine B baglylykda 0,5 B-den 2 B-e çenli alynýar. Ýokarky we aşaky ölçeg kcsikleriniň aralygyny (19.2-nji surat) üns berip, lentaly ölçeýärler.

Hemme iş geçiriljek mcýdançalarda suwuň ýiizi gowy görner ýaly edip kcnarda mcnzula oturdylýar. Kipregeliň kömegi bilen mcnzulyň çyzgy kagyzy bcrkidilen tagtasyna ölçeg kesikleri we iki kcnardaky suwuň crňcgi geçirilýär. Bu bolsa saýlanyp alnan bölekdäki derýa hanasynyň meýilnamasy bolýar.

Ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemek üçin gcçirilýän mcýdan işlcri şeýle ýcrinc ýctirilýär:

1. Birinji ölçeg kcsiginden 5-10 mýokarda, galtgalaryň goýbcrilýän ölçeg kcsiginden dcrýanyň bütin giňligi boýunça kadaly paýlanan yzly-yzyna 10-15 sany galtga goýbcrilýär;

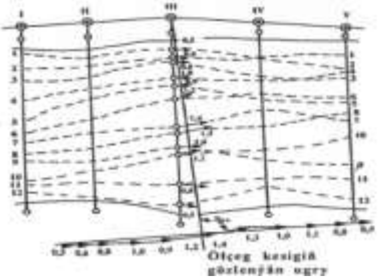
2. Gözegçiniň yşaraty boýunça menzulyň çyzgy kagyzy bcrkidilen tagtasyna kipregel bilen hemme ölçeg kesiklcriniň galtga bilen kcsişýän ýcrlcri bellenilýär;

3. Sekundomeriň kömegi bilen her galtganyň ýokarky ölçeg kcsiginden aşaky ölçeg kesigine çenli ýüzüp barýança näçc wagt geçendigini kesgitleýärler.

Gözegçilik maglumatlary gös-göni meýdanda menzulyň duran ýerinde işlenilip taýýar-lanylýar. Her galtga üçin ortaça tizlik kesgitlenýär:

$$\vartheta = \frac{l}{t}, \qquad (19.3)$$

bu ýerde *l* - ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriň aralygy; t - galtganyň hereketiniň dowamlylygy.



19.2-nji surat. Suwuň ýüzündäki galtgalaryň kömegi bilen ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemegiň görnüşi.

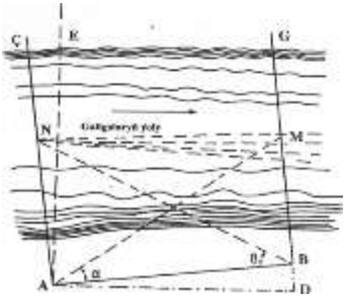
Menzulyň çyzgy kagyzy berkidilen tagtasynda galtgalaryň ölçeg kesigi bilen kesişen ýeriniň bellikleri göni kesik çyzyklar bilen yzygiderli birleşdirilýär. 01 galtgalaryň hereketiniň ugniny görkezýär.

Ortaky ölçeg kesigiň çyzygynyň galtgalar bilen kesişen nokadynda saýlanyp alnan masştabda tizlik çyzyklary geçirilýär. Her çyzygyň uzynlygy galtganyň tizliginiň ululygy bilen kesgitlenýär, ugry bolsa ortaky ölçeg kesigine goňşy bolan ölçeg kesikleriniň galtga bilen kesişýän nokatlaiyny birleşdirýän çyzyga gapdaldaş edip kabul edilýär (17.2-nji surat).

Alnan wektorlary erkin saýlanyp alnan nokatdan başlap, baglanyşyk çyzgynyň goşulyş düzgüni boýunçajcmlenilýär. Wektorlaiyň geometrik jemi berlen bölekde akymyň ortaça ugruny berýär. Jemlcnen wektora geçirilcn dik çyzyk gidrometriýa ölçeg kestginiň ugry diýlip kabul edilýär.

Käbir güýçli akymly derýalarda, köplenç, dag derýalarynda giňlik boýunça galtgalary suwa goýbermek kyn bolýar. Şeýle bolanda ölçeg kesikleriniň ugruny aşakdaky usulyň kömegi bilen kesgitlemek mümkin.

Kenarda esasy AB (17.3-nji surat) çyzyk we oňa keseligine kesik edip, iki sany ölçeg kesigi AC we BG bellenilýär. Derýanyň çalt akymly çuňňullygynda **AÇ** ölçeg kesiginde hemişclik N nokatdan yzly-yzyna 5-7 sany galtga goýberilýär, olaryň **BG** ölçeg kcsiginden geçcn ýerleri **A** nokatda oturdylan burç ölçeýji abzalyň kömegi bilen bellenilýär. Netijede **a** burçuň 5-7 bahasy alynýar, olardan ortaça tapylýar (17.3-nji surat MAB burç). NM çyzygyň ugry bölekdäki akymyň ortaça ugry diýip kabul edilýär.



19.3-nji surat. Dag derýasynda ölçeg kesiginiň ugruny kesgitlemegiň görnüşi.

Eger-dc esasy çyzygyň uzynlygy AB = *l* bolsa, onda AN = *l* tgβ, BM=*l*tgα bolýar. NM çyzyga gapdaldaş AD çyzygyň ugruny tapmak üçin B nokatdan BG ölçeg kesiginiň dowamyna BD=AN-BM=*l* (tgβ-tgα) aralyk goýulýar.

Gidrometriýa ölçeg kesigiň ugry AE, AD çyzyga keseligine kesik edilýär we ýerinde beýiklik bcllik bilen berkidilýär.

19.3. Gidrometriýa ölçeg kesigini abzallaşdyrmak

Gidrometriýa ölçeg kesigi, adatça, aşakdaky gurluşlar bilen abzallaşdyrylýar:

1. Eger-de esasy gözegçilik nokady ölçeg kcsiginden uzakda ýerleşýän bolsa suw ölçcnilýän gözegçilik nokady bilen.
2. Beýiklik bellikli bilen, zerur bolsa, ölçeg kesigi çclgileri bilen.
3. Çuňlugy hem tizligi we ş.m. ölçemek üçin gidrometriýa geçelgesi bilen.
4. Eňnitligi ölçeýji gözegçilik nokady bilen.

Yzygiderli we dowamly gözegçiliklcr üçin niýctlcncn gidrometriýa ölçeg kesikleri gidrometriýa geçelgeleri bilen abzallaşdyrylýar, olaryň gurluşy derýanyň giňligine we çuňlugyna, şeýle hem akymyň tizligine bagly bolýar. Bulary

taslamak we gurmakolara degişli taslamalara laýyklykda geçirilýär.

Gidrometriýa geçelgesi görnüşinde köprüjikler, asma sallançaklar, gaýyklar, nawçalar ulanylýar. Giňligi 100 m-den az bolan derýalaryň ölçeg kesiginde gidrometriýa ölçeglerini geçirmek üçin in kämilleşdirilen gurluş diýjp, aralyga beriji gidrometriýa desgalary alynýar.

Gidrometriýa köprüjikleri. Gidrometriýa köprüjikleri uly bolmadyk derýalarda we nowhanalarda ulanylýar. Derýanyň giňligi 15 m-e çenli bolanda, ini 0,75-1,00 m bolan düşek ýazylan pürsli köprüjikleri ulanmagy maslahat berýärler. Has giň derýalar üçin (30 m-e çenli) aşagyndan tros bilen goşmaça güýçlendirilen köprüjikler ulanylýar.

Giňligi 50 m-e çenli bolan derýalarda asma köprüjikler ulanylýar. Köprüjigiň düşegi 2 sany saklaýjy troslardan asylýar, troslar derýanyň iki kenaryna berkidilýär.

Gidrometriýa sallançaklary. Gidrometriýa sallançaklary güýçli akymly we kert kenarly derýalarda, esasan-da, daglyk ýerlerdäki derýalarda ulanylýarlar. Düşýän agrama baglylykda sallançagyň bir ýa-da iki sany sürülýän trosda asylmagy mümkin, troslar kenardaky berk oturdylan sütiinlere berkidilýär. Troslaryň ujy berkidijili daş garyndysyndan ýasalan labyra birleşdirilip, ýere gömülýär. Käbir kämüleşdirilen sallançakly geçelgelcrde sallançak dine kese hereket etmän, dikligine hem hereket eder ýaly gurulýar. Şeýle ýagdaý abzallary uzyn taýaga berkidip işlemäge mümkinçilik döredýär. Ölçeg kesiginiň ugry boýunça sallançak ýük galdyryjy we çekiji trosuň ýa-da el güýjüniň kömegi bilen hereketlendirilýär.

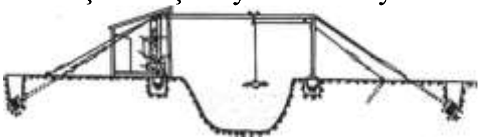
Aralyga beriji gidrometriýa desgalary. Aralyga beriji gidrometriýa desgalary gidrometriýa ölçegleri aralyga bermek üçin ulanylýar. Olaryft kömegi bilen çuňlugy we tizligi ölçemek, getirintgileri kesgitlemek üçin suwuň nusgasyny almak we başga işleri geçirmek bolýar.

Aralyga beriji desgalar kenarda oturdylan sütünlerden we tros-iýmitleniş çeşme ulgamlaryndan ybaratdyr. Tros-iýmitleniş ulgamynyň kömegi bilen ýükli pyrlawajy ýa-da başga abzaly, ölçeg kesigi boýunça gerek bolan dikligc süýşürmek we gerek bolan çuňluga goýbermek bolýar. Abzaly süýşürmek we görkezýänini ýazmak üçin kenarda enjamly dolandyryş jaýy abzallaşdyrylýar.

Häzirki döwürde GR-64 we GR-70 desgalar gurulýar, olar giňligi 100 m we çuňlugy 12 m çenli bolan derýalarda ulanmaga niýctlenilendir.

Elektik akymy bilen işleýän gidrometriýanyň aralyga berij i desga'sy GR-64, tizligi 5 m/s-a çenli bolan derýalarda gidrometriýa ölçeglerini geçirmäge mümkinçilik berýär. Desganyň işlemegi üçin 220-380 W 50 Gs elektrik akymy gerek.

Desganyň daş görnüşi 19.4-nji suratda görkezilýär. Onuň gurluşy barada doly düşünje bermedik, sebäbi desga satyn atnanda, ýany bilen düşündiriş haty hem berilýär.

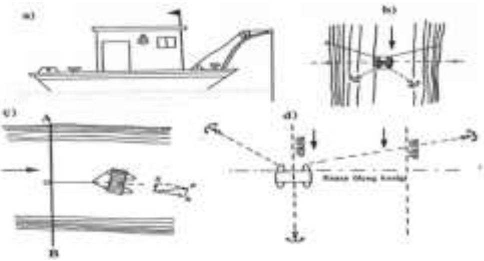


19.4-nji surat. GR-64 aralyga beriji gidrometriýa desgasy.

GR-70 gidrometriýanyň aralyga beriji desgasy dine el bilen işledilýär. Yşarat berýän elektrik zynjyryny iýmitlendirmek üçin desga güýçlenmesi 12 W bolan galwanik bölekler bilen üpjün edilýär. Desga akym tizligi 2,0 - 2,5 m/s-a çenli bolanda, ölçeg işlcrini geçirmäge niýetlenendir, şonuň bilen birlikde agramy 25 ýa-da 50 kg bolan ýükler ulanylýar.

Trosly gidrometriýa geçelgeleri. Gämi gatnawsyz, giňligi 150-200 m-e çenli bolan ýuwaş akýan derýalarda trosuň kömegi bilen gaýykda geçilýän geçelgeler gurulýar. Ölçeg kesiginden ýokarda geçelgc trosy çekilýär, ol bir kenarda

sütüne, ikinjide ýük galdyryja berkidilýär. Ölçeg kesiginiň çyzygy boýunça ikinji tros çekilýär, onda dikliklerіň ýcrlcşişi bellenilýär. Ölçeg işlcri gaýygyň üstünde gcçirilýär. Gaýygyň hereketi ölçeg kesikden ýokarda çekilen trosuň kömegi bilen amala aşyrylýar. Abzallary agyr ýük bilen goýbermek zerurlygy bolan güýçli akymly, uly we orta derýalarda trosly ýüzýän köpri bilen üpjün edilen geçelgeler gurulýarlar.



19.5-nji surat. Gidrometriýanyň ýüzýän köprüleri. a-umumy görnüşi, b-trosly we iki labyrly ýüzýän köpri, ç-ýüzýän köpri-uçar, d-üç labyrly ýüzýän köpri.

Gidrometriýanyň ýüzýän köprüsi (19.5-nji surat) birleşdirilen iki sany uly gaýykdan ýa-da iki sany demirdcn ýasalan galtgadan ybarat, olaryň üstüne gämi düşegi düşelýär.

Gaýyklar suw ýüzüniň tizligine täsir etmez ýaly, olaryň arasynda 1,5-2,0 m boşluk goýulýar. Ýüzýän köpriniň üstünde otag gurulýar, onuft öňünde gaýyklaryň boşlugynyň üstünde abzallary suwa goýbermek üçin iýmitleniş çeşmeli ok ýasalýar (17.5-nji **a** surat). Gäminiň üstünde gidrometriýa ýüki galdyryjylar, labyrlar üçin ýük galdyryjylar we başga zerur bolan enjamlar ýerleşdirilýär.

Ölçeg kesiginde tizlik dikliklerini beliemek we berkitmek. Tizlik dikliklerіň sany we ölçeg kesigi boýunça paýlanyşy derýanyň giňligine we düýbüniň tekizligine bagly bolýar.

Suwuň mukdary ölçenende, üç usul ulanylýar: jikme-jik, esasy we gysgaldylan.

Jikme-jik usuly bilen suwuň tizligini ölçemek üçin köp dikliklcr we nokatlar almaly. Ol ýaňy açylan ölçeg kesiklerinde iki-üç ýylyň içinde akymyň tizliginiň aýratynlyklaryny öwrenmek üçin ulanylýar. Jikme-jik usuly ulanylanda tizlik diklikleriň aralygy derýanyň giňligi boýunça deň aralyklarda bcllenilýär (19.1-nji tablisa).

19.1-nji tablisa

Derýanyň giňligi, m.	Diklikleriň aralygy, m.	Derýanyň giňligi, m.	Dikljkleriň aralygy, m.
20	0,5-2,0	100-200	10
20-30	2,0	200 - 300	20
30-40	3,0	300 - 500	30
40-60	4,0	500 - 800	40
60-80	6,0	800	50
80-100	8,0		

Esasy usul bilen suwuň mukdary ölçenende, mümkin bolsa, az (bäşden az bolmaly däl) tizlik diklikler we dikliklerde nokatlar (iki-üç) almaly, ýöne esasy usul bilen ölçenen suwuň mukdary jikme-jik usulynda ölçenenden ± 3%-den köp tapawutly bolmaly däl.

Tizlik diklikleriň sany we olaryň ölçeg kesigi boýunça paýlanyşy, jikme--jik usuly bilen 20-30 gezek, ýylyň dürli paslynda ölçenen suw mukdarlaryny gözden geçirip, baha bermek ýoly bilen anyklanýar.

Gysgaldylan usul bilen suwuň mukdary kesgitlenende, diklikde bir ýa-da iki nokat alynýar, derýada buz bolsa ýa-da ösümlik köp bolsa, iki-üç nokat alynýar. Tizlik diklikleriniň we olarda ölçenjek nokatlaryň sany, jikme-jik we esasy usullary

arkaly ölçenen suwuň mukdarlaryny seljcrmek esasynda anyklanýar.

Gysgaldylan usuly hanasy durnukly, suwunyň hereketi durnuksyz, suwuň mukdaryny ýygy-ýygydan we çalt ölçemeli bolýan derýalarda ulanmak amatly bolýar.

Eger-de soňra kese kesigiň görnüşi üýtgcse ýa-da dcrýanyň giňligi boýunça tizligiň paýlanyşynyň çyzgysy üýtgese, onda täzeden barlag işlerini geçirmeli hem-de zerur bolsa, tizlik diklikleriň ýerleşişini we sanyny üýtgetmeli.

Tizlik diklikleriniň ölçeg kesiginde ýerleşişini berkitmek usuly dcrýanyň giňligine we ölçeg kesigiň enjamlaşdyrylyşyna bagly bolýar.

Tizlik diklikleriň ölçeg kesiginde ýerleşişi hemişelik başlangyçdan bolan aralyk arkaly kesgitlenýär, şol başlangyçdan dikliklere bellik edilýär.

Eger-de derýa giň bolmasa we ölçeg kesigi köpri bilen enjamlaşdyrylan bolsa, onda tizlik diklikleriň ýerleşişi köpriniň düşegindc reňk bilen bellenilýär.

Eger-de derýa giň bolmasa we ölçeg kesigi sallançak, gaýyk ýa-da trosly ýüzýän köpri bilen enjamlaşdyrylan bolsa, onda ölçeg kesiginiň çyzygy boýunça belliklenen tros çekilýär, tizlik diklikleriň ýerleşişi bolsa, trosda diklikleriň san tertibi görkezilen ýörite ýasalan belgi bilen berkidilýär. Ýörelýän trosda diklikleriň ýerleşişini görkezmek maslahat berilmeýär.

Eger-de derýa giň bolsa we ölçeg kesiginde trosly geçelge bolmasa, onda tizlik diklikleriň ýerleşişi geodezik abzallaryň kömegi bilen bellenilýär.

Tizlik diklikleri teodolit ýa-da kipregel bilen beliemek usuly ulanylanda, ýerinde abzalyň hemişe durjak ýerini saýlamaly we berkitmeli, teodolit üçin bolsa tizlik dikliklere hem-de esasyň hemişelik çelgilerine seredilen şöhlelerden düzülen kese we dik burçlaryň jedwelini hasaplamaly.

Giň arnalarda diklikleriň ýerleşişini berk oturdylan pursier bilen berkitmek amatly bolýar, olaryň üstüne diklikleriň belgisi ýazylýar.

19.4. Suwuň mukdaryny hasaplamak

Suwuň mukdaryny hasaplamak üçin, esasan, aşakdaky üç takmynan aňlatmalar ulanylýar (19.4), (19.5) we (19.6).

Eger-de akymyň kese kesigi tizligiň U ugruna keseligine ýerlcşen bolsa, onda ol akymyň janly kesigine laýyk gelýär,

$$Q = \int_{o}^{\omega} u d\omega \qquad (19.4)$$

Akymyň suw mukdaryny kesgitlemegiň usulnamasynyň esasyna ýokarky aňlatmany goýup, kese kesigiň akymda ýerleşişini ýörite kesgitlemeli.

dω=dydb deňdigini hasaba alyp, 12.4-nji aňlatmany başga görnüşde hem ýazmak bolýar:

$$Q = \int_{o}^{B}\int_{o}^{h} u dy db = \int_{o}^{B} q db, \qquad (19.5)$$

bu ýerde $d\omega_u$-ýönekeý suw mukdary, ol diklikdäki ortaça tizligi çuňluga köpeltmege deň, ýagny q= O_dh; B-derýanyň giňligi.

Eger-de akymyň kesiginde izotahlar (deň tizlikli nokatlary birleşdirýän çyzyk) geçirilse we her bir izotahyň we suwuň derejesiniň arasynda ýerleşen meýdan kesgitlense, onda suwuň mukdaryny aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen hasaplamak bolýar:

$$Q = \int_{o}^{\omega} u d\omega_u, \qquad (19.6)$$

bu ýerde dco_u - goňşy izotahlaryň arasyndaky meýdan.

Bu aňlatmalaryň birinjisi analitik, ikinjisi baglanyşykçyzgy we üçünjisi izotahlar boýunça suwuň mukdarynyň hasaplanyş usullaryny aňladýarlar.

Bu aňlatmalaryň içinde iň köp ulanylýany analitik usuldyr. Beýlekiler bilen deňeşdireniňde, onuň hasaplanmasy

ýeňil we az wagt talap edýär. Akymyň tizligi kese-kesik boýunça dogry paýlanan bolsa, bu usul bilen suwuň mukdaryny ýeterlik anyk hasaplamak mümkin. Gidrologiýa ulgamlarynyň tejribe işlerinde analitiki usul esasy usul hökmünde kabul edilýär.

Baglanyşyk çyzgy usuly jikme-jik usul bilen ölçenen suwuň mukdarynyň hasaplamalarynda ulanylýar. Ol has takyk netijeleri berýär, şonuň üçin hem takyklygy ýokary bolan hasaplamalar gerek bolanda ulanylýar.

Izotahlar boýunça suwuň mukdaryny hasaplamak usuly, esasan, çylşyrymly ýagdaýlarda: buz örtüginiň aşagynda ownuk buzlar köp bolsa, derýa düýbüniň ýergurluşy üýtgäp duryan bolsa we başga ýagdaýlarda ulanylýar. Janly kesigiň kesiginde geçirilen izotahlar tizlikleriň akym boýunça paýlanyşyny has aýdyň görkezmäge mümkinçilik berýär. Bu usul öňküler bilen deňeşdireniňde işi has köp talap edýär.

Suwuň mukdary analitik usul bilen hasaplananda, ölçeglerden soňky ilkinji hasaplamalary meýdanda geçirmegi maslahat berýärler, şeýle edilende ölçeglerdäki goýberilen ýalňyşlyklary täzeden ölçäp, düzetmäge mümkinçilik döredýär.

Analitik usul. Suwuň mukdary aşakdaky takmynan aňlatma boýunça hasaplanýar:

$$Q = K\vartheta_1\omega_0 + \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}\omega_1 + \ldots + \frac{\vartheta_{n-1} + \vartheta_n}{2}\omega_{n-1} + K\vartheta_n\omega_n, \qquad (19.7)$$

bu ýerde:

$\vartheta_1\vartheta_2$......-dikliklerdäki ortaça tizlikler;

ω_0- kenar bilen birinji dikligiň arasyndaky kesigiň meýdany;

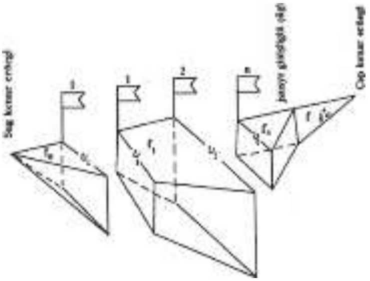
ω_1- birinji we ikinji diklikleriň arasyndaky kesigiň meýdany;

ω_n - iň soňky tizlik diklik bilen kenaryň arasyndaky kesigiň meýdany;

K - tejribe köpeldiji, onuň dürli ýagdaýlar üçin ululygy aşakdaky ýaly kabul edilýär:

Suwuň ýüzüniň gury ýer bilen kesişýän ýeri
nol çuňlukly ýapgyt kenar....................................... 0,7
Kert kenar ýa-da büdür-südür diwar......................... 0,8
Tekiz diwar... 0,9
Jansyz giňişlik bolanda... 0,5

19.7-nji aňlatmanyň her bölegi suwuň mukdarynyň bölekleýin mukdaryny berýär: birinji bölek-kenar bilen birinji tizlik dikligiň arasyndaky bölekleýin suwuň mukdary, ikinji bölek-birinji we ikinji diklikleriň arasyndaky bölekleýin suwuň mukdary we ş.m.



19.6-njy surat. Analitik usul bilen suwuň mukdaryny hasaplamagyň görnüşi.

Her bölekleýin suw mukdarynyň ululygy ortaça tizligi kese kesigiň degişli böleginiň meýdanyna köpeltmek arkaly hasaplanýar (19.6-njy sural). Şeýlelikde, suwuň mukdaryny hasaplamak üçin her tizlik dikligiň ortaça tizligini we kese kesigiň bölekleýin meýdanyny kesgitlemeli. Geliň, munuň tejribede nähili kesgitlenýändigine seredip geçeliň:

Dikliklerdäki ortaça tizligiň ululygy, dikligiň nokatlarynda ölçenen tizlikleri goýup, tejribe aňlatmalar boýunça tapylýar. Nokatlaryň sanyna we hananyň ýagdaýyna baglylykda ortaça tizlik aşakdaky aňlatmalar boýunça kesgitlenýär:

a) suwuň mukdary suwotularyň ösmeýän hanasynda ölçenende, diklikde tizlik bäş nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = 0{,}1(\vartheta_{ýüzi} + 3\vartheta_{0,2} + 3\vartheta_{0,6} - 2\vartheta_{0,8} + \vartheta_{düýbi}), \qquad (19.8)$$

diklikde tizlik üç nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = 0{,}25(\vartheta_{0,2} + 2\vartheta_{0,6} + \vartheta_{0,8}) \qquad (19.9)$$

diklikde tizlik iki nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = 0{,}5(\vartheta_{0,2} + \vartheta_{0,8}) \qquad (19.10)$$

diklikde tizlik bir nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = \vartheta_{0,6} \qquad (19.11)$$

b) suwuň mukdary ölçenende, hanada suwoty ýa-da buz örtügi bolanda; diklikde tizlik alty nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = 0{,}1(\vartheta_{ýüzi} + 2\vartheta_{0,2} + 2\vartheta_{0,4} + 2\vartheta_{0,6} + 2\vartheta_{0,8} + \vartheta_{düýbi} \qquad (19.12)$$

diklikde tizlik üç nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = \frac{1}{3}(\vartheta_{0,15} + \vartheta_{0,5} + \vartheta_{0,85}),$$

diklikde tizlik bir nokatda ölçenende:

$$\vartheta_d = K\vartheta_{0,5} \qquad (19.14)$$

Bu ýerde köpeldiji $K \approx 0{,}9$.

Çuňlugy ýeterlik bolmadyk dikliklerde nokatlar çuňluk boýunça birmeňzeş paýlanan bolsa, diklikdäki ortaça tizlik berlen diklikde ölçenen hemme tizlikleriň arifmetik ortaça bahasy görnüşinde hasaplanýar.

Getirilen aňlatmalardaky 0,2; 0,4 we başgalar, dikliklerde suwuň ýüzünden başlap, tizlik ölçenýän nokatlaryň ýerleşen orunlaryny aňladýarlar.

Kese-kesigiň bölekleýin meýdany tizlik we çuňluk ölçenýän dikliklerdäki çuňlugy hasaba alyp kesgitlenýär (19.7-njy surat). Meselem, kenar bilen birinji tizlik dikligiň arasyndaky bölekleýin kesigiň meýdany:

$$\omega_o = \frac{1}{h} h_1 b_o + \frac{h_1 + h_2}{2} b_1 \qquad (19.15)$$

birinji we ikinji tizlik dikleriň arasyndaky bölekleýin kesigiň meýdany:

$$\omega_o = \frac{h_2 + h_3}{2} b_2 + \frac{h_3 + h_4}{2} b_3 + \frac{h_4 + h_5}{2} b_4 \qquad (19.16)$$

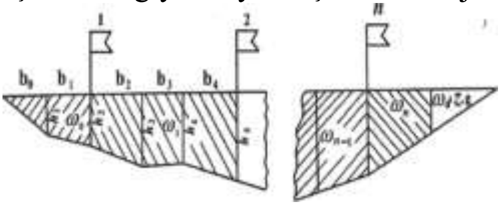
we ş.m. Getirilen aňlatmalar 19.7-nji suratda aýdyň görünýär. Eger-de suwuň mukdary ýuwulýan hanada ölçenen bolsa, onda kese kesigiň meýdany kesgitlenende, suwuň mukdary ölçenenden öňki we soňky çuňluklar hasaba alynýar.

Analitik usul bilen 19.7-nji aňlatma boýunça suwuň mukdaryny hasaplamak işleri ýörite kitaplarda (KG-4 we KG-5) jedwel görnüşinde ýerine ýetirilýär. Suwuň mukdaryny ölçemek baradaky has köp maglumatlary (meselem, döwlet gidrologiýa ulgamynyň beketleriniň we gözegçilik nokatlarynyň maglumatlary) işläp taýýarlamak işleri has kämilleşen enjamlaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

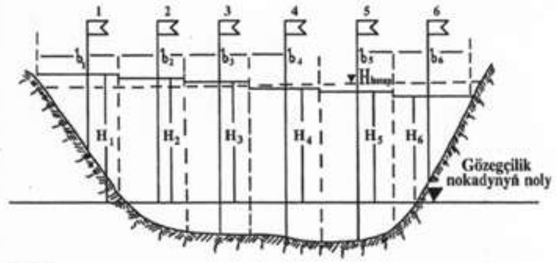
Eger-de suwuň mukdary ölçenen wagtda derýadaky suwuň derejesi üýtgän bolsa, onda hasaplama suw derejesini kesgitlemeli, ol suwuň mukdary hasaplananda kabul edilýär.

Hasaplama suw derejesi şeýle hem suwuň mukdarynyň egri çyzygy çyzylanda gerek bolýar. Suwuň derejesi 10 sm-den

köp üýtgemese, hasaplama suw derejesi diýip, suwuň mukdarynyň ölçenen wagtyndaky ortaça suw derejesi alynýar.



19.7-nji surat. Janly kesigiň bölekleýin meýdanlaryny hasaplamagyň görnüşi.



19.11 nji surat. Hasaplama suw derejesini kesgitlemegiň görnüşi.

Suwuň derejesi çalt we köp üýtgese, hasaplama suw derejesi ölçenenleriň ortaça bahasy görnüşinde aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$H_{hasap} = \frac{H_1 q_1 b_1 + H_2 q_2 b_2 + \ldots + H_n q_n b_n}{q_1 b_1 + q_2 b_2 + \ldots + q_n b_n},$$

bu ýerde:

H_i-0,6 h çuňlukda tizlik ölçenýän wagta gabat gelýän berlen diklikdäki suwuň derejesi (19.8-nji surat);

q_i== $\vartheta_1 h_1$-berlen diklikdäki ýönekeý suw mukdary;

b_1 - berlen diklige degişli derýanyň bölekleýin giňligi.

Takyklanan analitik usul. Ýokarda bellenip geçilişi ýaly, 19.7-nji aňlatma takmynan aňlatma. Ol aňlatmada goňşy diklikleriň arasyndaky tizlikleri göni çyzyk görnüşinde hasaplamaga rugsat berilýär. Hakykatdan bolsa, ortaça

tizlikleriň derýanyň giňligi boýunça paýlanyşynyň çyzgysy egri çyzyk görnüşinde bolýar. Mundan başga-da, tizlik diklikleriň arasyndaky suwuň muk-darynyň modeliniň böleginiň göwrümi görkezilen aňlatmada prizmanyň göw-rümi görnüşinde hasaplanýar, ýöne bu göwrüm has çylşyrymly gömüşde bolýar.

Görkezilen çaklamalara baglylykda 19.7-nji aňlatma boýunça hasaplanan suwuň mukdary, köplenç, kemeldilen bolýar.

A.P. Braslawskiý tarapyndan suwuň mukdaryny analitik usul bilen hasaplamak üçin täze aňlatma hödürlendi. Ol goňşy diklikleriň arasyndaky suw mukdaryň modeliniň böleginiň görnüşini, şeýle hem diklikdäki ortaça tizlikleriň çyzgysynda egriligiň barlygyny göz öňünde tutýar.

A.P. Braslawskiniň teklibiniň manysynyň üstünde durup geçeliň. Iki goňşy diklikleriň arasyndaky suwuň mukdarynyň model böleginiň göwrümini aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen almak bolýar:

$$\Delta Q = \int_{x=0}^{X=b} h\vartheta dx, \qquad (19.18)$$

bu ýerde h - çuňluk;

ϑ - diklikdäki ortaça tizlik;

b - diklikleriň arasyndaky aralyk;

x - diklikleriň arasynyň häzirki ýerleşen ýeri.

h we ϑ ululyklary x-iň baglanyşygy görnüşinde aňlatmak bolýar. Diklikleriň arasyndaky çuňluklar göni çyzyk görnüşinde üýtgeýär diýip kabul etsek we $h_1<h_2$ diýsek, onda aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$h = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{b} x$$

Ortaça tizligi Şeziniň aňlatmasynyň $\vartheta = s\sqrt{hi}$ üsti bilen alsak we Manningiň aňlatmasy boýunça:

$$S = \frac{1}{n} h^{\frac{1}{2}}$$

(aňlatmada **n** - büdür-südürlik köpeldijisi) diýip kabul etsek, onda aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$\vartheta = \frac{1}{n}\sqrt{i}\ h^{2/3} = ah^{2/3} \qquad (19.19)$$

Eger-de goňşy diklikleriň arasyndaky bölekde büdür-südürlik we eňňitlik **i** üýtgemeýän bolsa, onda **a** - üýtgemeýär. Şeýle bolanda 19.18-nji aňlatmany aşakdaky ýaly ýazmak mümkin:

$$\Delta Q = a\int_{x=0}^{x=b}\left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{b}\right)^{5/3} dx \qquad (19.20)$$

Tejribede hasaplamalar jedwel görnüşinde ýerine ýetirilýär (19.20-nji tablisa).

19.20-nji tablisa

Tizlik dikliklerin №	Diklikdäki ortaça tizlik,m/s	$\frac{\vartheta_k}{\vartheta_u}$	K	ϑ_u, m/s	$\vartheta_{or}=K\vartheta_u$, m/s	ω, m^2	$\Delta Q=\vartheta_{or}\omega$, m^3/s
Çep kenar	0,38						
		0,80	0,91	0,47	0,42	3,84	1,64
1	0,47						
		0,74	0,88	0,64	0,56	5,72	3,32
2	0,64						
		0,85	0,93	0,64	0,60	5,81	3,46
3	0,55						

4	0,36	0,66	0,85	0,55	0,47	6,05	2,80
		0,55	0,80	0,36	0,29	5,84	1,67
Sag kenar	0,18						Q=12,89, m^3/s

Köpeldiji **K**-nyň bahasy 19.3-nji tablisa boýunça kesgitlenýär.

19.3-nji tablisa

$\frac{\vartheta_k}{\vartheta_u}$	**K**	$\frac{\vartheta_k}{\vartheta_u}$	**K**
1	2	3	4
0,00-0,17	0,75	0,72-0,74	0,88
0,18-0,30	0,76	0,75-0,77	0,89
0,31-0,36	0,77	0,78-0,79	0,90
0,37 - 0,42	0,78	0,80-0,81	0,91
0,43 - 0,46	0,79	0,82-0,84	0,92
0,47 - 0,50	0,80	0,85-0,86	0,93
0,51-0,53	0,81	0,87-0,88	0,94
0,54 - 0,57	0,82	0,89-0,90	0,95
0,58 - 0,60	0,83	0,91-0,92	0,96
0,61-0,64	0,84	0,93-0,94	0,97
0,65 - 0,66	0,85	0,95-0,96	0,98
0,67 - 0,69	0,86	0,97-0,98	0,99
0,70-0,71	0,87	0,99-1,00	1,00

Iň soňky deňlemäni işlemegiň we üýtgetmeleriň netijesinde aşakdaky gutarnykly ýönekeý aňlatmany alýarys:

$$\Delta Q = \omega K \vartheta_u \quad (19.21)$$

bu ýerde

ω - goňşy diklikleriň arasyndaky kesigiň meýdany;

ϑ_u - goňşy dikliklerdäki ortaça tizlikleriň ululygy;

$K - \frac{\vartheta_k}{\vartheta_u}$ -gatnaşyga baglylykda kesgitlenýän köpeldiji;

ϑ_k - goňşy dikliklerdäki ortaça tizlikleriň kiçisi.

Suwuň umumy mukdary bölekleýin suwuň mukdarlarytiyň jemi görnüşinde kesgitlenýär:

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} \omega_i K_i \vartheta_{i,u}, \qquad (19.22)$$

Suwuň mukdaryny hasaplamak üçin takyklanan analitikusul ulanylanda, derýanyň düýbi tekiz we nowa görnüşinde bolsa, has amatly bolýar. Şeýle bolanda dikliklerdäki ortaça tizlikleriň çyzgysy bütin derýanyň giňligi boýunça güberçek görnüşli bolýar. Bu suw mukdaryny kesgitlemegiň takyklygyny peseltmän, tizlik dikliklerň sanyny has azaltmaga mümkinçilik döredýär.

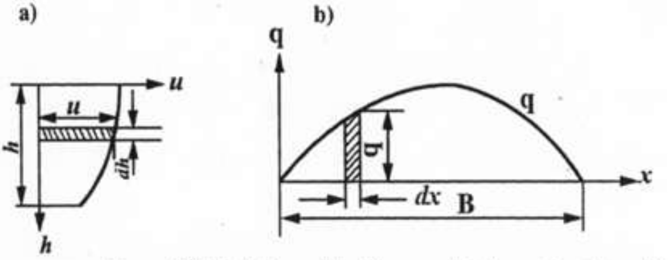
Braslawskiniň maglumatlaryna görä diklikleriň sany gysgaldylan bolsa, suwuň mukdary 19.22-nji aňlatma bilen hasaplananda, ýalňyşlyk 4,5 %-den köpbolmaýar.Edilşeýle şertlerde 17.7-nji aňlatma boýunçasuwuň mukdary hasaplananda, ýalňyşlyk 22 %-e çenli ýetýär.

Baglanyşyk çyzgy usuly. Bu usulda işlemek, haýsydyr bir ölçeýiş abzalyň kömegi bilen ýönekeý suw mukdarynyň çyzgysynyň meýdanyny ölçemek bilen çalşyrylýar.

Ýönekeý suw mukdary **q** analitik usulda jemleme bilen aňladylýar:

$$q = \int_o^h u dh \qquad (19.23)$$

Ýönekeý suw mukdary **q** baglanyşyk çyzgy usulda diklikdäki tizlik çyzgysynyň meýdanyny aňladýar (14.12-nji **a** surat). Her bir diklik üçin ýönekeý suw mukdarynyň bahasyny haýsydyr bir usulyň kömegi bilen tizlik çyzgynyň meýdanyny ölçemek ýoly bilen kesgitlemek mümkin. Her diklikdäki ortaça tizligi kesgitlemek üçin tizlik çyzgynyň meýdanyny dikligiň çuňlugyna bölmeli.



19.12 -nji surat. Ýönekeý (a) we doly (b) suw mukdarlaryny kesgitlemegiň analitik aňlatmalarynyň görnüşi.

Bütin kese kesik üçin gurlan ýönekeý suw mukdarynyň çyzgysynyň meýdany (19.9-nji **b** surat) umumy suw mukdaryna deň bolýar.

Suwuň mukdaryny hasaplamak üçin birnäçe baglanyşyk çyzgylary ýerine ýetirilýär. Iş şeýle yzygiderlikde alnyp barylýar:

1. Millimetrli kagyzyň ýüzünde derýanyň kese kesigi çyzylýar we hasaplama suw derejesi görkezilýär (19.10-njy surat);

2. Edil şol ýerde her bir diklik üçin kese kesigiňki ýaly masştabda tizlikleriň çyzgysy çyzylýar;

3. Tizlikleriň çyzgysynyň meýdanyny dikligiň işçi çuňlugyna bölmek arkaly suwuň diklikdäki ortaça tizligi hasaplanýar; çyzgynyň meýdany planimetriň ýa-da paletkanyň kömegi bilen kesgitlenýär;

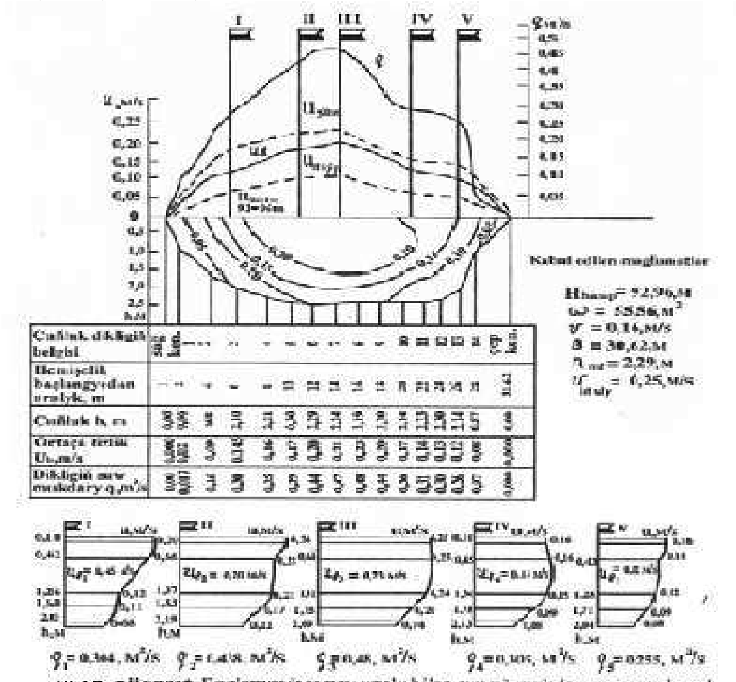
4. Ortaça tizlikleriň çyzgysy gurulýar, onuň üçin kese kesigiň üstünden tizlik dikliklere laýyk gelýän çyzyklar boýunça suwuň derejesinden başlap, ortaça tizlikleri goýmaly we alnan nokatlar boýunça birsydyrgyn çyzyk geçirilýär,

çyzgydan her bir çuňluk diklik üçin ortaça tizligiň bahasyny almaly we kese kesigiň aşagyndaky laýyk gelýän setire ýazmaly. Herame çyzgylarda tizligiň ölçegi birmeňzeş alynýar;

5. Hemme tizlik we çuňluk diklikler üçin ýönekeý suw mukdary hasaplanýar, onuň üçin ortaça tizlikler çuňluklara köpeldilýär. Alnan ýönekeý suw mukdarlaryny kese kesigiň aşagyndaky laýyk gelýän setire ýazmaly;

6. Ýönekeý suw mukdarlarynyň çyzgysyny gurmaly, onuň üçin alnan ýönekeý suw mukdarlary her diklikde suwuň derejesinden başlap, ýokaryk goýulýar we alnan nokatlar boýunça birsydyrgyn çyzyk geçirilýär;

7. Suwuň mukdary hasaplanýar, onuň üçin planimetr ýa-da paletka bilen ýönekeý suw mukdarlarynyň çyzgysynyň meýdany ölçenýär.



19.13 -nji surat. Eeglanysyk çyzgy usuly bilen suwuň mukdaryny hasaplamak. I, II...V - tizlik dikliklerň belgisi.

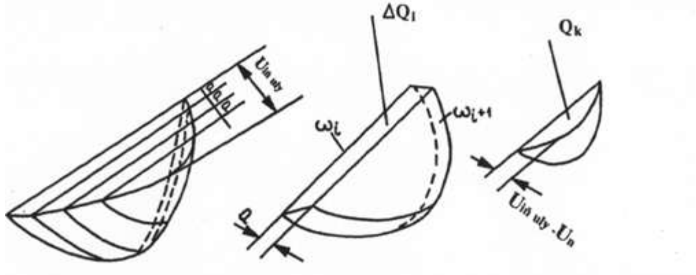
Suwuň mukdary hasaplanandan soňra, kabul edilen ululyklaryň jedweli düzülýär.

Tizlikleriň bütin akym boýunça paýlanyşyny has gowy görkezmek üçin, kese kesikde izotahlar çyzylýar.

Suwuň mukdaryny izotahlar boýunça hasaplamak usuly. Bu usul

$$Q = \int_0^{U_{iu}} \omega_u dU$$

aňlatraany ulatimaga we ondaky integrirlemäni suwuň mukdarynyň modelinift (16.11-nji surat) bölünýän bölekleriniň ahyrky sanlaryny jemleme bilen



19.14 -nji surat. Izotahlar boýunça suwuň mukdaryny hasaplamagyň görnüşi.

çalyşmaga esaslanýar. Suwuň mukdarynyň modeliniň bütin göwrümi ýa-da suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q = \frac{\omega_0 + \omega_1}{2} a + \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} a + \ldots \frac{\omega_{n-1} + \omega_n}{2} a + Q_a ,$$

buýerde:

ω_0- kese kesigiň meýdany;

ω_1, ω_2...-birinji we ikinji nokatlaryň we başgalaryň arasyndaky meýdan;

a - izotahlaryň arasyndaky tizlik aralygy;

$$Q_k = \frac{2}{3}\omega_n(u_{iu} - u_n)$$

Ýokarky aňlatmada

ω_n - iň soňky izotah bilen çäklendirilen meýdan;

$\omega_{i.u}$-iň uly tizlik;

ω_n- iň soňky izotaha laýyk gelýän tizlik. Izotahlar birmeňzeş tizlik aralyklardan geçirilýär, şonuň üçin hem 16.24-nji aňlatmany has sadalaşdyrmak mümkin:

$$Q = a(\frac{\omega_0}{2} + \omega_1 + \omega_2 + ... + \frac{\omega_n}{2}) + Q_k$$

Suwuň mukdaryny hasaplamak şeýle yzygiderlikde alnyp barylýar:

1. Millimetrli kagyza derýanyň kese kesigi çyzylýar;
2. Edil şol kagyzyň ýüzüne şol bir dik ölçegde dikliklerdäki tizlikleriň çyzgysy çyzylýar;
3. Derýanyň kese kesiginde 6-10 sany izotah çyzyklary geçirilýär;
4. Izotah çyzyklaryň arasyndaky meýdan kesgitlenýär, onuň üçin planimetr ýa-da paletka ulanylýar;
5. Suwuň mukdary hasaplanýar, onuň üçin 16.26-njy aňlatmany ulanýarlar, hasaplamalar jedwel görnüşinde ýerine ýetirilýär.

Suwuň mukdaryny tahigrafik egri çyzygyň kömegi bilen hem hasaplamak bolýar. Ony gurmak üçin kese ok boýunça izotah çyzyklar bilen çäklendirilen meýdany, dik ok boýunça olara laýyk gelýän tizlikleriň ululyklaryny goýmaly. Alnan nokatlar boýunça birsydyrgyn çyzyk geçirilýär. **Oňa tahigrafik egri çyzyk diýilýär** (19.12-nji surat). Egri çyzyk bilen koordinat oklaryň arasynda ýerleşen çyzygyň masştabyndaky meýdan suwuň mukdaryna deň bolýar. Meselem, Udω ýönekeý meýdança üçin tahigrafik egri çyzyk

bilen koordinat oklaryň arasyndaky meýdan aşakdaky aňlatma görnüşinde berilmegi mümkin:

$$Q = \int_{\omega} U d\omega$$

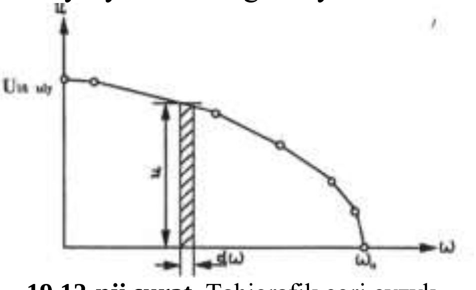
getirilenlerden mälim bolşy ýaly, bu aňlatma suwuň mukdaryny aňladýar.

Ýönekeý meýdançany öňki ugruna keseligine kesik edip ýerleşdirseň hem bolýar, onda onuň meýdany ωdu bolýar, tahigrafik egri çyzygyň umumy meýdany aşakdaky aňlatma görnüşinde berilmegi mümkin:

$$U = \int_{0}^{U_{i.u}} \omega dU$$

bu hem suwuň mukdaryny aňladýar.

Umuman, suwuň mukdary tahigrafik egri çyzygyň meýdanyny ölçemek ýoly bilen kesgitlenýär.



19.12-nji surat. Tahigrafik egri çyzyk.

19.5. Gidrometriýa pyrlawajy bilen ölçenen suwuň mukdarynyň takyklygy

Gidrometriýa pyrlawajy bilen suwuň mukdary ölçenende, beýleki ölçeglerde bolşy ýaly, hökman ýalňyşlyklar ýüze çykýar. Gidrometriýa pyrlawajy ulanyp, “meýdan-tizlik” usuly bilen kesgitlenen suwuň mukdary hakyky suw mukdaryndan belli bir ululyga ***AQ*** tapawutlanýar. Ol suwuň mukdary

ölçenendäki goýberilen hemme ýalňyşlyklary öz içine alýar. Ýokarda aýdylanlary şeýle ýazmak bolar:

$$Q_{ölç}=Q_x \pm \Delta Q, \qquad (19.27)$$

bu ýerde:

$Q_{ölç}$ - ölçenen suwuň mukdary;

Q_x - hakyky suwuň mukdary;

ΔQ - ölçegdäki ýalňyşlyklar.

Suwuň mukdary ölçenende, goýberilen ýalňyşlyklar hakyky suw mukdaryndan göterim hasabynda alynýar:

$$\Delta Q = \frac{Q_{ölç} - Q_x}{Q_x} 100\% \qquad (19.28)$$

Geliň, suwuň mukdary kesgitlenende goýberilýän ýalňyşlyklaryň sebäplerini öwreneliň we olaryň ululyklaryna baha bereliň.

Suwuň mukdary ölçenende, takyklyga aşakdakylar täsir edýärler:

1. Ölçeg abzallarynyň häsiýeti we hili;
2. Ölçeg geçiriliş usullary we şertleri;
3. Ölçenýän ululyklaryň wagt içinde üýtgemegi.

Suwuň mukdarynyň takyklygyna, suw ölçenende, ýüze çykýan ýalňyş-lyklardan başga-da, suwuň mukdaryny hasaplaýyş usuly we şol usulda goýbe-riljek ýalňyşlyklar hem täsir edýärler. Ýagny suwuň mukdaryny dürli usulda kesgitleseň, goýberilýän ýalňyşlyklaryň ululygy hem dürli bolmagy mümkin. Eger-de ölçeg işlere ýeterlik üns berilse, bu ýalňyşlyklaryň bolmazlygy hem mümkin. Yöne hasaplanyş usullaryň birini ýa-da başga birini ulanyp, meýdanda geçirilýän ölçeg işlerinde goýberilen ýalňyşlyklary düzedip bolmaýar.

Suwuň mukdary ölçenende, goýberilýän ýalňyşlyklary tötänden we hemişe bolup durýanlara bölmek bolar.

Tötänden bolýan ýalňyşlyklaryň kese kesigiň meýdany ölçenende, şeýle hem tizlik ölçenende boknaklary mümkin.

Her gezek çuňluk, dikli̇kleriň aralygy, tizlikler ölçenende ýalňyşlyklaryň goşmak alamatly, şeýle hem aýyrmak alamatly bolmaklary mümkin.

Kese-kesigiň meýdany ölçenende, tötänden bolýan ýalňyşlyklaryň sebäpleri aşakdakylar:

1. Çuňluklaryň we dikli̇kleriň aralygynyň takmynan ölçenmegi;

2. Çuňluk diklikleri hemişe bir ýagdaýda takyk saklap bolmaýanlygy. Meýdanda toplanan maglumatlar boýunça kese kesigiň meýdany kesgitlenende, tötänden bolýan ýalňyşlyklar 3% töweregi bolýar.

Suwuň tizligi ölçenende, tötänden bolýan ýalňyşlyklaryň sebäpleri aşakdakylardyr:

1. Olçegiň dowamlylygynyň takmynanlygy (sekundomerden alynýan hasaby bütin sekunda çenli tegeleklemek, pyrlawajyň galtaşma enjamynyň kämilleşdirilmedikligi sebäpli, yşaratyň başlanyş we gutaryş pursadynyň anyk däldigi we ş.m.);

2. Tizligiň wagt içindäki üýtgäp durmagyny ýeterlik ortalaşdyrylmazlyk;

3. Dikliklerdäki ortaça tizligiň hasaplanyşynyň takmynanlygy. Suwuň mukdary ölçenende, umumy goýberilýän ýalňyşlyklar 3-4 %

töweregi bolýar.

Hemişe goýberilýän ýalňyşlyklar tötänden goýberilýänlcrc garanyňda ölçegiň netijesine birtaraplaýyn täsir edýär, ölçenýän ululygy köpeldýär ýa-da azaldýar.

Kese kesigiň meýdany ölçenende, goýberilýän ýalňyşlyklaryň sebäpleri aşakdakylardyr:

1. Çuňluk ölçenende ştanganyň ýa-da trosuň dik durmazlygy (çuňluklar köpeldilýär);

2. Akyp gelýän suwuň ştanga degip ýokary galmagy;

3. Derýa düýbüniň topragynyň çuňluk ölçemäge täsiri - toprak ýumşak bolsa çuňluk köpeldilýär, daşly bolsa azaldylýar

we başgalar. Görkezilen sebäpleriň umumy täsiri bilen kese kesigiň meýdany 2-3 %-e çenli köpelýär.

Suwuň tizligi ölçenende, hemişe goýberilýän ýalňyşlyklaryň sebäpleri aşakdakylar:

1. Pyrlawaç takyklanandaky ýalňyşlyklar (takyklanan baglanyşyk çyzygyň göni çyzykly böleginde ýalňyşlyk ±2%-den köp bolmaýar, egri böleginde bolsa ±5%-e çenli bolýar);

2. Takyklananda we onuň bilen tertipsiz hereketli akymyň tizligi ölçenende pyrlawajyň iş şertleriniň tapawutlylygy;

3. Pyrlawajyň ulanylýan döwründe onuň enjamynda sürtülmäniň özgermegi (sürtülme köpelse, ölçenýän tizlikler peselýär);

4. Ýagyň şepbeşikliginiň täsir etraegi (temperatura pese düşse, şepbeşiklik artýar we tersine);

5. Gytak äkymlylygyň hasaba alynmaýan täsiri;

6. Iň aşaky ölçeg geçirilýän nokatdan derýanyň düýbüne çenli diklik boýunça tizligiň paýlanyş çyzgysyny dowam edilmeginiň takyk däldigine girizilýän ýalňyşlyk we başgalar.

Suwuň mukdary kesgitlenende, goýberilýän hemişelik ýalňyşlyklaryň umumy ululygy, köplenç, -1 ,+5% töweregi bolýar.

Suwuň mukdaryny ölçemegiň takyklygyna **is** geçiriliş şertleri hem uly täsir edýärler, meselem, hanada buz bölekleriniň köplügi, suwotunyň hanada we amada köp bolmagy we ş.m. 19.4-nji tablisada suwuň mukdary ölçenende, goýberilýän dürli ýalňyşlyklaryň takmynan ululyklary getirilýär.

19.4-nji tablisa

"Tizlik-meýdan" usuly bilen suwuň mukdary kesgitlenendäki goýberilýän ýalňyşlyklaryň takmynan ululygy (suwuň tizligi pyrlawaç bilen ölçenende)

Ölçeg geçirilýän şertler	Ýalňyşlyk, %	
	Ortaça	Çäkli
Amasyz hana	$\frac{1-2}{2-4}$	2,5-5 5-10
Arnaly hana	3-5	7-12
Otly hana	3-5	8-12
Buzly hana	1-3	2,5-8
Buzly hananyň 20%-den gowragy ýuka buz bilen örtülen	$\frac{5-7}{10-15}$	12-16 25-45
Beýlekilere garanyňda arassa hanaly we ýuwaş akymly daglyk derýalary	$\frac{2-4}{3-5}$	$\frac{5-10}{7-12}$
Harsaňly hanaly we güýçli akymly daglyk derýalary	5-10	12-25

Bellik. Sanawjyda jikme-jik usul bilen suwuň mukdary ölçenendäki goýberilen ýalňyşlyklaryň ululygy, maýdalawjyda esasy usul bilen.

Suwuň mukdary kesgitlenende, goýberilýän ýalňyşlyklara baha bermegiň ýörelge esaslary G.W. Železnýakow we B.B. Danilewiç tarapyndan aşakdaky baglanyşyk görnüşinde ýazylan:

$$\Delta Q=\omega_{\vartheta}\Delta h+\omega\Delta\vartheta+\Delta b\Sigma q \qquad (19.29)$$

bu ýerde:

Δh - çuňluk ölçemegiň hakyky ýalňyşlygy;

$\Delta\vartheta$ - akymyň tizligini ölçemegiň hakyky ýalňyşlygy;

Δb- dikliklerіň aralygyny ölçemegiň hakyky ýalňyşlygy;

ω_{ϑ} - dikliklerdäki ortaça tizlikleriň paýlanyş çyzgysy bilen çäklendirilen meýdan; ω - kese kesigiň meýdany;

Σq- tizlik dikliklerdäki ýönekeý suw inukdarlarynyňjemi.

Hakyky ýalňyşlyklaryň Δh, $\Delta \vartheta$, Δb ululyklary işleriň geçiriliş şertlerine we ulanylýan abzallara baglylykda kesgitlenýär.

Dikliklerdäki ortaça tizlikleriň paýlanyş çyzgysy bilen çäklendirilen meýdan ω_ϑ aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$\omega_\vartheta = \frac{1}{2}\vartheta_1 b_o + \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2} b_1 + ... + \frac{\vartheta_{n-1} + \vartheta_n}{2} b_{n-1} + \frac{1}{2}\vartheta_n b_n \quad (19.30)$$

bu ýerde:

ϑ_1, ϑ_2…-dikliklerdäki ortaça tizlikler;

b_0 - kenar bilen birinji dikligiň aralygy;

b_1,b_2...-goňşy diklikleriň aralygy;

b_n - iň soňky diklik bilen kenaryň aralygy.

Ýönekeý suw mukdarlarynyň jemi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$\Sigma q=h_1\vartheta_1+ h_2\vartheta_2+\ldots+h_{n-1}+\vartheta_{n-1}+h_n\vartheta_n, \quad (19.31)$$

bu ýerde:

h_1, h_2 ..-dikliklerdäki çuňluklar;

ϑ_1, ϑ_2...-dikliklerdäki ortaça tizlikler.

20-nji bap

Gatgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek

20.1. Suwuň ýüzündäki galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek

Suwuň mukdaryny pyrlawajyň kömegi bilen ölçemek mümkinçiligi bolmadyk ýagdaýda (pyrlawaç döwük ýa-da ýok bolsa, derýada buz akýan bolsa we ş.m.) suwuň ýüzündäki galtgalar ulanylýar. Suwuň mukdary uçarlar bilen ölçenende-de, galtgalar giňden ulanylýar.

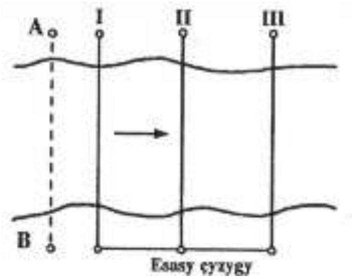
Suwuň mukdaryny ölçemek üçin esasy ölçeg kesiginiň ýokarky we aşaky taraplarynda deň aralykda goşmaça iki sany ölçeg kesigi alynýar. Ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriň aralygy alnanda, galtgalaryň hereketiniň dowamlylygy 20-30 sekuntdan az bolmaz ýaly edip alynýar. Dowamlylyk ýokarda görkezilenlerden az bolsa, goýberilýän ýalňyşlyklaryň täsiri artýar. Gözegçilikleriň görkezmegine görä galtgalaryň hereketiniň dowamlylygy kesgitlenende, ýalňyşlyklar 1-2 sekunda ýetýär. Uly tizliklerde galtgalaryň hereketiniň dowamlylygy kesgitlenende, goýberilýän ýalňyşlyklar tizlik ölçemegiň takyklygyna az täsir edýär. Şonuň üçin hem tizlik 2 m/s-dan ýokary bolsa, galtgalaryň hereketiniň dowamlylygyny az alýarlar, ýöne 10 sekuntdan az bolmaly däl.

Ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriniň aralygy polatdan ýasalan lentanyň kömegi bilen iki gezek ölçenilýär.

Ýokarky ölçeg kesiginiň 5-10 m ýokar-synda galtga goýberilýän ölçeg kesigi bellenilýär, ol kenarda çelgiler bilen bellenilýar. Ol galtgalary suwa goýbermek üçin hyzmat edýär. Derýanyň giňligi 75-100 m-e çenli bo-landa esasy ölçeg kesigi boýunça bellenen tros çekilýär. Ölçeg kesikleriniň ýerleşişi 18.1-nji suratda görkezilýär.

Suwuň mukdary galtgalaryň kömegi bilen ölçenende, suwuň derejesi, suwuň ýüzüniň eňňitligi, şeýle hem çuňluk

öňki beýan edilen usullar bilen kesgitlenýär. Howanyň we derýanyň ýagdaýy “Galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemegiň ýazgysy” diýen kitapçanyň (KG-7) degişli sütünine ýazylýar.



20.1-nji surat. Galtga bilen suwuň mukdaryny ölçemek üçin ölçeg kesikleriniň ýerleşişi. I - ýokarky ölçeg kesigi, II- esasy ölçeg kesigi, III-aşaky ölçeg kesigi, AB- galtga goýberilýän ölçeg kesigi.

Galtgalar bilen suwuň tizligi aşakdaky yzygiderlikde ölçenilýär:

1. Galtgalar goýberilýän ölçeg kesikde derýa yzly-yzyna 15-25 sany galtga giň bolmadyk derýalarda kenardan, giň derýalarda gaýykdan goýberilýär. Galtgalar derýanyň giňligi boýunça bäş-sekiz ýerden goýberilýär. Olar esasy ölçeg kesikden geçende, ikiden-dörtden topar döredip geçer ýaly etmeli;

2. Her galtga ölçeg kesiklerinden geçende, gözegçiler yşarat edýärlcr. Her galtganyň ýokarky ölçeg kesiginden aşaky ölçeg kesigine çenli hereketiniň dowamlylygy sekundomer boýunça kesgitlenýär;

3. Esasy ölçeg kesiginde galtganyň geçýän ýeriniň hemişelik başlan-gyçdan aralygy bellenilýär. Giňligi 20-30 m-e çenli bolan derýalarda bellenen tros çekilen bolsa, bu işi kenarda dump, gözegçilik etmek ýoly bilen hem ýerinc ýetirmek mümkin. Giň derýalarda gözegçilik gaýygyň üstünden geçirilýär, eger-de derýanyň giňligi boýunça bellenen

trosy çekmek mümkinçiligi bolmasa, onda burç ölçeýji gurallar ulanylýarlar.

Galtgalary derýanyň bütin giňligi boýunça goýbermäge mümkinçilik bolmadyk ýagdaýda suwuň ýüzüniň diňe in ýokary tizligi ölçenilýär.

Şeýle ýagdaý güýçli akymly daglyk derýalarynda bolmagy mümkin, galtgalar, esasan, bir topara degişli bolýarlar. Suwuň mukdary suwuň ýüzüniň in ýokary tizligi boýunça ölçenende, işleriň tertibi we düzümi öňki ýaly bolýar, ýöne aşakdaky tapawutlar bilen:

1. Galtgalar derýanyň dine ortasyna taşlanýar, ol ýerde in ýokary tizlik bolýar;

2. Galtgalaryň sany 5-10-a çenli azaldylýar;

3. Galtgalaryň esasy ölçeg kesigini kesip geçýän ýeri kesgitlenmeýär;

4. Hemme goýberilen galtgalaryň içinden hereket dowamlylygy in pes bolan üç sany galtga saýlanyp alynýar.

Suwuň mukdaryny hasaplamak. Eger-de ölçegler derýanyň bütin giňligi boýunça goýberilen galtgalaryň kömegi bilen geçirilen bolsa, onda hasaplamalar aşakdaky yzygiderlikde ýerine ýetirilýär:

1. Esasy ölçeg kesigi boýunça çuňluklary ölçemegiň maglumatlary esasynda kese kesigiň meýdany hasaplanýar;

2. “Galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemegiň ýazgysy” diýen kitapçada ýerleşen gözenek-gözenek kagyzyň ýüzüne her galtga üçin nokat goýulýar, onuň üçin kese ok boýunça hemişelikbaşlangyçdan, galtganyň esasy ölçeg kesigiň çyzygy bilen kesişýäň nokadyna çenli aralyk, dik ok boýunça bolsa ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriň arasynda galtganyň herekctiniň dowamlylygy goýulýar. Goýlan nokatlar boýunça galtgalaryň hereketiniň dowamlylygynyň, derýanyň bütin giňligi boýunça çyzgysyny geçirmeli (20.2-nji surat), şonuň bilen birlikde nokatlar toparynyň deňagramlylyk merkezi göz çaky bilen kesgitlenýär;

3. Eger-de çyzgy birsydyrgyn görnüşli bolsa, onda çyzgyda belli bir aralykda tizlik diklikleri bellenilýär;

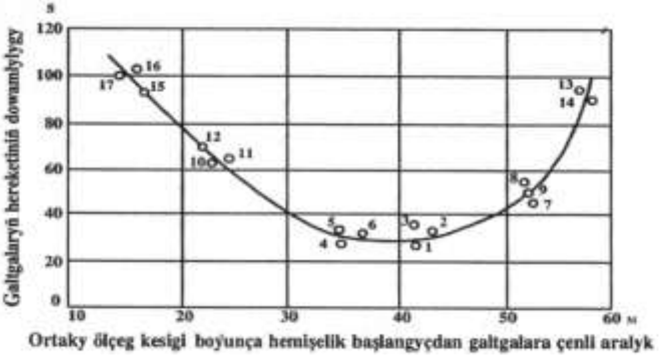
4. Çyzgydan her bir tizlik diklik üçin galtganyň hereketiniň dowamlylygyny tapmaly we suw ýüzüniň tizligini hasaplamaly:

$$\vartheta_i = \frac{l}{t},$$

bu ýerde **t** - galtganyň hereketiniň dowamlylygy, ***l*** - ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriň aralygy;

5. Takmynan suw mukdaryny aşakdaky aňlatma boýunça hasaplaýarlar:

$$Q_f = K\vartheta_1\omega_0 + \frac{\vartheta_1 + \vartheta}{2}\omega_1 + ... + \frac{\vartheta_{n-1} + \vartheta_n}{2}\omega_{n-1} + K\vartheta_n\omega_n$$



20.2-nji surat. Galtgalaryň hereketiniň dowamlylygynyň çyzgysy.

bu ýerde:

ϑ_i- suw ýüzüniň tizlik dikliklerdäki tizligi;

ω_i - tizlik diklikleriň arasyndaky aralygyň meýdany;

K - suwuň gyrasynda akymyň barlygyny hasaba alýan köpeldiji, onuň
kesgitlenişi 12-nji bapda görkezilýär;

6. Hakyky suw mukdaryny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$Q = Q_f K_1, \qquad (20.2)$$

bu ýerde

K_1 - takmynan suw mukdaryndan hakyky suw mukdaryna geçiş köpeldijisi.

Geçiş köpeldijisi suwuň mukdaryny belli bir wagtda pyrlawaç we galtga bilen ölçemek arkaly kesgitlenýär. Pyrlawaç bilen ölçenen suw mukdaryny hakyky diýip kabul etsek, geçiş köpeldijisini aşakdaky gatnaşyk boýunça kesgitlemek mümkin:

$$K_1 = \frac{Q}{Q_f} \qquad (2$$

Beýleki suw derejelerinde K_1 - kesgitlemek üçin birnäçe wagtdaky gapdaldaş ölçegler geçirilýär we K_1 suw derejesine baglylykdaky baglanyşyk çyzgysy gurulýar, ol soňra galtga bilen suwuň mukdary ölçenende ulanylýar.

Geçiş köpeldijisiniňululygy, köplenç, aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen aňladylýar:

$$K_1 = \frac{\vartheta}{\vartheta_{ýüzi}}, \qquad (20.4)$$

bu ýerde

$\vartheta_{ýüzi}$ - suw ýüzüniň ortaça tizligi.

Ýokarda görkezilen usullar bilen kesgitlenen K_1 ýok bolsa, onda ony kesgitlemek üçin aşakdaky tejribe aňlatmalaryny ulanmak bolýar:

$$K_1 = \frac{S}{S+6} \qquad (20.5)$$

$$K_1 = \frac{S^{2/3}}{S^{2/3} + 1,6}, \qquad (20.6)$$

bu ýerde:

S - Şeziniň köpeldijisi, onuň ululygy büdiir-südürlik köpeldijisine **n** baglylykda 5-nji goşmaça jedwel boýunça alynýar. Büdür-südürlik köpeldijisi n 3 we 4 goşmaça jedweller hem-de gidrawliki radius R=$\frac{\omega}{P}$ ululygy boýunça kesgitlenýär;

P - öllenen perimetr (düzlük derýalary üçin R ortaça çuňluga h_{or} deň diýip kabul edilýär we h_{or}= $\frac{\omega}{B}$, **B** -derýanyň giňligi).

Eger-de suwuň mukdary derýanyň diňe esasy akymyna goýberilen galtga arkaly ölçenen bolsa, onda suwuň mukdary şeýle hasaplanýar:

1. Kese-kesigiň meýdany hasaplanýar (çuňlugy ölçemegiň maglumatlary boýunça);

2. Ýokarky we aşaky ölçeg kesikleriň aralygynda, hereketiniň dowamlylygy iň az bolan üç sany galtganyň arifmetik ortaça bahasy görnüşde suw ýüzüniň iň ýokary tizligini kesgitleýärler;

3. Takmynan suw mukdarynyň ululygyny aşakdaky aňlatma boýunça hasaplaýarlar:

$$Q'_f = \vartheta_{ýok}\omega \qquad (20.7)$$

bu ýerde:

ϑ_{ok} - suw ýüzüniň iň ýokary tizligi;

4. Suwuň mukdarynyň hakyky ululygyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$Q=Q'_f K_2, \qquad (20.8)$$

bu ýerde:

K_2 - takmynan suw mukdaryndan hakyky suw mukdaryna geçiş köpeldijisi.

Geçiş köpeldijisiniň ululygyny aşakdaky aňlatma görnüşinde ýazmak bolýar:

$$K_2 = \frac{\vartheta}{\vartheta_{i.u}}, \qquad (20.9)$$

bu ýerde:

ϑ - kese kesikdäki ortaça tizlik;

$\vartheta_{i.u}$- suwuň ýüzündäki in ýokary tizlik.

K_1 we K_2 geçiş köpeldijileriň takmynan ululyklary 20.1 -nji tablisada berilýär.

20.1-nji tablisa

Hananyň häsiýetlendirijisi we akyş şertleri	Köpeldiji	Ortaça çuňluk		
		1 m-den az	1 - 5 m	5 m-den köp
Amatly akyş şertli düzlük derýalary (uly we orta derýalar)	K_1	0,78 -0,86	0,87 -0,88	0,89 - 0,90
	K_2	0,55 -0,67	0,68 - 0,77	0,78 - 0,79
Akyş şertleri amatsyz (ot basan, egrem-bugram, güýçli akymly) uly we orta derýalar.	K_1	0,70 - 0,77	0,78 - 0,85	0,86 - 0,87
	K_2	0,43 -0,54	0,55 -0,65	0,66 - 0,70
Akyş şertleri ýaramaz derýalar (ot basan, käbir ýerde akymsyz suw bolýar) güýçli tizlikli daglyk derýalary.	K_1	0,60 - 0,67	0,70 - 0,79	0,80 - 0,84
	K_2	-	0,43 - 0,60	0,61 - 0,66

Geçiş köpeldijisini K_2 ýokarda görkezilişi ýaly pyrlawaç we galtga arkaly bir wagtda suwuň mukdaryny ölçemegiň maglumatlary esasynda kesgitleýärler. Tejribe maglumatlary bolmadyk ýagdaýda K_2 tejribe aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$K_2 = \frac{S}{1{,}34S + 6} \qquad (20.10)$$

20.2. Çuňlukdaky galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek

Çuňlukdaky galtgalar örän kiçi tizlikli akymlarda ulanylýar. Kiçi tizlikli akymda çuňlukdaky galtgalar ulanylanda, tizligi has takyk ölçemek mümkinçilikleri döreýär.

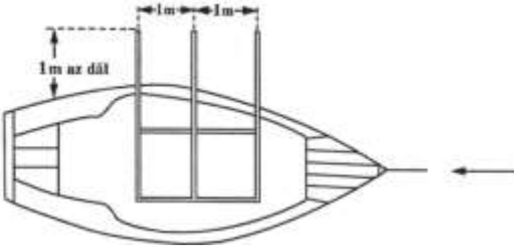
Çuňlukdaky galtgalar ulanylanda (20.8-nji surata seret) tizlik, köplenç, aşakdaky nokatlarda ölçenilýär:

- hanada ot bolmasa we diklikdäki çuňluk 0,5 m-den az bolsa, bir nokatda - 0,6 h; çuňluk 0,5 m-den köp bolsa, iki nokatda - 0,2 h we 0,8 h;

- ölçeg kesikden aşakda we ýokarda hanada suwoty bar bolsa we dikligiň çuňlugy 0,5 m-den az bolsa, bir nokatda - 0,5 h; çuňluk 0,5 m-den köp bolsa, üç nokatda - 0,15 h; 0,5 h; 0,85 h.

Tizlik ölçeg kesiginiň çyzygynda labyryň kömegi bilen saklanýan gaýygyň üstünden ölçenýär. Galtganyň geçen ýoluny kesgitlemek üçin gaýyk reýkalar bilen enjamlaşdyrylýar (20.3-nji surat). Reýkalaryň ujy biri-birinden 1 m aralykda bolmaly we bir çyzykda ýerleşmeli.

Galtgalar taýagyň kömegi bilen ýokarky ölçeg kesiginden 0,25 - 0,5 m ýokardan goýberilýär. Olar goýberilende, gaýykdan 1 m-den köp aralykda bolmaly. Reýkalaryň arasyndaky galtgalaryň hereketiniň dowamlylygy sekundomer boýunça ölçenilýär. Dikligiň her nokadynda azyndan üç gezek ölçeg geçirilýär, şonuň bilen birlikde galtgalaryň hereketiniň dowamlylygynyň tapawudy 10% -den köp bolmaly däl, tersine bolsa, goşmaça ölçegler geçirilýär. Hasaba ortaça dowamlylyk alynýar. Ölçegleriň netijesi “Pyrlawaç bilen suwuň mukdaryny ölçemek” diýen kitapça ýazylýar.



20.3-nji surat. Çuňluk galtgalary bilen tizlikleri ölçemek üçin gaýygy enjamlaşdyrmagyň görnüşi.

Ölçegleriň maglumatlary pyrlawaç bilen tizlik ölçenendäki ýaly, analitik usul boýunça işlenip taýýarlanylýar.

21-njy bap

Hasaplama usuly bilen suwuň mukdaryny kesgitlemek

21.1. Usulyň düýp mazmuny

Bu usulyň düýp mazmuny şundan ybarat, kese kesigiň meýdany ölçeg kesigi boýunça kesgitlenýär. Ortaça tizlik Şeziniň aňlatmasy boýunça hasaplanýar. Suwuň mukdary meýdany ortaça tizlige köpeltmck arkaly tapylýar:

$$Q=\omega\vartheta,$$

bu ýerde:

ω - kese-kesigiň meýdany;

ϑ - Şeziniň aňlatmasy boýunça hasaplanan derýa akymynyft ortaça tizligi. Şeziniň aňlatmasy aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$\vartheta = S\sqrt{Ri}\,, \qquad (21.1)$$

bu ýerde:

S - Şeziniň köpeldijisi, onuň ölçegliligi $m^{0,5/s}$;

R - gidrawliki radius;
i - suw ýüzüniň eňňitligi.

Şeziniň aňlatmasyny suwuň hereketi kadaly bo lan ýagdaýda ulanmak bolýar. **Akymyň gidrawliki bölekleri - kese kesigiň meýdany, çuňluk, giňlik, tizlik hem-de eňňitlik we ş.m. akymyň ugry boýunça üýtgemese, kadaly akym diýilýär.** Köplenç, derýalarda görkezilen şertleri doly berjaý etmek mümkinçiligi bolmaýar. Diýmek, suwuň hereketi kadasyz hem-de durnuksyz bolsa, Şeziniň aňlatmasyny ulanmak bolmaýar. Şeýle ýagdaýda suwuň mukdaryny hasaplama usuly boýunça kesgitlemek kyn bolýar we şu kitapda bu soraga seredilmeýär. Bu barada gidrawlika dersinde maglumat berilýär.

Şeýlelikde, biz suwuň mukdaryny hasaplama usul bilen kesgitlemek üçin Şeziniň aňlatmasyny ulanyp bolýan ýagdaýlara seretdik. Indi birnäçe hasaplanyş usullaryna seredip göreliň.

21.2. Hananyň arnasyz ölçeg kesiklerinde suwuň mukdaryny hasaplamak

Eger-de berlen ölçeg kesiginde suwuň mukdary yzygiderli ölçenen bolsa, ýöne suwuň mukdary mes suwuň derejesinde ölçenmedik bolsa, onda ony kesgitlemek üçin Şeziniň aňlatmasyny ulanmak bolýar. Kese kesigiň meýdany ölçeg kesigi boýunça kesgitlenýär. Şeziniň köpeldijisini kesgitlemek üçin şeýle usul ulanylýar. Öň ölçenen suwuň mukdarynyň maglumatlaryny ulanyp, aşakdaky aňlatma boýunça Şeziniň köpeldijisini hasaplaýarlar:

$$S = \frac{\vartheta}{\sqrt{h_{or} i}}, \qquad (21.2)$$

bu ýerde:

ϑ - derýa akymynyň ortaça tizligi;

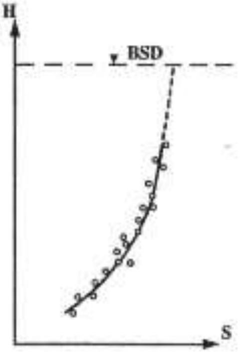
h_{or} - ortaça çuňluk, ony kesgitlemek üçin kese kesigiň meýdanyny derýanyň giňliginebölmeli;

i -suw ýüzüniň eňňitligi. 01 niwelirleme arkaly kesgitlenýär.

Toplanan maglumatlar boýunça Şeziniň köpeldijisiniň suwuň derejesine baglylyk çyzgysyny guryarlar (21.1-nji surat). Suwuň derejesi beýik bolsa, aýratyn hem uly derýalarda Şeziniň köpeldijisi üýtgemeýär diýip kabul edilýär. S=f(H) egri çyzygy suwuň mukdary kesgitlenjek suwuň derejesine çenli dowam edýärler we şeýdip Şeziniň köpeldijisiniň **S** uly suw derejelerdäki bahasy tapylýar.

Şeýle ýokary suw derejelerinde suwuň mukdaryny hasaplamak üçin aşakdaky aňlatmany ulanýarlar:

$$Q = \omega S \sqrt{h_{or} i}, \qquad (21.3)$$



21.1-nji surat. S=f (H) baglanyşygyň çyzgysy.

bu ýerde:

ω- berlen suw derejesindäki kese-kesigiň meýdany;

S - Şeziniň köpeldijisi;

h_{or}- berlen suw derejesindäki ortaça çuňluk;

i - berlen suw derejesindäki suw ýüzüniň eňňitligi.

Suwuň mukdaryny kesgitlemek üçin saýlanyp alnan ölçeg kesiginde öň suwuň mukdary yzygiderli ölçenen bolmasa we Şeziniň köpeldijisini hakyky ölçegler esasynda alyp bolmasa, ol köpeldijini tejribe aňlatma boýunça kesgitleýärler. Köplenç, N.N. Pawlowskiniň aňlatmasy ulanylýar:

$$S = \frac{1}{n} R^{y}, \qquad (21.4)$$

bu ýerde:

n - büdür-südürlik köpeldijisi. Ol 3 we 4 goşmaçalar boýunça derýa

hanasynyň görnüşine baglylykda kesgitlenýär;

R - gidrawliki radius;

y - Pawlowskiniň aňlatmasy boýunça kesgitlenýän dereje görkeziji:

$$y = 2{,}5n - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0{,}10)$$

Pawlowskiniň aňlatmasy boýunça Şeziniň köpeldijisini kesgitlemek üçin ýörite jedwel düzülipdir (5-nji goşmaça tablisa).

Kese kesigiň meýdanyny kesgitlemek üçin, ölçeg kesigininiňugry boýunça iki kenaryň hem suw derejesinden has ýokary bolan bellige çenli ýer üstüniň beýiklik derejesini geodezik abzal bilen ölçemek işleri geçirilýär we hananyň çuňlugy ölçenýär. Şu maglumatlaryň esasynda kese kesik çyzylýar, onuň üstünde joşgun suwlaryň derejesiniň çyzygy geçirilýär, soňra ω we h_{or} hasaplanýar.

Joşgun suwlaryň derejesine gözegçilik edilmedik ýagdaýda suw derejesiniň belligi kenarda galan suwuň yzy boýunça anyklanýar.

Geçen ýyllardaky joşgun suwlaryň yzy ýerli ýaşaýjylardan soramak arkaly kesgitlenýär. Joşgun suwlaryň derejesi kesgitlenende, şol ýokary suw derejesiniň buz üýşüp dörän böwet zerarly bolmadygyny anyklamaly.

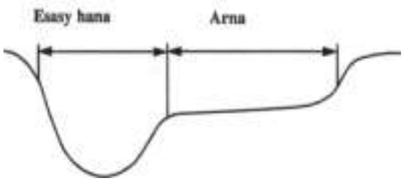
Joşgun geçende suw ölçenýän gözegçilik nokatlarynda eňňitlige we suw derejesine gözegçilik edilmedik bolsa, suwuň ýüzüniň eňňitligini joşgun suwuň galdyran yzyny niwelirleme arkaly takmynan kesgitlemek mümkin.

21.3. Arnadaky ölçeg kesiklerinden suwuň mukdaryny hasaplamak

Arnadaky ölçeg kesiklerde suwuň mukdaryny Şeziniň aňlatmasyny ulanyp hasaplamak üçin ýokarda görkezilen şertler ýerine ýetirilende mümkinçilik döreýär. Ýöne bir zady göz öňünde tutmaly, ol hem suwuň derejesi esasy hananyň erňeginden ýokary galsa we arna çyksa (18.2-nji surat), akymyň akyşynyň gidrawliki şertleri düýpli özgerýär. Birtaraplaýyn amada iki akym ýa-da iki taraplaýyn amada üç akym döreýän ýaly bolýar. Bu akymlar biri-birinden üzňe bolman, özara täsir edişýärler. Amadaky akymyň tizligi esasy hananyňky bilen deňeşdireniňde kiçi bolýar, şol sebäpli şu iki akymyň galtaşýan ýerinde kese ugur boýunça tizligi örän uly bolýar.

Hana we arna akymlarynyň özara täsiri tizligi esasy hanada peseldýär we arnanyň käbir ýerinde bolsa ýokarlandyrýar, aýratyn hem, esasy hananyň golaýynda. Şeýlelikde, esasy hananyň suw geçiriş ukyby peselýär. Şu ýerde bir zady belläp geçmeli, esasy hananyň we arnanyň akyş oklary gapdaldaş bolmasa, özara täsir ediji dereje köpelýär we hananyň suw geçiriş ukyby has peselýär.

Derýanyň arnasynda hana bilen deňeşdireniňde büdür-südürlik köp bolýar. Suw derejesi ýokary bolan arnanyň ölçeg kesiginde Şeziniň aňlatmasy boýunça suwuň mukdary kesgitlenende akymlaryň özara täsiri hasaba alynmaýar. Ony hasaba almak hem örän kyn bolýar. Köp barlaglaryň görkezmegüie görä, ol suwuň mukdarynyň ululygyna şeýle bir täsir hem etmeýär.



21.2-nji surat. Arnadaky ölçeg kesiginiň görnüşi.

Suwuň mukdaryny hasaplamak üçin kese kesik birnäçe böleklerebölünýär (21.2-nji surat). Bölüşdirme çyzygy hananyň iň pes suwly derejesinden başlanyp geçirilýär. Eger-de arnada dürli büdür-südürlikli ýerler bar bolsa, meselem, bir ýerde ösümlik köp bolsa ýa-da agaçlar bolsa, başga ýerde tekiz çemenlik ýa-da sürlen ýer bolsa, onda olary aýratyn böleklere bölýärler we olar üçin suwuň mukdaryny aýratyn hasaplaýarlar. Arnanyň her aýratyn böliincn bölegi we hana üçin M.F.Srybnynyň aňlatmasy boýunça (3-nji goşmaça tablisa) büdür-südürligiň köpeldijisi kesgitlenýär. Uly derýalaryň arnasy üçin hakyky gözegçilikleriň netijcsinde alnan L.A. Wasilýewiň maglumatlaryny ulanmak maslahat berilýär (4-nji goşmaça tablisa). Ýokarda görkezilişi ýaly her bölek üçin Pawlowskiniň aňlatmasy boýunça Şeziniň köpeldijisiniň bahasy tapylýar. Her bölegiň kese-kesiginiň meýdanyny ölçeg kesigiň kese-kesigi boýunça kesgitleýärler. Her bölegiň suw mukdaryny 18.3-nji aňlatma boýunça tapmaly. Suwuň umumy mukdaryny hemme böleklerden geçýän suwuň mukdaryny jemleme arkaly kcsgitlemek bolýar. Suwuň ýüzüniň eňňitligi bütin kese-kesik boýunça birmeňzeş diýip kabul edilýär. Eňňitligiň kesgitleniş ýollary barada ýokarda maglumat berildi.

22-nji bap

22.1. Gidrotehniki desgalar bilen suwuň hasabyny almak

Häzirki bar bolan gidrotehniki desgalar bilen suwuň hasabyny almak gidrawliki aňlatmalar boýunça ýerine ýetirilýär. Onuň üçin bu aňlatmanyň düzümine girýän ululyklary suwuň mukdarynyň köpeldij ilerinden **(m** we **M)** we tizligiň köpeldij isinden (φ) başgalaryny ölçeýärler. Mysal üçin, gift bosagaly suwa basdyrylmadyk suw geçirijiniň aňlatmasy $Q=mbH^{3/2}$. Gös-göni ölçegler bilen **b** we **H** kesgitlenýär. Maglumat kitapçalarynda berilýän **m** bahasyny ulanmak suwuň mukdary kesgitlenende, uly ýalňyşlyklara alyp gelmegi mümkin. Şonuň üçin hem gidrotehniki desgalar ýörite sazlanýar, ýagny **m** köpeldijiler tejribe ýoly bilen kesgitlenýär. Onuň üçin desganyň üstünden suw geçirilýän wagty gidrometriýa abzallarynyň kömegi bilen suw sütüni **H** we suwuň mukdary ölçenýär. Soňra hasaplama aňlatmadaky belli bolmadyk köpeldijileri hasaplaýarlar. **Q, b** we **H** bilip, aşakdaky aňlatma boýunça **m** tapylýar:

$$m = \frac{Q}{bH^{3/2}\sqrt{2g}}$$

Işlemek has aňsat bolar ýaly her bir desga üçin suwuň mukdarynyň jedwelini düzýärler.

Suwy hasaba almak üçin niýetlenen gidrotehniki desga tehniki tarapdan abat bolmaly, dogry görnüşli bolmaly we suw desganyň gädigine birisydyrgyn gelmeli. Desganyň üstünden suw hemişe akyp geçýän bolmaly.

Desgada gözegçilik edilýän nokatlar desganyň takyklygy barlanylmazdan öň bellenilýär. Olar hemişelik we beýikligi üýtgemeýän bolmaly.

Gözegçilik nokatlary bendiň ýokarky böleginde suw geçirijiniň bosagasyndan suwuň 3-4 iň ýokary çuňlugy

aralygynda ýerleşdirilýär. Bendiň aşaky böleginde tizligiň durnuklaşan ölçeg kesiginde gözegçilik geçirilýär.

22.2. Suw ölçenýän ýörite gurluşlar

Suw ölçenýän ýörite gurluşlar wezipeleri boýunça üç sany esasy topara bölünýär:

1. Diňe suwuň hasabyny alýan desga;
2. Suwuň hasabyny alýan we ony sazlaýan desga;
3. Öňünden berlen suw mukdaryny geçirýän suw ölçeýji enjamlar. Suw ölçeýjiler gurluşlary boýunça dürli-dürli bolýarlar, ýagny bent gädikleri (wodosliwler), geýdirilýänler (abzalyň ýa-da enjamyň geýdirilýän bölegi), nowalar we ş.m. Biz olaryň iň köp ulanylýanlary bolan bent gädikleri we nowalaryň üstünde durup geçýäris.

22.3. Bent gädikleri bilen suwuň mukdaryny ölçemek

Suw ölçemek üçin ulanylýan gurluşlaryň has köp ýaýrany bent gädikleridir. Olar gömüşleri boýunça trapesiýa, üçburçly, gönüburçly, parabola we radial bolýarlar.

Bent gädikleri bilen adatça 0,0005-den 10 m^3/s-e çenli bolan suw mukdaryny ölçeýärler. Bular kiçi derýalaryň suw mukdaryny tiz-tizden we takyk ölçemek üçin örän oňaýly desgadyr. Olar suwaryş ulgamlarynyň suwuny paýlamak we akymyny öwrenmek üçin geçirilýän ylmy-barlag işlerinde, şeýle hem gidrawliki laboratoriýalarda giňden ulanylýarlar.

Suwuň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýan bent gädikleriň birnäçesi bilen tanyş bolalyň.

Trapesiýa şekilli bent gädigi deňtaraply trapesiýa görnüşinde bolýar. Onuň has köp ulanylýany gapdal diwarlarynyň eňňitlik köpeldij işi m=0,25 we bosagasynyň giňligi (3-4) **H** bolan trapesiýa görnüşlisidir. Bendiň ýokarky bölegi tarapda bosaganyň beýikligini 0,5 m-den az almak

maslahat berilmeýär. Bent gädigiň üstündäki suw sütünininiň beýikligi 0,05-1,0 m töweregi bolmaly.

Şeýle bent gädikden geçýän suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q=1,86\ bH^{3/2}, \qquad (22.1)$$

bu ýerde b - bent gädigiň bosagasynyň giňligi, m; H- basyş, m.

Adatça, suwuň mukdary jedweller boýunça kesgitlenýär. Trapesiýa şekilli bent gädigiň görnüşi 19.1-nji **a** suratda görkezilýär.

Mysal. Trapesiýa şekilli bent gädigi bilen ölçenen suwuň mukdaryny hasaplamak. Gapdal diwarlarynyň ýapgytlygy 1:1/4 bolan ýuka diwarly bent gädigi. Bosagasynyň giňligi b=l,25 m, bosagasynyň basyşy H=0,35 m.

Işlenişi. Bent gädikleriň giňligini b=l,25 m we basyşy H=0,35 m bolanda, 20.1-nji aňlatma boýunça suwuň mukdaryny hasaplaýarys: $Q=l,86\ 1,25\ 0,35^{3/2}=0,480\ m^3/s$.

Üçburçly bent gädikli gurluş (20.1-nji b surat) dürli üçburçluk görnüşinde kesilýär, onuň kesigininiň burçy ölçenjek suwuň mukdaryna baglylykda 20-120° töweregi bolýar. Olaryň in köp ulanylýany kesik burçy ct=90° bolan üçburçly bent gädigidir. Basyşyň ululygy 0,05 m-den az bolmasa, suwuň mukdaryny ýetcrlik anyk ölçäp bolýar.

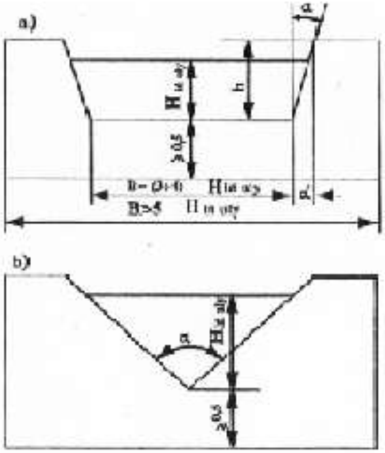
Kesik burçy a=20° bolan bent gädigi üçin suwuň basyşy 0,5m-dcn köp bolmaly däl, kesik burçy 20°-dan, uly bent gädigi üçin suwuň basyşy 1,0 m-den köp bölmaly däl.

Üçburçly bent gädiginden akyp geçýän suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunçakesgitlenýär:

$$Q=\frac{8}{15}\mu\sqrt{2g}\,tg\frac{\alpha}{2}H^{5/2}, \qquad (2$$

bu ýerde

μ - suw mukdarynyň köpeldijisi, ol, takmynan, 0,6-a deň, α-kesigiň burçy.



22.2-nji surat. Trapesiýa (a) we üçburçluk (b) şekilli bent gädikleri.

Kesigiň burçy α=90°deň bolýan üçburçly bent gädiginiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

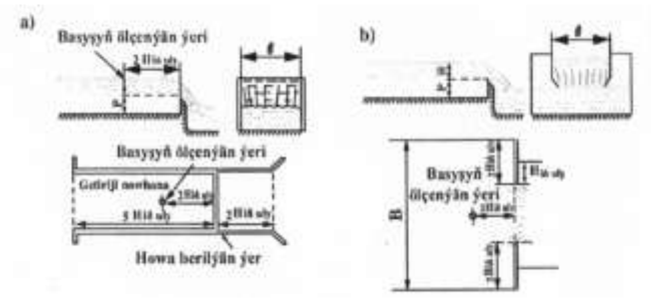
$$Q=1,4H^{5/2} \qquad (22.3)$$

Adatça, üçburçly bent gädiginiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary suwuň basyşyna we kesigiň burçuna baglylykda jedwel boýunça kesgitlenýär.

Mysal. Suwaryş nowhanasynda üçburçly bent gädigi bilen ölçenen suwuň mukdaryny hasaplamaly. Kesigiň burçy α=90°; bent gädiginiň üstündäki suwuň basyşy H=0,36 m.

Işlenişi. Bent gädiginiň üstündäki suwuň basyşyny H=0,36 m 19.3-nji aňlatma goýup alýarys:

$$Q = 1,40\ 0,36^{5/2} = 0,108\ m^3/s = 108\ 1/s.$$



22.2-nji surat. Gönüburçly bent gädiginiň görniişi. **a**-gapdaly gysylmaýan; **b**-gapdaly gysylýan.

Gapdaly gysylmaýan gönüburçly bent gädigiň (22.2-nji **a** surat) nowhananyň bütin giňligi boýunça keseligine kesilen suw geçiriji bent gädigi bolýar. Şeýle bent gädiginiň uzynlygy suwuň in ýokary basyşynyň ýcdi-sckiz essesine deň bolan gönüburçly nowhanalarda gurulýar.

Bent gädigiň aşaky suw geçiriji erňegi nowhananyň düýbünden 0,2 m ýokarda ýerleşmeli, bendiň aşaky bölegindäki suwuň derejesi bolsa, suw geçiriji gädikden 0,1 m-den az bolmadyk aşaklykda ýerleşmeli. Suwuň iň köp basyşy $H_{ýok}$=l,0 m-den köp bolmaly däl. Suwuň iň az basyşy suwuň mukdaryny takyk ölçemegi üpjün etmeli, ol 0,05 m-den az bolmaly däl.

Bent gädigiň üstünden geçýän suwuň mukdaryny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$Q = m_0 b \sqrt{2g}\ H^{3/2},$$ (2

bu ýerde m_0 - suwuň geliş tizligini hasaba alýan suwuň mukdarynyň köpeldijisi, ol aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$m_0 = \left(0{,}405 + \frac{0{,}0027}{H}\right)\left[1 + 0{,}55\frac{H^2}{(H+P)^2}\right];$$ (15

bu ýerde b - bent gädigiň giňligi; H-bent gädigiň üstündäki suwuň basyşy, ýagny bendiň ýokarky böleginiň

suwuň derejesi bilen bent gädigiň depesiniň tapawudy; bendiň ýokarky böleginiň suw derejesi peselme egri çyzygyň täsiri ýetmeýän ýerde, bent gädigiň 2 H-den az bolmadyk aralygynda ölçenýär; **P** - bendiň ýokarky böleginde bent gädiginiň bosagasynyň beýikligi; g-agyrlyk güýjüniň tizlenmesi.

Köplenç, bent gädigiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary bosaganyň beýikligine we bendiň gädiginiň giňligine baglylykda jedweliň kömegi bilen kesgitlenýär. Şeýle jedweller gidrawlika boýunça maglumat kitapçalarynda bolýarlar. Gapdaly gysylmaýan gönüburçly bent gädigi üçin suwuň mukdarynyň köpeldijisiniň bahalary 2-nji goşmaçada berilýär.

Mysal. Gapdaly gysylmaýan ýuka diwarly gönüburçly suwa basdyrylmadyk bent gädigi bilen ölçenen suwuň mukdaryny hasaplamak.

Berilýär: gurluşyň gädiginiň giňligi b=1,5 m, bent gädiginiň bosagasynyň üstündäki basyş H=0,40 m. Bent gädigiň bosagasy bendiň ýokarky bölegi tarapda nowhananyň düýbünden 0,5 m ýokarda ýerleşýär.

Işlenişi. Suwuň mukdaryny 17.4-nji aňlatma boýunça hasaplaýarys. Suwuň mukdarynyň köpeldijisiniň bahasyny 2-nji goşmaça boýunça tapýarys. H=0,40 m we P=0,50 m bolanda suw mukdarynyň köpeldijisi m_0=0,457 bolýar. Hasaplanan ululyklary m=0,457, b=l,5 m, H=0,40 m (suwuň bent gädigine gelýän tizligini hasaba alman) aňlatma goýup, suwuň mukdaryny alýarys:

$$Q = 0{,}457 \times 1{,}5\sqrt{2 \times 9{,}81} \times 0{,}4^{3/2} = 0{,}768\ m^3/s = 768\ l/s$$

Gapdaly gysylýan gönüburçly bent gädiginiň (22.2-nji **b** surat) bosagasynyň giňligi gelýän nowhananyňkydan az bolýar, şonuň üçin hem suw bent gädiginiň üstünden akyp geçende, toplumlaýyn gysylma sezewar bolýar, ol bolsa gapdaly gysylmaýan bent gädigi bilen deňeşdireniňde, suwuň mukdarynyň azalmagyna getirýär.

Gapdaly gysylýan gönüburçly bent gädiginiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary 22.4-nji aňlatma boýunça kesgitlenýär, ýöne suw mukdarynyň köpeldijisi aşakdaky baglanyşyk boýunça tapylýar.

$$m_0 = (0,405 + \frac{0,0027}{H} - 0,03\frac{B-b}{B})[1 + 0,55\frac{b^2}{B^2}\frac{\cdot H^2}{(H+P)^2}],$$

bu ýerde

B-bendiň ýokarky böleginde nowhananyň giňligi.

Köplenç, suwuň mukdary ýörite düzülen jedwelleriň kömegi bilen kesgitlenýär. Bent gädiginiň üstündäki basyşy 0,05-1,00 m aralykda almak maslahat berilýär.

Parabola şekilli bent gädigiň (22.4-nji a surat) kesigi $x^2=2$ py deňlemäniň üsti bilen aňladylýar.

Standart parabola şekilli bent gädigi üçin (p=4 sm bolanda) suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q = 0,576H^2 \quad (22.7)$$

Standart parabola şekilli bent gädikleri üçin basyşyň ululygyny 0,02-0,50 m aralykda kabul etmek maslahat berilýär. Suwuň mukdaryny jedweller boýunça kesgitlemek bolýar.

Üçburçly bent gädigi bilen deňeşdireniňde parabola şekilli bent gädigi kiçi basyşlarda suwuň mukdaryny has takyk ölçemäge mümkinçilik berýär.

Radial bent gädiginiň (22.3-nji **b** surat) diametri 5 mm bolan ýarym töwerek bilen birleşdirilen iki sany aýlawly ýaý görnüşli geçirilen kesigi bar. Ýaýlaryň radiusy 20-60 sm aralykda kabul edilýär. Rugsat bcrilýän in az basyş 5 sm, in ulusy bolsa bent gädigiň kesiginiň radiusynyň 0,8-e çenli. Radial bent gädikleri kiçi suw mukdarlaryny örän takyk ölçemäge mümkinçilik berýär. Suwuň mukdary jedweller boýunça kesgitlenýär.

Suwuň mukdarynyň üýtgeýiş gerimi uly bolsa, ululy-kiçili bent gädikler ulanylýar. Uly suw mukdarlaryny ölçemek

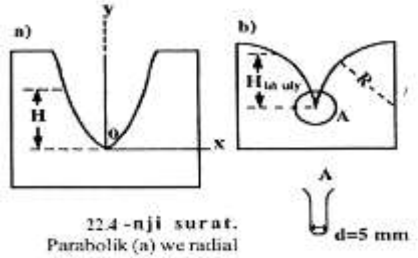
üçin gönüburçly ýa-da trapesiýa şekilli bent gädikleri, kiçi suw mukdarlaryny ölçemek üçin üçburçly ýa-da parabola şekilli bent gädikleri ulanylýar. Olaryň bosagasy uly bent gädikleriniň bosagasyndan aşakda ýerleşýär.

Bent gädikleri bilen suwuň mukdary ölçenende, ygtybarly maglumatlar almak üçin, olar gurnalanda, aşakdaky esasy düzgünleri berjaý etmeli:

1. Suw bent gädigine gelmezden öňürti göni akymly bolmaly, eger-de şeýle bolmasa, bent gädiginden geçende, suwuň gyşyk akymly bolmagy mümkin. Akymyň окy bent gädigiň okuna gabat gelmeli;

2. Bendiň aşaky böleginde suw erkin akar ýaly suwuň derejesi hemişe bent gädiginden aşakda bolmaly;

3. Akyp geçýän suwuň aşagyna howa arkaýyn geler ýaly bolmaly;



22.4 -nji surat. Parabolik (a) we radial (b) bent gädikleriniň görnüşleri.

Giňeldilen agyzly kabul edijiniň çäginde nowanyň düýbi tekiz edilýär, bogazyň düýbi suwuň akýan ugruna tarap 3:8 eňňitlikli, giňeldilen agyzly äkidijiniň düýbi bolsa 1:6 deň bolan ters eňňitlikli edilýär.

Ölçegi uly bolmadyk nowalar polatdan ýasalýar, ulurak nowalar agaçdan, has ululary demir-betondan ýasalýar, nowalar gurlanda, gollanmada görkezilcn ölçegleri berjaý etmeli. Diwarlaryň iç ýüzi tekiz bolmaly.

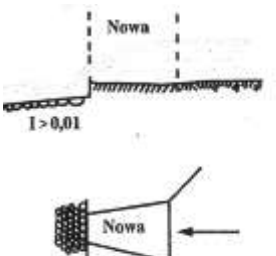
Giňelýän agyzly kabul edijidäki suwuň derejesi bogazyň başlanýan ýerinden 2/3 l aralyga deň bolan ýerde ölçenilýär. Şol ýerde özi ýazýan abzal bilen enjamlaşdyrylan guýy

gurulýar. Eger-de reýka diwaryň daşky ýüzüniň çäginden çykmaýan bolsa, suwuň derejesini nowanyň gapdal diwaryna berkidilen reýka boýunça-da ölçemek bolýar.

Standart nowalar üçin suwuň mukdary ýörite göllanmalarda getirilýän jedweller boýunça kesgitlenýär. Şonuň bilen birlikde suwuň akyşynyň gidrawliki düzgüniniň häsiýetini hem hasaba almak zerurdyr. Standart nowalarda suwuň erkin akyş düzgüni h≤0,7 H gatnaşyk bolanda bolýar. Eger-de h≤0,7 H bolsa, akym erkin bolmaýar. Akym erkin bolmadyk ýagdaýda ýokarky we aşaky böleklerde suwuň derejesini bellemeli. Şeýle ýagdaýda iki reýkanyň hem noly agzy giňelýän kabul edijiniň düýbüniň belliginden başlanýar. Aşaky bölekde suwuň derejesi agzy giňelýän äkidijiniň başlanýan ýerinde ölçenilýär.

Derýa düýbüniň eňňitligi uly bolsa (i=0,01 we uly), gidrometriýa nowalary diňe agzy giňelýän kabul edijili edip gurulýar (20.6-njy surat), bogazsyz we

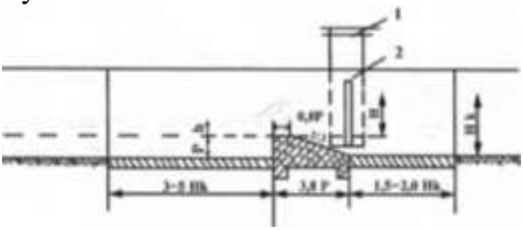
äkidijisiz azyndan 0,2 m aşak düşürýän basgançak gurulýar, onuň yzynda derýanyň düýbi daş bilen berkidilýär. Suwuň mukdary agzy giňelýän kabul edijidäki suw derejesine baglylykda kesgitlenýär, ondan başga-da Q=f(H) baglanyşyk çyzgysy takyklama arkaly gurulýar.



22.4-nji surat. Düýbi uly eňňitli derýalar üçin gidrometriýa nowasy.

SSSR döwründäki Merkezi Aziýanyň suwaryş ylmy-barlag institutynyň (MASYBI) suw ölçeýji bosagasy, çişgini

üýtgäp durýan, şeýle hem hanasy durnuksyz nowhanalarda we akarlarda suwuň mukdaryny ölçemek üçin niýetlenen. Suw ölçeýji bosaganyň esasy häsiýeti we artykmaçlygy, onuň aşaky böleginde h=0,82H çenli bolanyna garamazdan, akymyň erkin akyşa eye bolmagydyr. Derýa düýbüniň getirintgisi näçe köp bolsa-da, bosaganyn işine täsir etmeýär, ýokarky bölegiň düýbi getirintgileriň çökýänligi sebäpli eňňit bolýan hem bolsa Q=f(H) baglanyşyga täsir etmeýär. Gelýän getirintgileriň köpüsi bosagadan geçip gidýär. Suwuň mukdary ýokarky bölekdäki suwuň derejesine baglylykda Q=f(H) baglanyşyk boýunça ýa-da Q=f(H) baglanyşyk esasynda hasaplanan jedwel boýunça kesgitlenýär. Bosaganyn gurluşy we ölçegleri 20.5-nji suratda görkezilýär.



22.5-nji surat. MASYBI-niň suw ölçeýji bosagasy. I-suwuň derejesini ýazýan abzal üçin jaý, 2-bent gädigi.

MASYBI-niň suw ölçeýji bosagasy üçin Q=f(H) baglanyşyk, aňlatma boýunça hasaplamak ýa-da takyklama-pyrlawaç bilen suwuň mukdaryny ölçemek arkaly takyklanýar.

Suw ölçeýji bosaga 1,5-den 15-20 m^3/s-a çenli bolan suwuň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýar.

23-nji bap

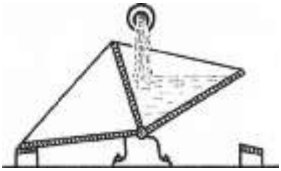
23.1. Göwrüm usuly bilen suwuň mukdaryny ölçemek

Göwrüm usuly suwuň mukdary 5-10 1/s-dan köp bolmadyk ýagdaýda ulanylýar. Bu usul az suwly çeşmeleriň suw mukdaryny ölçemek üçin ulanylýar.

Suwuň mukdaryny gös-göni ölçemek örän ýokary takyklygy berýär, bu az suwuň mukdary ölçenende örän wajyp bolýar. Bu usul bilen suwuň mukdary, ölçeg gapda toplanan suwuň göwrüminiň **V**, ölçenen wagtyň **t** sekundyna bolan gatnaşygy esasynda kesgitlenýär:

$$Q = \frac{V}{t} \qquad (23.1)$$

Ölçeg gabyň göwrümi ölçenjek suwuň azlygyna we köplügine, suwuň göwrümini kesgitlemegiň takyklyk derejesine we suwuň mukdaryny ölçemegiň islenýän takyklygyna baglylykda saýlanyp alynýar.

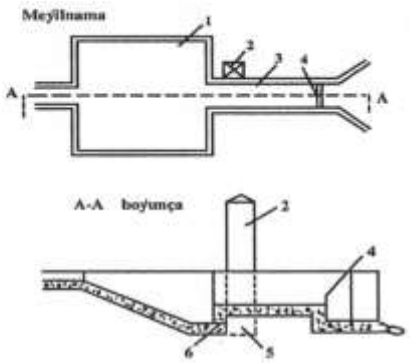


23.1-nji surat. Milnäniň gaby.

Az suw ölçenende, gap hökmünde bedreler, köp suwy ölçemeküçin ulurak gaplar ulanylýar. Gaplar dogry ölçenen we döwlet belligi bilen üpjün edilen bolmaly. Ölçeg gapdaky suwuň derejesi ± 1 mm takyklykda bolar ýaly ölçenýär.

Suwuň mukdaryny ölçemek üçin suw ternaw boýunça ölçeg gaba gönük-dirilýär, şonuň bilen birlikde sekundomer

işledilip başlanýar. Suwuň mukdary 23.1-nji aňlatma boýunça hasaplanýar.



23.2-nji surat. Bent gädigi gurnalanda, suwuň mukdaryny ölçemek üçin gurluş.1 - howuz, 2 - özi ýazýan abzalyň jaýy, 3 - getiriji nowhana, 4 - bent gädigi,5- özi ýazýan abzalyň oturdylan guýusy, 6 - howzy we guýyny birleşdiriji turba.

Enjamlaşdyrylan, özi işleýän gap hökmünde Milnäniň gaby (23.1-nji surat) giňden ulanylýar, ol göwrümi boýunça deň bölünen iki bölekden ybarat.

Bir bölek belli bir derejä çenli suwdan dolanda agdarylýar, onuň deregine ikinji bölek dolýar. Belli bir wagtyň içinde susagyň boşaýşyna gözegçilik edip we susagyň göwrümini bilip, suwuň mukdaryny 23.1-nji aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar.

Eger-de özi ýazyjynyň lentasyna wagt birliklerini we ölçeg susagynyň agdarylyş sanyny ýazsaň, akymy hasaplamagy enjamlaşdyrmak hem bolar.

Bent gädikleii bilen enjamlaşdyrylan guraýan akarlarda akym täzeden dörände, ony hasaba almak üçin bent gädigift diwarlarynyň öň ýanynda ölçeg howzuny gurmak maslahat berilýär. Onuň gurluşy 20.2-nji suratda görkezilýär. Ölçeg howzunyň göwrümini, howzy takyk ölçemegiň we onuň göwrümi bilen reýkanyň ýa-da özi ýazyjy abzalyň

görkezýäniniň özara baglanyşygynyň maglumatlary esasynda hasaplaýarlar.

Bu desga ideg etmek howzy wagtal-wagtal getirintgilerden arassa-lamakdan we onuň göwrüminiň suw ölçeýji desgalaryň görkezýäni bilen özara baglanyşygyny barlamakdan ybaratdyr.

24-nji bap

24.1.Suw desgalarynyň utgaşmalarynda suwuň mukdaryny kesgitlemek

Türkmenistanyň halk hojalygynyň çalt ösmegi suw üpjünçiligi, suw ulagy, gidroenergetika, ýerleri suwarmak we başgalar boýunça birnäçe uly suw hojalyk çärelerini ýerine ýetirmek bilen utgaşdyrylýar. Şol işleriň amala aşyrylmagy netijesinde Turkmenistanyň derýalarynyň, nowhanalarynyň suw düzgüni üýtgeýär.

Akymy sazlanan derýalaryň suwuny gidrometriýanyň ýokarda görkezilen adaty usullary bilen hasaba almak kynlaşýar, köp halatlarda bolsa mümkin hem bolmaýar.

Eger-de gidrometriýa ölçeg kesigi derýada bent gurlandan soň bendiň ýokarky böleginde bolsa, ýagny çişginiň araçäginde, onda kese kesigiň giňligi, çuňlugy we meýdany köpelýär hem-de edil şol wagtda suwuň tizligi peselýär, ol şeýle bir peselýär, hatda ony gidrometriýa pyrlawajy bilen ölçäp bolmaýar. Suw desgalaryň utgaşmalarynyň ýokarky böleginde, çişginiň üýtgäp durmagy sebäpli, suwuň mukdaryny ölçemek kynlaşýar.

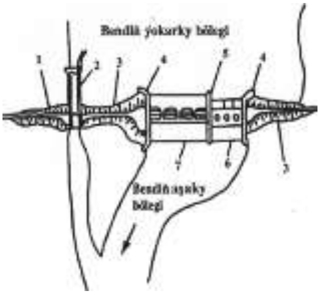
Eger-de gidrometriýa ölçeg kesigi bendiň aşaky bölegine düşse, onda suwuň hereketiniň tiz-tizden üýtgäp durmagy sebäpli suw mukdaryny ölçemek kynlaşýar. Şonuň bilen birlikde suwuň mukdaryny ölçemegiň takyklygy hem peselýär.

Kähalatlarda gidrometriýa ölçeg kesigini çişginiň araçäginden ýokaryk ýa-da suw desgalaryň utgaşmasyndan

aşak geçirmek mümkinçiligi bolýar, şeýle edilende suwuň durnuksyz hereketi bildirip durmaýar. Ýöne bir zady göz öňünde tutmaly, şeýle ýagdaýlarda derýanyň suw ýygnanýan meýdany öňki ýaly bolmaz, ol ölçeg kesigiň ýerleşişine baglylykda üýtgäp durar.

Derýada birnäçe yzygiderli suw desgalarynyň utgaşmalary gurlan bolsa, suwuň çişgini aşaky suw desgalaryň utgaşmasyndan ýokarka çenli ýaýraýan bolsa, gidrometriýa ölçeg kesigini göçürmek mümkinçiligi bolmaýar we suwuň mukdaryny adaty gidrometriýausullar bilen ölçäp bolmaýar. Şeýle ýagdaýlarda suwuň mukdaryny ölçemek üçin GEB-iň turbina ýollaryny, bendiň suw geçiriji gädiklerini, garni geçiriji desgalary we ş.m.-leri ulanyp, akymy suw desgalaryň utgaşmalarynda hasaba almak amatly bolýar. Şonuň bilen birlikde desganyň aşagyna we töweregine siňýän suwuň mukdaryny, şeýle hem gidrotehniki desgalaryň agyz ýapysynyň jebis ýapylmadyk ýerinden akýan suw mukdaryny hasaba almak zerurdyr.

Gidrotehniki desgalaryň utgaşmalarynda suwuň mukdaryny kesgitlemek tejribeleriň görkezmegine görä bu usulyň takyklygy gidrometriýanyň adaty usullarynyňkydan pes bolmaýar. Suwuň mukdaryny suw desgalarynyň utgaşmalarynda kesgitlemegiň, gidrometriýanyň adaty usullary bilen deňeşdireniňde, birnäçe gowy taraplary bolýar, mysal üçin, suwuň, mukdary kesgitlenende oňa derýa hanasyndaky otlar we hananyň durnuksyzlygy, suwuň derejesiniň üýtgäp durmagy, buzuň emele gelmegi hiç hili täsir etmeýär.



24.1-nji surat. Bentli GEB-iň suw desgalarynyň utgaşmasynyň görnüşi. 1- toprakdan gaçy, 2- gämi geçiriji desga, 3- toprakdan bent, 4- birleşdiriji sütünler, 5 - bölýän diwar, 6- GEB-ift jaýy, **7-** üstünden suw akdyryjy bent.

Suwuň mukdaryny suw desgalarynyň utgaşmalarynda kesgitlemegiň usullary, suw desgalarynyň utgaşmalarynyň görnüşine bagly bolýar.

24.1-nji suratda bendiň ýanynda gurlan GEB-iň görnüşi görkezilýär, onuň düzümine gumdan bent, suw geçiriji bent, GEB-iň jaýy, gämi geçiriji girýärler.

24.2-nji suratda suwy sowujyly suw desgalarynyň utgaşmasynyň görniişi görkezilýär. Şu ýagdaýda GEB-iň jaýy bendiň ölçeg kesiginde ýerleşdirilmän, aýratyn gurulýar. Suwy sowujy GEB, köplcnç, daglykdcrýalarynda gurulýar. Garyşyk edip hem gurulýar.

Kiçi GEB-lerde suwuň mukdaryny kesgitlemek. Kiçi GEB-lere kuwwaty 20000 KWt-dan az bolan gidroelektrobeketler degişli bolýar.

Kiçi GEB-de suwy hasaba almak üçin suw dcsgalarynyň utgaşmasynyň hemme gädiklerini takyklamaly, ýagny GEB-iň turbinasynyň ýollaryny, bendiň suw geçiriji gädigini we ş.m. Netijede olaryň suw geçirijiligi anyklanýar. Şonuň bilen birlikde bendiň ýokarky we aşaky böleklerinde suwuň derejesine yzygiderli gözegçilik işleri guralýar, sebäbi takyklama suwuň mukdary bilen suwuň derejesiniň özara

baglanyşyk çyzgysyny gurmagy talap edýär. Suwuň mukdaryny baglanyşyk çyzgysy boýunça kesgitleýärler.

Eger-de GEB-de akym ilkinji gezek hasaba alnyp başlanan bolsa, onda suw desgalarynyň utgaşmalaryny doly öwrenmeli, turbinalary wc bendiň gädiklerini takyklamaly, ýere siňýän we syzýan suwlaryň mukdaryny ölçemeli, suw desgalarynyň utgaşmasynda gidrometriýa işleri we yzygiderli gözegçiliklcri guramaly.

Suw desgalarynyň utgaşmasyny öwrenmck üçin, geçirilýän işleriň maksady, onuň esasy tehniki häsiýetlendirijileriniň, desgalarynyň, gurluşlarynyň we enjamlarynyň ýagdaýyny bilmekden ybaratdyr. Şeýle hem GEB-iň wezipesi we düzgüni kesgitlenýär.

Gidrometriýa işleriniň maksady suw dcsgalarynyň utgaşmasynyň suw geçiriji gädiklerini takyklamak we dürli basyşda GEB-iň turbinalaryndan, bendiň gädiklerinden we başgalardan geçýän suwuň mukdaryny ölçemekden ybaratdyr. Ondan başga-da ýere siňýän we desgalardan syzýan suwuň mukdaryny kesgitleýärler.

Suw desgalarynyň utgaşmasyndan akyp geçýän suwuň umumy mukdaryny aşakdaky baglanyşygyň üsti bilen aňlatmak bolýar:

$$Q = Q_t + Q_b + Q_s + Q_{beýl}, \qquad (24.1)$$

bu ýerde

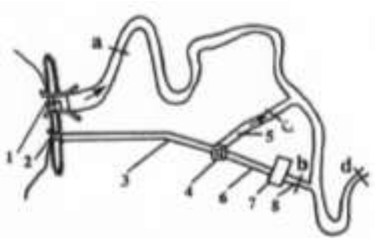
Q_t -turbinanyň üstünden geçýän suwuň mukdary;

Q_b-bendiň üstünden geçýän suwuň mukdary;

Q_s-ýere siňýän we desgalardan syzýan suwuň mukdary;

$Q_{beýl}$-beýleki talaplar (suwarmak, gämi gatnawy we başgalar) üçin ulanylýan suwuň mukdary.

Suw desgalaryň utgaşmasyny takyklamak bu dürli basyşda, turbinalaryň we suw geçiriji gädikleriň açylyş derejesinde ýokarky aňlatmanyň gatnaşyklaryny kesgitlemekden ybaratdyr.



24.2-nji surat. Suwy sowujy GEB-iň görnüşi. 1-bent, 2-suwy sowujy nowhananyň baş desgasy, 3-suwy sowujy nowhana, 4-basyş howzy, 5-ätiýaçlyk suw zyňyjy, 6-geçiriji turba, 7-GEB-iňjaýy, 8-suw äkidiji nowhana. a-bendiň gädigini takyklamak üçin esasy ölçeg kesigi, b-GEB-iň äkidiji nowhanadaky ölçeg kesigi, ç-ätiýaçlyk suw zyňyjynyň gädigini takyklamak üçin ölçeg kesigi, d-jemleýji (barlag) ölçeg kesigi.

Gidrometriýa işler guralanda, suwuň mukdaryny ölçemek üçin gidrometriýa ölçeg kesigi saýlanyp alynýar we enjamlaşdyrylýar, suwuň derejesini ölçeýän gözegçilik nokat gurulýar.

Takyklaýjy ölçeg kesikleriniň ýerleşýän ýeri GEB-iň görnüşine (bentli suwy sowujyly) baglylykda kesgitlenýär. Ölçeg kesikleri suw getiriji we suw äkidiji nowhanalaryň göni akýan böleklerinde ýerleşdirmek has amatly bolýar.

Bentli GEB-de bendiň gädigi takyklananda, şeýle hem ýere siňýän we syzyp gidýän suwuň mukdary kesgitlenende, gidrometriýa ölçeg kesiklerini derýanyň hanasynda bendiň aşaky böleginde ýerleşdirýärler, mümkin boldugyça, desga ýakyn bolmaly (100-400 m).

Suwy sowujyly GEB-lerde takyklanýan ölçeg kesikleriniň takmynan ýerleşişi 24.2-nji suratda görkezilýär. Ölçeg kesigi a, b, ç, d-lerde suwuň mukdaryny gidrometriýa pyrlawajynyň kömegi bilen ölçeýärler.

Suw ölceýji gözegçilik nokatlary bendiň ýokarky we aşaky böleklerinde gurulýarlar. Iki gözegçilik nokadynyň hem ölçeg nokatlarynyň nollary birmeňzeş alynýar, bu suw derejeleriň tapawudy basyşy kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Gerek bolsa, suwuň derejesini özi ýazýan abzallar hem

gurnalýar, ol suwuň derejesiniňyzygiderli üýtgäp durşuny görkezýär.

Her bir takyklanýan ölçeg kesigi reýkaly gözegçilik nokady bilen üpjün edilýar. Eger-de takyklanýan ölçeg kesik derýa hanasynda suw desgalarynyň utgaşmasyndan aşakda ýerleşýän bolsa, onda gazykly gözegçilik nokady gurulýar.

Akymy hasaba almak üçin suw desgalaryň utgaşmasynda yzygiderli geçirilýän gözegçilikler aşakdakylardan ybarat:

1. Bendiň ýokarky we aşaky bölekleriniň suw derejesine yzygiderli gözegçilik etmek;

2. Turbinalaryň açylýan we ýapylýan wagtlaryny bellemek;

3. Bendiň suw geçiriji gädiginiň we beýleki suw geçiriji gädikleriň açylýan we ýapylýan wagtlaryny bellemek;

4. Derýanyň düzgünindäki we suw desgalaryň utgaşmasynyň işleýşindäki hemme özgerişleri bellemek.

Suwuň derejesi we turbinalaryň açylyşy baradaky maglumatlar GEB-iň energiýa öndürijiligini görkezýän kitapçasyna ýazylýar, onda elektroabzallaryň görkezýäni we elektrogüýjenmäniň kilowat-sagatda öndürilişi bellenilýär.

Suw geçiriji gädikleriň açylyşy we ýapylyşy baradaky ýazgylar başga kitapça ýazylýar, onuň ýazylyş nusgasy suw desgalaryň utgaşmasynyň gurluşyna baglylykda kesgitlenilýar.

Turbinalary sazlamagyň maksady kuwwatlylygyň, basyşyň we suwuň mukdarynyň aralaryndaky özara baglanyşygy almakdan ybaratdyr. Eger-de şeýle baglanyşyk takyklamak arkaly alnan bolsa, onda suwuň mukdary belli bolan kuwwatlylyk we basyş boýunça kesgitlenýär. Generatoryň gysgyjynyň kuwwatlylygy hasaplaýjy boýunça kesgitlenýär, onuň kilowat-sagatdaky görkezýänini sagadyň sanyna bölmeli. Basyş suw ölçemegiň gözegçilikleri boýunça kesgitlenýär.

Kuwwatlylygyň, suwuň mukdarynyň we basyşyň arasyndaky baglanyşyk aşakdaky gatnaşyklar boýunça kesgitlenýär. Iş güýjüň we ýoluň köpeldilmegi bilen

aňladylýar. Häzirki şertlerde güýç aşakdaky baglanyşyk arkaly kesgitlenýär:

$$F = Qt\gamma, \qquad (24.2)$$

bu ýerde

Q-suwuň mukdary, mVs;

t-sekunt hasabyndaky wagt;

γ-suwuň göwrüm birliginiň agramy, kg/W.

Güýjüň iş geçirýän aralygy basyşyň **H** ululygyna deň. Onda kuwwatlylyk **N** aşakdaky baglanyşyk boýunça aňladylýar:

$$N = \frac{Qt\gamma H}{t} = 1000\ QH, \qquad (24.3)$$

(2

bu ýerde

N-kg m/s, ýöne kuwwatlylyk, adatça, kilowatda (kWt) aňladylýar.

1 kWt≈102 kg m/s, onda N kilowatda aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

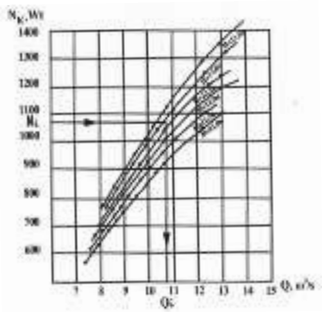
$$N=9{,}81QH \qquad (24.4)$$

Enjamyň (turbina we generator birlikde) hakyky kuwwatlylygy basyşyň ýitmegi sebäpli, aňlatmadan gelip çykýandan az bolýar. Ol ýitgi peýdaly täsir köpeldijisi (PTK) arkaly hasaba alynýar. Enjamyň peýdaly täsir köpeldijisi **η** turbinanyň, generatoryň we reduktoryň peýdaly täsir köpeldijileriniň köpeldilmegine deň:

$$\boldsymbol{\eta=\eta_t\eta_g\eta_r},$$

Peýdaly täsir köpeldijisi hasaba alnandaky enjamyň kuwwatlylygy deňdir:

$$N=9{,}81\eta QH$$



24.3-nji surat. Turbinanyň üstünden geçýän suw mukdarynyň generatoryň gysgyjyndaky kuwwata N we basyşa **H** baglylygy.

ýa-da

$$Q = \frac{N}{KH}, \quad (24.6)$$

bu ýerde:

K=9,81 η.

Kiçi GEB-ler üçin köpeldiji K 6,5-7,5 töweregi bolýar.

Turbinany takyklamak, turbinanyň dürli derejede açylmagyndan we dürli basyşa baglylykda suwuň mukdaryny ölçemekden ybaratdyr.

Turbinany takyklämagyň netijesi suw mukdarynyň kuwwatlylyga we basyşa baglylykdaky çyzgysy görnüşinde taýýarlanylýar Q=f(N,H) (24.3-nji surat). Baglanyşyk çyzgynyň kömegi bilen belli bolan **N** we **H** baglylykda **Q** kesgitlenýär.

Suw geçiriji bent gädiklerini takyklamak, gidrawliki aňlatmalardaky suw mukdarynyň köpeldijisini kesgitlemekden ybaratdyr.

Gidrawliki aňlatmalaryň kömegi bilen deşikden geçýän suwuň muk-dary, basyşyň we deşigiň ululygynyň baglanyşygy görnüşinde tapylýar. Gidrawliki manyda suw desgalaryň utgaşmalarynyň suw geçiriji deşikleri, bent gädikleri ýa-da ýuka diwarly deşikler ýaly işlemekleri mümkindir. Bent gädikleriniň we ýuka diwarly deşikleriň üstünden suwuň akyp

geçişiniň esasy görnüşleri 24.4-nji suratda görkezilýär. Suw geçiriji deşiklerden suwuň akyp geçişiniň esasy görnüşleriniň gidrawliki aňlatmalary aşak-dakylardan ybarat:

a) ýuka diwarly bent gädigiň üstünden akyp geçende (24.4-nji **a** surat):

$$Q = m_0 bQ_{s.b}$$

$$\sqrt{2g}H^{3/2}, \qquad (24.7)$$

bu ýerde:

m_0- suwuň mukdarynyň köpeldijisi, ol suwuň geliş tizligini, akymyň
gapdaldan gysylmagyny hasaba alýar we 19.5-nji ýa-da 19.6-njy
aňlatmalar boýunça kesgitlenýär hem-de ortaça 0,42-0,50 deň;

b-bent gädigiň ini;

$\sigma_{s.b.}$-suwa basdyrylyş köpeldijisi.

Haçanda aşakdaky şertler ýerine ýetirilse, bent gädigi suwa basdyrylan ýagdaýda işleýär:

1) $h_{ab}>P_{ab}$,

2) $\frac{Z}{P_{ab}}<0,75$.

Suwa basdyrylma köpeldijisi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

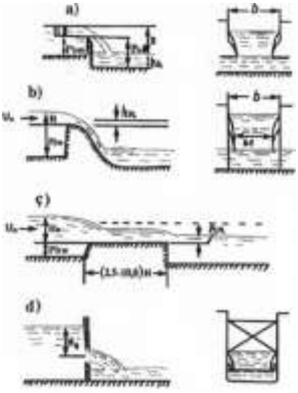
$$\sigma_{s.b.} = 1,05(1 + 0,2\frac{H - Z}{P_{ab}})^3\sqrt{\frac{Z}{H}}, \qquad (24.8)$$

bu ýerde:

H-bent gadiginifi üstündäki basyş, ýagny bendiň ýokarky bölegindäki suwuň derejesi bilen bent gädiginiň gerşiniň belliklериniň tapawudy;

Z-bendiň ýokarky we aşaky bölekleriniň suw derejeleriniň tapawudy (24.4-nji surat);

P_{ob}- aşaky bölek tarapdan bendiň beýikligi.



24.4-nji surat. Suwuň bent gädiginiň üstünden we deşikden akyp geçişi. **a**-ýuka diwarly bent gädigi, **b**-tejribe kesikli bent gädigi, **ç-**giň bosagaly bent gädigi, **d**-ýuka diwardaky deşik (suwa basdyrylmadyk).

b) tejribe kesikli bent gädiginiň üstünden suw akanda (24.4-nji **b** surat);

$$Q=mb_s\sqrt{2g}\ H_0^{3/2}, \qquad (24.9)$$

bu ýerde:

m-suw mukdarynyň köpeldijisi (boşluksyz görniişli bent gädigi üçin m=0,49);

b_s-akymyň gapdalyndan gysylmagy hasaba alnanda bent gädigiň giňligi;

g-agyrlyk güýjüniň tizlenmesi;

H_o-geliş tizligi hasaba alnandaky basyş.

$$H_0 = H + \frac{\vartheta_0^2}{2g}, \qquad (24.10)$$

Bu ýerde:

ϑ_0- bendiň ýokarky böleginiň öňündäki tizlik.

Eger-de şeýle şert ýerine ýetirilse: $\frac{h_n}{H_o} \geq 0,35 - 0,50$ (24.4-nji **b** surat) tejribe kesikli bent gädigi suwa basdyrylan hasap edilýär. Suwa basdyrylan bent gädiginiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q = \sigma_{s.b} m b_s \sqrt{2g} H_o^{3/2} \qquad (24.11)$$

bu ýerde:

$\sigma_{s.b.}$ - suw basmagyň köpeldijisi;

ol - $\frac{h_o}{H_o}$ baglylykda gidrawliki maglumatlar boýunça kesgitlenýär;

ç) giň bosagaly bent gädiginiň (24.4-nji **ç** surat) üstünden akyp geçýän suwuň mukdary 24.9-njy aňlatma boýunça kesgitlenýär, ýöne suw mukdarynyň köpeldijisi **m** bolsa ortaça 0,32-0,38 deň edilip alynýar. Giň bosagaly suwa basdyrylan bent gädiginiň üstünden akýan suwuň mukdary 24.1l-nji aňlatma boýunça kesgitlenýär; köpeldijiler **m** we $\boldsymbol{\sigma_{s.b.}}$ bar bolan maglumatlar boýunça kesgitlenýär;

d) ýuka diwarly suwa basdyrylmadykdeşigiň (24.4-nji **d** surat) üstünden akýan suwuň mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gH_o}, \qquad (24.12)$$

bu ýerde:

μ - suw mukdarynyň köpeldijisi, ol bar bolan maglumatlar boýunça
kesgitlenýär;

ω - deşigiň meýdany;

H_0- geliş tizligi hasaba alýan deşigiň merkeziniň üstündäki basyş.

Ýokarda görkezilen aňlatmalary suwuň mukdaryny kesgitlemek üçin elmydama göni ulanybermek bolmaýar, sebäbi suwuň mukdarynyň köpeldijileri belli bir ýagdaýda kesgitlenende, gidrawliki maglumat kitapçalarda görke-zilenlerden tapawutlybolmagymümkin. Şeýle bolanda köpeldijiler **m** we **μ** takyklama netijesinde tapylýarlar.

Bendiň suw geçiriji deşigini takyklamak, bendiň suw geçiriji deşiginiň açylyş derejesine laýyk gelýän suw mukdaryny ölçemekden ybaratdyr.

Köpeldijiler suw geçiriji deşikler takyklananda, ölçenen suwuň muk-daryna, deşigiň giňligine (b_s) we basyşa (H) baglylykda kesgitlenýär. Geçirilen işleriň we hasaplamalaryň esasynda, dürli açylyş derejede we basyşlarda bent gädikleriniň hem-de deşikleriň suw geçirijilik ukybynyň hasaplama jedweli düzülýär.

Ýere siňýän we desgalardan syzýan suwuň mukdaryny ölçemek.

Suw dcsgalarynyň utgaşmasynyň desgalarynda bolýan ýere siňmäniň we syzmanyň jemi mukdary şulary öz içine alýar:

a) bendiň aşagyndan, GEB-iň jaýynyň aşagyndan, şeýle hem bendiň daşyndan siňip geçýän suwuň mukdary;

b) turbinanyň işlemeýän gönükdiriji enjamlarynyň jebis däldiginden we suw geçiriji deşiklerden syzyp geçýän suwuň mukdary.

Desganyň aşagyndan we gapdallaryndan siňip geçýän suwuň mukdary örän az bolýar we desgadan syzyp geçýän suwuň mukdary bilen birlikde hasaba alynýar.

Ýere siňýän we işlemeýän turbinalaryň gönükdiriji enjamlaryndan syzýan suwuň mukdaryny iki ýol bilen ölçemek mümkin:

- gös-göni bentden aşakda ýerleşen ölçeg kesiginde, ýöne GEB-iň sowujy nowhanasynyň hanasyna çykýan ýerden ýokarda;

- GEB-iň sowujy nowhanasyna çykýan ýerindäki ölçcg kcsikde bolmaly (turbinalar işlemedik ýagdaýda).

Soňky ýagdaýda alnan suw mukdaryndan işlemeýän turbinalaryň gönükdiriji enjamlaryndan syzýan suw mukdaryny aýyrmaly.

Ýere siňýän we desgalardan syzýan ýitginiň basyşa baglylykda üýtgäp durjaklygyny göz öňünde tutmaly, bu bolsa şu soragy ýylyň dürli pasyllarynda basyşyň dürli bahalarynda öwrenmegi talap edýär.

Bendiň suw geçiriji deşiklerinden geçýän suwuň mukdaryny kesgitlemek. Köplenç, howdandan suw bendiň suw geçiriji deşikleriniň üsti bilen derýanyň köp suwly we joşýan döwürleri zyňylýar. Bentden geçýän suwuň mukdary gidrawlik aňlatmalar boýunça basyşa, bent gädiginiň görnüşine we suwuň akyş häsiýetine baglylykda kesgitlenýär. Zyňylýan suwuň mukdaryny hasaplamak üçin hödürlenýän aňlatmalar, adatça, suw desgalaryň utgaşmasynyň taslamasynda görkezilýär.

Tejribede, köplenç, bendiň deşiginiň suw geçiribilijilik ukybynyň baglanyşyk çyzgysy gurulýar, şol baglanyşyk çyzgysy boýunça agyzýapylaryň dürli açylyş ululyklarynda basyşa ýa-da bendiň ýokarky böleginiň suw derejesine baglylykda suwuň mukdary kesgitlenýär.

Ýörite maksatly suw geçiriji deşiklerden (buz geçirijiler, ýuwmak üçin niýetlenen deşikler we ş.m.) akýan suwuň mukdary ýokardaky ýaly kesgitlenýär.

Gämi geçirijiden geçýän suwuň mukdaryny kesgitlemek. Her gämi geçirijide akýan suwuň mukdary guýulýan prizmanyň göwrümi boýunça kesgitlenýär, ol gämi geçirijiniň suw saklaýjysyndan aşaky bölege zyňylýan suwuň göwrümine deň.

Gämi geçirmäniň ortaça gije-gündizdäki suw mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenýär:

$$Q_{g.g} = \frac{V_n}{86400} \qquad (24.13)$$

bu ýerde:

V_n- guýulýan prizmanyň göwrümi;

n - gämi geçirmäniň gije-gündizdäki sany;

86400 - gije-gündizdäki sekundyň sany.

Bir gämi geçiriji üçin guýulýan prizmanyň göwrümi:

$$V = \omega H_{or}$$

bu ýerde

ω - gämi geçirijiniň suw guýulýanynyň meýdany;

H_{or}- gije-gündizdäki ortaça basyş.

Siňýän we syzýan suwuň mukdaryny kesgitlemek. Ýere siňýän suwuň mukdary suwuň desgadan çykýan ýerinde göwrüm usuly boýunça ýa-da siňýän suwy çykarýan sorujynyň öndürijiligi boýunça ölçenilýär, kähalatlarda bent gädikleriň kömegi bilen hem ölçenilýär.

Berkidijili daş garyndysyndan salnan bendiň gabarasyndan siňip geçýän suwuň mukdaryny, bendiň içinden geçýän ötük arkaly hem hasaba almak bolýar.

Suwuň siňmäge bolýan ýitgisi taslamada göz öňünde tutulýar. Köplenç, ol az bolýar. Eger-de siňmäge gidýän suwuň mukdary köpelýän bolsa, onda onuň azalmagy üçin çäre görmeli bolýar.

Agyzýapylardan we işlemeýän turbinalaryň gönükdiriji enjamlaryndan syzyp geçýän suwuň mukdary örän az bolýar.Ol

takmynan hasaba alynýar, köplenç, oňa göz çaky bilen baha berilýär.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş 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» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Şaripow H.N. Gidrawlikadan umumy we tejribe okuw gollanmasy. Aşgabat şäher, TPI 2000.
11. Константинов Ю.М., Гидравлика. 1988.
12. Примеры расчётов по гидравлика. Учебное пособие для вузов. А.Д.Альтщуль, В.И.Калисун ред. А.Д. Альтщуль-М 1976.

13. Л.А.Цыбин, И.Ф.Шанаев. Гидравлика и насосы., М-1986.
14. А.Д.Альтщуль, Животовский С.Л., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика., М-1987.
15. Агроскин И.И. Задачи по гидравлика., М-1984.
16. Гидрология и гидротехнические сооружения: Учебник для вузов по специальности «Водоснабжение и канализация» под ред. Г. Н. Смирнова. М. 1988.
17. Кириенко И.И., Химерик Ю.А., Гидротехнические сооружения. Проектирование и расчет: Учеб. Пособие. К., 1987.
18. Справочник проектировщика. Гидротехнические сооружения/ под ред. В. П. Недригин. М., 1983.

MAZMUNY

Sözbaşy...7
1.Giriş. Suwuklyklaryñ we gazlaryñ esasy fiziki häsiýetleri.
1.1.Gidrawlikanyñ mazmuny we häzirki zaman meseleleri...9
1.2.Gidrawlika ylymynyñ taryhy...............................11
1.3.Suwuklyklaryň we gazlaryň esasy fiziki häsiýetleri.................14
2-nji bap. Gidrostatika.
2.1.Asuda halda suwuklyklara täsir edýän güýçler we gidrostatikanyň esasy meselesi.
2.2.Gidrostatiki basyş we onuň häsiýetleri......................................33
2.3.Gidrostatikanyň esasy deňlemeleri..34
2.4.Gidrostatiki basyşyň görnüşleri we ölçeg birlikleri. Gidrostatiki napor..36
2.5.Paskalyň kanunynyň tehnikada ulanylşynyň mysallary..41
2.6.Suwuklyklaryň tekiz üstlere basyşy...48
2.7.Basyş göwrüminiň we merkeziniň grafo-analitiki usuly bilen kesgitlenilşi..56
2.8.Gidrostatiki paradoks hadysasy..58
2.9.Suwuklyklaryň egri çyzykly üstlere basyşy..67
2.10.Käbir egriçyzykly üstlere gidrostatiki basyşyň mysallary..71
2.11.Arhimediň kanuny. Jisimleriň suwuklyklarda ýüzmegi..75
3-nji bap. Gidrogazodinamçikanyň nazary esaslary.
3.1.Suwuklyklaryň we gazlaryň hereketi barada esasy düşünjeler...82
3.2.Suwuklyk (gaz) herekediniň çüwdürim modeliniň elementleri……………………………………..………..85
3.3.Akymyň görnüşleri...91
3.4.Hereketiň üznüksizliginiň we akymyň mukdarynyň

hemişeliginiň deňlemesi...95
3.5.Elementar çüwdüriminiň hereketiniň differensiýal deňlemesi. Bernulliniň integraly we deňlemesi......................................98
3.6.Hakyky suwuklyk akymlary üçin Bernulliniň deňlemesi...102
3.7.Bernulliniň deňlemesiniň manysyny düşündirmek...106
3.8.Bernulliniň deňlemesiniň ulanylyşynyň mysallary...113
3.9.Meseleler we mysallar..120
3.10.Gidrodinamiki meňzeşlik, masyştablary we kriteriýalary...123
4-nji bap. Gidrawliki garşylyklar we naporyň ýitgileri.
4.1.Gidrawliki ýitgileriň we garşylyklaryň we ýitgileriň görnüşleri...127
4.2.Turbageçirijilerde naporyň ýitgileriniň kesgitlenilişiniň umumy usuly...131
4.3.Gidrawliki akdyryjy ulgamlaryň görnüşleri...133
4.4.Deňölçegli hereketiň esasy deňlemesi...135
4.5.Suwuklyk akymlarynyň hereket kadalary...137
4.6.Laminar kadaly deňölçegli hereketiň esasy gidrawliki häsiýetnamalary...141
4.7.Ýerli garşylyklar we naporyň ýitgileri..146
5-nji bap. Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary.
5.1.Turbageçirijileriň umumy häsiýetnamalary we görnüşleri...173
5.2.Ýönekeý naporly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary we meseleleri..175
5.3.Kwadratly däl garşylykly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary...182

5.4.Turbageçirijileriň gidrawliki hasaplama meselelerniň görnüşleri...185
5.5.Deşikli turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy..190
5.6.Yzygiderli birleşdirlen çylşyrymly turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy..193
5.7.Parallel birleşdirilen turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamasy..195
5.8.Turbageçirijiler setleriniň gidrawliki hasaplamalary...197
5.9.Gysga turbageçirijileriň gidrawliki hasaplamalary...202
5.10.Turbageçirijilerde gidrawliki urgular.......................210
5.11.Gazgeçirijileriň gidrawliki hasaplamalary................215
6. Suwuklygyň deşiklerden we geýdirilýän böleklerden akyp çykmaklygy.
6.1.Ýuka diwardaky kiçi deşikden hemişelik basyşda akyp çykmak...226
6.2.Ýuka diwardaky uly deşik arkaly akyp çykmaklyk...238
6.3.Üýtgeýän basyşda suwuklygyň akyp çykmaklygy...243
6.4.Geýdirilýän bölekler arkaly akyp çykmaklyk...173
6.5.Şepbeşikligiň akyp çykmaklyga täsiri..250
7-nji bap. Gidrometriýa.
7.1. Gidrometriýa we onuň wezipeleri………………......…...264
7.2. Suwy ölçemegiň halk hojalygy üçin ähmiýeti………....268
8-nji bap.
8.1. Türkmenistanyň gidrometeorologiýa gullugy…………269
8.2. Suw ölçeýän beketleriň we gözegçilik nokatlarynyň guralyşynyň, ýerleşdirilişiniň esasy ýörelgeleri………...270
8.3. Gidrometeorologiýa ulgamynyň toparlara bölünişi………………………………………………..272

9-njy bap.
9.1. Suwuň derejesiniň düzgüni barada esasy maglumatlar……………………………………..…275
9.2. Suw ölçenendäki gözegçilikleriň maksady we wezipeleri……………………………………………..276
9.3. Suw ölçeňýän gözegçilik nokatlarynyň gurluşy………………………………………………...278
10-njy bap. Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynyň görnüşleri we gurluşlary.
Suwuň derejesi baradaky maglumatlary işläptaýýarlamak.
10.1. Ýönekeý suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary……………………………………………...282
10.2. Geçiriji suw ölçenilýän gözegçilik nokatlary………...288
10.3. Ýönekeý we geçiriji gözegçilik nokatlarynda iň ýokary hem-de iň pes suw derejeleriňi ölçemek üçin gurallar, abzallar...290
10.4. Suwuň derejesini özi ýazýan «Waldaý» abzaly..291
10.5. Aralyga beriji gözegçilik nokatlary…………........…....294
10.6. Suwuň erkin ýüzüniň uzaboýuna eňňitligini kesgitlemek…………………....................................295
10.7. Suw ölçenilýän gözegçilik nokatlarynyň beýiklik bellikleri………...…..297
11-nji bap.
11.1. Suw ölçeňýän gözegçilik nokadyny gurmak üçin derýadan ýer saýlap almak…...300
11.2. Suw ölçeňýän gözegçilik nokadyny abzallaşdyrmak……...........................………………...305
11.3. Suw ölçeňýän gözegçilik nokadyny barlamak…………………………...........…………...…308
11.4. Suw ölçeňýän gözegçilik nokadyny göçürmek………….............................…………………309
12-nji bap.
12.1. Gözegçiligiň düzümi we möhleti……………………312
13-nji bap.

13.1. Suw ölçenýän gözegçilik nokadynda gözegçilik geçirmek……………………………………………313
14-nji bap.
14.1. Suwuň derejesini özi ýazýan abzalyň lentasyny işläp taýýarlamak……..315
14.2. Suwuň derejesiniň gije-gündizki ortaça bahasyny hasaplamak……………………………………..……317
14.3. Gidrometriýa gözegçilikleriniň netijeleriniň toplumlaýyn baglanyşyk çyzgysyny we suw derejesiniň üýtgäp durmagynyň bilelikdäki baglanyşyk çyzgylaryny gurmak…………………………………………………..317
14.4. Suw ölçenýän iki gözegçilik nokadynyň laýyk suw derejeleriniň baglanyşyk çyzgysy………………...…..321
14.5. Suwuň derejesiniň maglumatlaryny gutarnykly işläp taýýarlamak……………………………………….....322
15-nji bap. Çuňlugy ölçemek.
15.1. Çuňlugy ölçemegiň maksady……………….…….325
15.2. Suwuň çuňlugyny ölçemek üçin ulanylýan abzallar. Gidrometriýa ştangasywe ujy ýükli ýüp. Gidrometriýa profilografy…………………………………………...325
15.3. Çuňlugy ölçemegiň usuly…………………….....329
15.4. Suwuň çuňlugy ölçenende toplanan maglumatlary işläp taýýarlamak...336
16-nji bap. Derýa hanasyndaky suwuň tizligi.
16.1. Suwuň tizligini ölçemegiň maksady. Nokatdaky tizlik...341
16.2. Izotahlar we tahigrafik egri çyzyklar…………………………………………………346
17-njy bap. Suwuň tizligini ölçemek üçin ulanylýan usullar we abzallar.
17.1. Suwuň tizligini ölçeniş usullarynyň görnüşleri…………………………………………..…349
17.2. Gidrometriýa pyrlawaçlary………………………...351
17.3. Gidrometriýa galtgalary bilen suwuň tizligini ölçemek………...364

17.4. Radioaktiw indiktoryň kömegi bilen suwuň tizligini ölçemek……………………………………………….367
17.5. Gidrometriýa turbajygy arkaly suwuň tizligini ölçemek……………………………………………….367
17.6. Elekromagnit ölçeýji bilen suwuň üzligini ölçemek…………………………………………………..370
18-nji bap. Suwuň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýan usullar barada umumy düşünjeler.
18.1. Suwuň mukdary barda düşünje. Suwuň mukdarynyň modeli...371
19-njy bap.
19.1. Suwuň mukdaryny ölçemek.......................................376
19.2. Gidrometriýa ölçeg birligi...377
19.3. Gidrometriýa ölçeg kesigini abzallaşdyrmak………...383
19.4. Suwuň mukdaryny hasaplamak..................................388
19.5. Gidrometriýa pyrlawajy bilen ölçenen suwuň mukdarynyň takyklygy...403
20-nji bap. Gatgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek.
20.1. Suwuň ýüzündäki galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek……………………………………………….408
20.2. Çuňlukdaky galtgalar bilen suwuň mukdaryny ölçemek...416
21-nji bap. Hasaplama usuly bilen suwuň mukdaryny kesgitlemek.
21.1. Usulyň düýp mazmuny..417
21.2. Hananyň arnasyz ölçeg kesiklerinde suwuň mukdaryny hasaplamak..418
21.3. Arnadaky ölçeg kesiklerinden suwuň mukdaryny hasaplamak……………………………………….421
22-nji bap.
22.1. Gidrotehniki desgalar bilen suwuň hasabyny almak..423
22.2. Suw ölçenýän ýörite gurluşlar...................................424
22.3. Bent gädikleri bilen suwuň mukdaryny ölçemek………...………...424

23-nji bap.
23.1. Göwrüm usuly bilen suwuň mukdaryny
ölçemek…………………………………………..…..433
24-nji bap.
24.1.Suw desgalarynyň utgaşmalarynda suwuň mukdaryny
kesgitlemek……………………………………………..435
Edebiýatlar……………………….…………………...450