

A. Durdykow

AKYMY SAZLAMAK

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat
“Ylym” neşirýaty
2013

Durdykow A.

D 77 **Akymy sazlamak.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. –
A.: Ylym, 2013. – 324 sah.

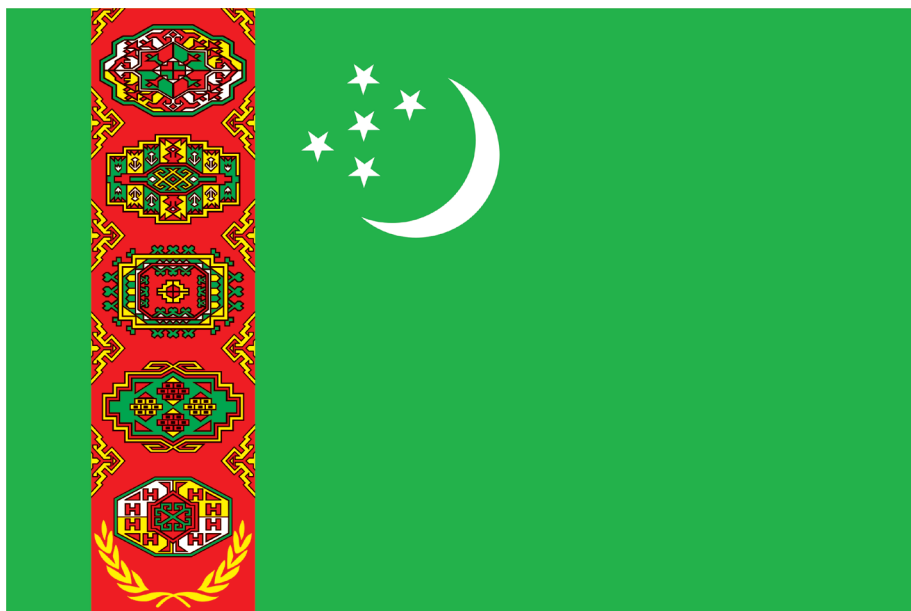
Okuw kitabynda akymy sazlamagyň wezipesi, görnüşleri we hasaplanyş usullary öwrenilýär. Şeýle hem suw howdanlarynyň ölçeglerini, howdanda bolýan suw ýitgilerini kesgitlemek we akymy sazlamak bilen baglanyşykly meseleleri çözmekde birnäçe degerli maslahatlar berilýär.

Okuw kitaby, esasan, ýokary okuw mekdeplerinde akymy sazlamak dersini öwrenýän talyplar üçin niýetlenilýär. Suw hojalygynyň akymy sazlamak bilen meşgullanýan işgärleri hem bu kitapdan özlerine degişli sowallara degerli jogap tapyp bilerler.

**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

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

Gaytalama:

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

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

Gaytalama:

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

GIRIŞ

Türkmenistan Watanymyz öz ösüş ýolunda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwrüne ynamly gadam basdy. Ýurdumyzyň halk hojalygynyň hemme pudaklary pajalap ösýär. Täze zawodlar, fabrikler, suw desgalary, münlerçe kilometrlere uzalyp gidýän gaz geçirijileri, demir we awtomobil ýollary gurulýar. Şeýle hem halkymyzyň durmuş hal-ýagdaýy gitdigiçe gowulanýar, şäherlerimiz we obalarymyz abadanlaşdyrylýar.

Türkmenistan döwletimiz öz syýasy garaşsyzlygyny alan ilkinji günlerinden başlap, azyk garaşsyzlygyny gazanmak maksady bilen, ýurdumyzyň halk hojalygynyň in iri we suwy köp talap edýän pudaklarynyň biri bolan oba hojalyk pudagyny ösdürmek meselesine yzygiderli üns berýär. Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow ýurdumyzyň Baştutanlygyna saýlanandan soňra, beýleki pudaklar bilen bir hatarda, oba hojalyk pudagynyň ösüş depgini has-da güýçlendirildi.

Hormatly Prezidentimiz oba hojalyk pudagyny ösdürmek meselesini hemişe üns merkezinde saklaýar. Ministrler Kabinetiniň mejlisleri geçirilende, esasy çözülýän meseleleriň aglabasy oba hojalyk pudagyny ösdürmäge degişli bolýar. Ondan başga-da Hormatly Prezidentimiziň tagallasy bilen, oba hojalyk pudagyny ösdürmäge bagyşlanan birnäçe ýurt möçberinde Ýaşulularyň Maslahaty geçirildi. Şol Maslahatlarda-da esasy garalan meseleler oba hojalyk pudagyny ösdürmäge degişli meseleler boldy.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow geçirilen Maslahatlarda çykyş edip, ýurdumyzyň oba hojalyk syýasatynyň esasy maksadynyň ýurdu-myзда azyk garaşsyzlygyny gazanmakdan, bazarlarymyzy oba hojalyk önümleri bilen doldurmakdan, şeýle hem dürli görnüşli we ýokary hilli azyk önümlerini daşary ýurt bazarlaryna çykarmagy ýola goýmakdan, netijede bolsa, halkymyzyň durmuş hal-ýagdaýyny gowulandyrmakdan ybaratdygyny öwran-öwran nygtady.

Mysallardan görşümüz ýaly, Hormatly Prezidentimiz Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe oba we suw hojalyk işgärleriniň önünde oba hojalyk ulgamyňy ösdürmek boýunça uly wezipeler goýýar. Şol wezipeleri amala aşyrmak üçin bolsa ýeterlik ýer we suw serişdelerimiz bolmalydyr. Biziň ýer serişdelerimiz ýeter-

likdir, ýöne oba hojalyk pudagymyzyň ösüşi suw serişdelerimiziň ýeterlik derejede bolmagy bilen hem berk baglanyşyklydyr.

Ýurdumyzyň halk hojalygynyň medeni derejesiniň şeýle güýçli depginde ösmegi bilen bir wagtda suwa bolan talap hem artýar. Eger-de ýurdumyzyň bar bolan suw serişdeleri suwa bolan talabymyzy ýaňy-ýakynda hem kanagatlandyran bolsa, häzirki döwürde suwa bolan talabyň has artýanlygy sebäpli ýyl-ýyldan diýen ýaly suw ýetmezçiligi duýulýar.

Suw ýetmezçiligi, ilkinji nobatda, ýylyň az ýagynly pasyllarynda duýlup başlanýar, soňra bolsa has az suwly ýylyň akymynyň hem ýeterlik bolmaýanlygy mälim bolýar.

Türkmenistanyň dünýäniň gurak we yssy klimatly zolagynda ýerleşýänligi, ýerlerde diňe suwarymly ekerançylygyň alnyp barylýanlygy sebäpli, oba hojalyk ulgamyny ösdürmegiň ygtybarly girewi suw serişdelerimiziň ýeterlik bolmagydyr.

Alymlaryň tassyklamalaryna görä, ýurdumyzyň suw ätiýaçlygynyň umumy göwrümi 32 mlrd m^3 töweregidir. Onuň 25 mlrd m^3 -i ýerüsti suwlar, 1,3 mlrd m^3 -i ýerasty süýji suwlar, galany zeykeş suwlardyr. Häzirki wagtda ýerüsti suwlarymyzyň hemmesi diýen ýaly ulanylýar, şonuň takmynan 96%-i oba hojalyk pudagy üçin ulanylýar. Ýerasty süýji suwlaryň ulanylmagynyň kynlygy we ýerleşişiniň dagynklygy sebäpli, ol häzirlilikçe, esasan, agyz suwy we durmuş zerurlyklary üçin ulanylýar.

Görşümüz ýaly, ýurdumyzyň bar bolan suw serişdeleri häzirki wagtda doly ulanylýar diýen ýaly. Şoňa görä-de mundan beýläk oba hojalygymyzyň önüm öndürjiligini artdyrmak diňe ekinleriň hasyllylygyny ýokarlandyrmagyň we suwy tygşytly ulanmagyň, täze ekerançylyk meýdanlaryny açmagyň hasabyna amala aşyrylar.

Ekerançylykda suwy tygşytly ulanmak barada alymlaryň geçiren ylmy-barlag işleriniň netijesine görä, ekinler suwarylanda suwarmak üçin alynýan suwuň 40%-i bugarma we ýere siňme zerarly ýitýär. Şol suw ýitgisiniň möçberini azaltmak üçin geljekde oba we suw hojalyk işgärleriniň esasy çözmeli meseleleriniň biri suwy tygşytly ulanmak meselesidir.

Suw serişdelerini tygşytly ulanmagyň esasy usullarynyň biri hem, derýa akymyny emeli usulda sazlamakdyr.

Türkmenistanyň derýalarynyň akymynyň tebigy paýlanylyşy ýylyň we köp ýylyň dowamynda endigan bolmaýar. Ýyllyk akymyň köp mukdary (50-90%-i) ýaz paslynda derýa joşanda akyp geçýär, galan wagty bolsa suwuň mukdary örän azalýar ýa-da derýa doly guraýar. Şeýle ýagdaý bolsa halk hojalygyny, şol sanda oba hojalygyny suw bilen öz wagtynda ýeterlik mukdarda üpjün etmäge päsgelçilik döredýär. Şol tebigy näsazlyklary düzetmek üçin bolsa derýa akymyny sazlamagyň hökmany zerurlygy ýüze çykýar. Akym sazlananda derýanyň suwunyň ulanylýan mukdardan artyk bolýan göwrümi howdanda saklanylýar we suwuň has köp mukdarda talap edilýän wagtynda bolsa şol howdanda saklanylan suw ulanylýar.

Ýurdumyzyň suw serişdelerini tygşytly ulanmakda, suwy tygşytly ulanmaga mümkinçilik berýän suwaryş usullaryny önümçilige ornaşdyrmagyň, suwaryş ulgamlaryny kämilleşdirmegiň, ylmyň gazananlaryny önümçilige ornaşdyrmagyň, şeýle hem oba we suw hojalyklaryna degişli ýokary okuw mekdeplerinde taýýarlanylýan hünärmenleriň bilim derejelerini ýokarlandyrmagyň ähmiýeti örän uludyr. Ýokary okuw mekdeplerinde suw hojalygy üçin taýýarlanylýan hünärmenleriň bilim derejelerini ýokarlandyrmakda bolsa “Akymy sazlamak” dersini öwrenmegiň hem ähmiýeti örän uludyr.

Halkymyz suwy şeýle tygşytly ulanyp, oňa ýokary sarpa goýup, asyrlaryň dowamynda gurak we yssy klimat şertlerinde ýerli ýagdaýa görä ýaşap gelipdir, suwuň her bir damjasyny altyna-zere deňäpdir. Häzirki döwürde bolsa suwa goýulýan hormat döwlet derejesine ýetirilip, 1995-nji ýyldan bäri her ýylyň aprel aýynyň ilkinji ýekşenbesinde “Suw damjasy – altyn dānesi” Milli baýramçylygymyz dabaraly belleni lip gelinýär. Halkyň milli ýörelgesine öwrülen şeýle dāp bolsa dirilik çeşmesi bolan suwuň türkmen halky üçin örän mukaddesdigini aňladýan ýagşy alamatdan nyşandyr. Mukaddes zat bolsa hiç haçan isrip edilmeýär.

I BAP

SUW AKYMYNY SAZLAMAGYŇ WEZIPELERI WE GÖRNÜŞLERI

1.1. Akymy sazlamak barada umumy düşünje

Akymy sazlamak diýlip derýanyň in soňky ölçeg kesiginde, suwy ulanyjylaryň we suwy sarp edijileriň talaplaryna laýyklykda, şeýle hem joşgunyň garşysyna göreşmek üçin derýa akymynyň göwrümini wagt içinde täzeden emeli usulda paýlamaklyga aýdylýar. Akym suw howdanlarynyň kömegi bilen sazlanýlar, derýalaryň joşyan wagtyndaky artykmaç suwlar howdanda saklanýlar we suwuň has köp talap edilýän wagty bolsa howdandan alynýar.

Akymy sazlamak suw hojalygynda özbaşdak ugur bolmasa-da, birnäçe suw hojalyk meseleleri çözülende, mysal üçin, suw üpjünçiliginde, ýerleri suwlulandyrmakda we suwarmakda, suw energiýasy ulanylanda we ş.m. örän uly kömekçi çäre bolup hyzmat edýär. Suw serişdelerini ulanmagyň möçberiniň artmagy bilen akymy sazlamaga bolan talap hem artýar. Häzirki döwürde ýurdumyzdaky uly suw hojalyk çäreleriň hemmesi diýen ýaly akymy sazlamaga esaslanyp çözülýär.

Akymy sazlamak, köplenç, suw meselelerini çözmekde gerek bolýan örän wajyp usuldyr. Şäherleriň we obalaryň suw üpjünçiliginde, ýerleri suwlulandyrmakda we suwarmakda, suw energiýasyny ulanmakda, gämi gatnawynda, suw joşgunynyň hem-de siliň önüni almakda we ş.m. onuň ähmiýeti örän uludyr. Ondan başga-da suw serişdelerini toplumlaýyn ulanmakda, ýurduň ykdysady we durmuş taýdan ösmeginiň meýilnamasyny düzmekde, öndüriji güýçleri ýerleşdirmekde, tebigaty goramakda hem onuň ähmiýeti uludyr. Akymy sazlamak, köp halatda, has hem Türkmenistanyň gurak klimatly şertlerinde halk hojalygyny suw bilen üpjün etmegiň ýeke-täk ýoludyr.

Ýurdumyzda suw akymyny sazlamak çäreleriniň güýçli depginde ösmegi Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň oba hojalygyny ösdürmek boýunça alyp barýan işleri bilen aýrylmaz baglanyşyklydyr.

1.2. Akymy sazlamagyň taryhy

Adamzat örän ir döwürlerden bäri derýalaryň akymyny öz islegine görä ulanmak niýeti bilen, derýanyň tebigy düzgünine aralaşyp başlapdyr. Akymy sazlama-

gyň ilkinji synanyşyklarynyň mysaly hökmünde oba hojalyk ekinlerini suwarmak üçin gurlan bentlerdir howuzlary we howdanlary getirmek bolar. Şeýle görnüşli akymy sazlamagyň galdyran yzlary medeniýetiň irki ýaýran ýerlerinde (Müsürde, Hindistanda, Hytaýda) arheologlar tarapyndan tapyldy we biziň eramyzdan öňki döwrüň 4-6 müň ýyllyklaryna degişli. Türkmenistanda hem suwy öwrenmegiň we ulanmagyň taryhy asyrlaryň jümmüşine aralaşyp gidýär. Mysal üçin, suwaryş ulgamlarynyň iň gadymy yzlary Köpetdagyň eteginde Änewden daş bolmadyk ýerde tapyldy. Alymlaryň tassyklamalaryna görä, 5000 we ondan hem köp ýyl mundan ozal Änew düzlüginde ak bugdaý ekilipdir. Diýmek, derýa akymyny sazlamagyň we suw serişdelerini ulanmagyň gadymylygy boýunça biziň ýurdumyz hem ýokarda sanalyp geçilen döwletler bilen bir hatarda durýar diýsek ýalňyşmays.

Belli grek taryhçysy Gerodot (biziň eramyzdan öňki VI-V asyrlar) Murgap we Tejen derýalarynda gurlan bentleriň nähili mertlik, gaýratlylyk, pidalar çekilip gurlandygyny haýran galyjylyk bilen belleýär. Gerodot derýalaryň ýakasynda ýerleşen obalaryň we şäherleriň gőzelligini wasp edip, şeýle ýazypdyr: «Bu ýerleriň obalary we şäherleri durşuna gür baglyga bürenen. Ekinzarlyklaryň ümmölmez meýdany ýaýlyp ýatyr. Bular ýaly tokaýlygy, çemenzarlygy dünýäniň hiç bir ýerinde görmedim». Gerodot bentleriň kömegi bilen suw degirmenleriniň işledilişine uly baha beripdir.

Soňra VII asyrdan Murgap oazisine gelen araplar şol ýerde gurlan gidrotehniki desgalara uly baha beripdirler. Mekgä, Medinä garanyňda ol ýerde ekerançylygyň has ýokary derejede alnyp barylýandygyna göz ýetiripdirler. Murgap derýasynyň ekerançylyk üçin giňden peýdalanylan we suwaryş desgalaryň gurluşygynyň has ýokary derejede bolan wagty seljuklaryň döwri (IX we X asyrlar) hasaplanylýar. Görnükli rus taryhçysy B.B.Bartoldyň belleýşine görä, şol wagtlar Basra we Mekge şäherleriniň töwreginde nowhanalary we gatlalary gurmagy araplara Murgabyň kenar ýakasynda ýaşan suw gurluşykçylary «Gidrotehnikler» öwredipdirler. Diýmek, şu ýerden gelip çykyşyna görä, “halkymyzyň suw serişdelerini ulanmak maksady bilen uly desgalary gurup başlan wagty gadym zamanlaryň jümmüşine aralaşyp gidýär” diýsek ýalňyş bolmaz.

1.3. Akym sazlanandaky suw hojalyk hasaplamalaryň esasy wezipeleri we elementleri

Derýalaryň tebigy suw mukdarlaryny wagty içinde täzeden paýlamak iki esasy maksatdan ybarat bolýar: birinjisi, az suwly döwürde tebigy suw mukdarlaryny köpeltmek; ikinjisi, suw joşgunynyň ýa-da köp suwly döwrüň maksimal suw mukdarlarynyň zyýanly täsirini azaltmak.

Her ýagdaýda-da meseläniň iki hili goýulmagy mümkin:

1. Gerek bolan peýdaly sarp etme R berlen birinji ýagdaý üçin, ýa-da maksimal suw mukdarynyň talap edilýän azalmagy ΔQ berlen ikinji ýagdaý üçin we howdanyň laýyk göwrümini W kesgitlemek talap edilýär.

2. Berlen anyk şertlerdäki (mysal üçin, geologik şertler boýunça ýa-da suw almak şertler boýunça) howdanyň göwrümi W berlen we peýdaly sarp etmäni R ýa-da howdanyň berlen göwrümindäki maksimal suw mukdarlarynyň bolup biljek ΔQ azalmasyny kesgitlemek talap edilýär.

Iki ýagdaýda-da iki ululyklar W we R (ýa-da ΔQ) funksional baglanyşykda bolýarlar. Şonuň bilen birlikde umumy ýagdaýda üçünji meseläniň hem düş gelmegi mümkin:

3. W we R (ýa-da ΔQ) ululyklaryň ykdysady taýdan iň amatly utgaşmasyny tapmaly.

Şu bapda ýokarda agzalan hasaplama ýagdaýlaryň birinjisiniň üstünde durup geçeris. Joşgunyň ýa-da köp suwly döwrüň maksimal suw mukdarlaryny azaltmak maksady bilen, akymy sazlamak baradaky soraglara XII bapda serederis.

Suw hojalyk hasaplamalar geçirilende, hasaplamanyň esasy elementlerini kesgitlemegiň ähmiýeti örän uludyr. Akymy sazlamak üçin gurulýan howdan derýanyň tebigy düzgünine diňe bir akymy täzeden paýlamaga degişlilikde özgerişler girizmän, başga-da birnäçe özgerişler girizýär. Mysal üçin, suw ýüzüniň bugarmanyň ululygynyň özgermegi we derýa getirintgileriniň howdana çökmegi üçin amatly şertler döreýär. Beýleki tarapdan, howdanda saklanýan suwuň belli bir mukdary hemişe howdanyň hanasyndan ýere siňme zerarly ýitip gidýär.

Şol ýagdaýlarda laýyk hasaplamalary geçirip, hasaba almaly.

Howdandan bugarma we ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgileriniň ululygyny, howdanda saklanýan suwuň ýüzüniň meýdany we göwrümi esasynda kesgitleýärlər. Şonuň üçin hem şol ýitgileri kesgitlemek üçin gurulmagy göz önünde tutulýan howdanyň häsiýetlendirijilerini bilmeli. Bu häsiýetlendirijileri diňe howdany gurmak üçin amatly ýer saýlanyp alnandan soň anyklap bolýar. Howdany gurmak üçin amatly ýer saýlanyp alnanda, ýörite gözlegler esasynda şol ýeriň gidrologik, geologik, şeýle hem gurluşyk şertleri öwrenilýär.

1. Howdanyň guruljak ýeriniň gidrologiki şertleri edebiýat we ön toplanan maglumatlar, şeýle hem ýörite ýerine ýetirilen gözegçilikler esasynda aýdyňlaşdyrylyp bilner. Gidrologiki şertleriň aýdyňlaşdyrylmagynyň ahyrky wezipeleri: tebigy akymy dogry hasaba almak, bugarma we ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgileriniň şertlerini aýdyňlaşdyrmak, howdanyň gömülmeginiň möhletini anyklamak.

2. Etrabyň topografiýasy howdan gurmak üçin amatly ýer saýlananda gerek bolýar. Şol saýlanyp alnan ýerde, gidrotehniki desgalary gurmak az çykdajyly we az suwly ýitgili bolup, gerek bolan suwuň göwrümini toplamak has aňsat bolmaly.

3. Etrabyň geologiýasy ýere siňip ýitýän suwuň möçberini we esasy desgalaryň görnüşlerini kesgitleýärler. Şunuň bilen baglylykda aýratyn jikme-jik geologik gözlegler bent we beýleki desgalaryň, mysal üçin, gidrostansiýalaryň guruljak ýerinde geçirilmeli.

4. Etrabyň gurluşyk şertleri (gatnaw ýollary, gurluşyk çig mallary, işçi güýjüniň bolmagy) desgalaryň bolup biljek bahalaryny kesgitleýärler.

Suw hojalyk hasaplamasynyň esasy elementleri şulardan ybarat:

- derýanyň hasaplama tebigy akymy;
- suwy peýdaly sarp etme;
- howdanyň häsiýetlendirijileri;
- howdanyň ýüzüniň bugarmasy zerarly bolýan suw ýitgileri;
- howdandan ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgileri;
- howdanyň gömülme häsiýetlendirijileri.

Görkezilen alty häsiýetlendirijiler bütün hasaplama döwri üçin özara deňeşdirilen we baglanyşdyrylan bolmaly, şol işler howdanyň iş deňagramlylygy deňeşdirilende ýerine ýetirilmeli.

Hasaplamanýň ahyrky maksady aşakdakylardan ybaratdyr:

- 1) bendiň ölçeglerini kesgitleýän, howdanyň häsiýetli suw derejelerini bellemek;
- 2) howdanyň iş düzgünini kesgitlemek.

Akymy sazlamak boýunça çäreleriň taslamasyny düzmek, esasan, iki bölekden ybarat:

a) degişli suw hojalyk hasaplamalary bilen tutuş suw howdanyň taslamasyny düzmek (belli bir suw hojalyk çäräniň esasy bölegi hökmünde);

b) howdany emele getiriji desgalaryň (bendiň, howdanyň hanasynyň, suw alyjy we suwy aşaky býefe akdyryjy desgalaryň hem-de suw getiriji we äkidiji nowhanalaryň we ş.m.) taslamasyny düzmek.

Desgalara taslama düzmek üçin gerek bolan hemme maglumatlar barada gidrotehniki desgalar diýen dersde ýazylýar. Bu kitapda bolsa suw howdanlarynyň taslamasyny düzmek üçin ulanylýan usullar beýan edilýär, olar aşakdaky esasy wezipelere bölünýärler:

a) suwuň sarp edilmeginiň ölçegleri ýa-da akymyň sazlanýş derejesi bilen howdanyň gerek bolan ölçegleriniň (göwrümleriniň) arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek;

b) howdany emele getiriji desgalaryň görnüşini saýlap almak we esasy ölçeglerini (bendiň beýikligini, suwuň özboluşly derejeleriniň belliklerini, suw geçiriji desgalaryň ýerleşişini hem-de ölçeglerini we ş.m.) kesgitlemek;

ç) howdanyň hasaplama düzgünini anyklamak we ony ulanmagyň meýilnamasyny düzmek.

1.4. Suw serişdelerini ulanmak

Suw serişdeleri, şol sanda suw howdanlary ılatyň agyz suwy, durmuş we beýleki zerurlyklary, saglygy bejermek, dynç almak we sport maksatlar, oba hojalyk, senagat, gämi gatnawy, gidroenergetika, balykçylyk, döwlet we köpçülik zerurlyklary üçin ulanylýar.

Hemme suwy sarp edijileri, ýagny suwy öz zerurlyklary üçin ulanýan döwlet, hususy we köpçülik kärhanalary hem-de raýatlary şertli iki uly topara bölmek mümkin: suwy ulanyjylar we suwy sarp edijiler. Suwy ulanyjylar suwy howdandan çykarman ulanýarlar. Suwy sarp edijiler bolsa suwy howdandan alyp gaýtaryp bermän ulanýarlar.

Suwy ulanyjylara gidroenergetikany, gämi gatnawyny, balykçylygy, dynç almagy (sport, turizm we ş.m.) degişli edýärler.

Energetika suwy iň köp ulanýan pudaklaryň biridir. Gidroelektrik stansiýalarynda derýanyň energiýasy gös-göni elektrik energiýany işläp çykarmak üçin ulanylýar. Gidroelektrik stansiýalaryň (*GES*) işleýiş düzgüni gije-gündizlik, hepdelik we pasyllyk endigansyzlyk bilen häsiýetlendirilýär.

Gije-gündizdäki endigansyzlyk, esasan, elektroenergiýanyň medeniýet, durmuş we kommunal zerurlyklar üçin sarp edilişiniň tiz-tizden üýtgäp durmagy netijesinde ýüze çykýar.

Hepdelik endigansyzlyk bolsa hepdäniň dowamynda kärhanalaryň iş düzgüniň üýtgäp durmagy we dynç alyş günleriniň bolmagy bilen baglanyşykly.

Pasyldaky endigansyzlyk, pasyllarda klimatyň üýtgemegi, şeýle hem käbir halk hojalyk pudaklaryň we kärhanalaryň iş düzgüniniň pasyllaýyn bolmagy sebäpli ýüze çykýar. Gidroelektrik stansiýalaryň iş düzgüniniň üýtgemegi bilen birlikde elektroenergiýany işläp çykarmak üçin ulanylýan suwuň mukdary we düzgüni üýtgeýär. *GES*-ler üçin çäklendirilen pasyl, köplenç, gyş pasly bolýar. *GES*-leriň işine suwuň hili şeýle bir uly täsir etmeýär. *GES*-leriň özi suwy hapalamaýar. Ýylylyk we atom elektrik stansiýalarynda suw, esasan, bug almak üçin, ondan başga-da bugy, ýagy, gazy, podşipnikleri sowatmak, suwy we ondaky galyndyny gidrawlik usul bilen aýyrmak üçin suw sarp edilýär. Ýylylyk we atom elektrik stansiýalary suwy köp sarp edýärler. Mysal üçin, kuwwaty 1 mln. kwt bolan ýylylyk elektrostansiýasy ýylda 1,2-1,6 km³ suwy sarp edýär, atom elektrik stansiýasy bolsa suwy 1,5-2,0 esse köp sarp edýär. Adatça, şol stansiýanyň suw sarp ediş düzgüni bütün döwrüň dowamynda endigan bolýar. Adatça, atom elektrik stansiýasynyň çäklendirilen döwürleri gyş, tomus, güyz pasyllaryna gabat gelýär. Ýylylyk we atom elektrik stansiýalaryndan akdyrylýan suwuň temperaturasy ýokary bolýar, alnan suw bilen deňeşdireniňde tapawudy 10°C-ä ýetýär, suw çeşmesinde ýylylyk hapalanmasy bolýar. Şeýle bolanda suwdaky kislorodyň mukdary azalýar, ol bolsa suwdaky ösümlüklere we

janly-jandarlara ýaramaz täsir edýär, zyýanly maddalaryň zäherliligi birnäçe esse köpeliýär. Ýylylyk we atom elektrik stansiýalaryna gaýdyp gelýän suwuň ýitgisi onçakly uly däl, bary-ýogy 1-3% töweregidir.

Gämi gatnawy derýalary hapalap, suwuň hilini ýaramazlaşdyrýar. Gämileriň ulanylýan döwründe derýalara ýag, nebit önümleriniň galyndylary, iýmit galyndylary we akdyrylýan hapa suwlar düşýär. Şol hapalar bolsa janly organizmlere, aýratyn-da balyklara ýaramaz täsir edýär. Gämi gatnawy üçin ulanylan suwuň gaýdyp gelmeýän ýitgisi bolmaýar: suw diňe şlyuzlemek we gerek bolan çuňluga ýetmek üçin akymyň ortaça ýyllyk göwrüminiň 1-3%-i sarp edilýär.

Balykçylyk hojalygy hem suw çeşmesine öz talaplaryny bildirýär. Balygyň ýaşamagy we köpelmegi üçin gerek bolan suwuň mukdary, gerek bolan çuňluklar we tizlikler bilen üpjünçilik, has hem balygyň işbil taşlaýan wagty we gyş döwri olardan esasylydyr. Balyk suwuň hapalanmagyna örän duýgur bolýar. Derýa arasalanmadyk suw goýberilse, ol suwuň kislorodyny azaldýar, suwuň duzlulygyny ýokarlandyrýar, janly-jandarlaryň zäherlenmesini artdyrýar. Gidrotehniki desgalaryň ýokarky we aşaky býefferinde (böleklerinde) balygyň işbil taşlaýan döwri suwuň derejesiniň birden üýtgäp durmagy işbiliň ýuwulmagyna alyp gelýär, suwuň derejesiniň birden peselmegi bolsa işbili guradýar. Gyş döwründe suwuň derejesiniň birden pese düşmegi balygy gyşlaýan ýerinden gitmäge mejbur etmegi mümkin, şeýle ýagdaý bolsa balygyň azalmagyna ýa-da köp mukdarda ölmegine getirýär.

Suwy dynç almak we saglygy dikeltmek üçin ulanmak, soňky ýyllarda suwy özbaşdak ulanyjy bolup barýar. Derýalarda we suw çeşmelerinde dynç alynýan zolaklar döredilýär. Mysal üçin, Aşgabadynyň demirgazyk-günbatarynda ýerleşen Günbatar (Aşgabat) howdanynyň kenarynda adamlar hezil edip dynç alýarlar. Dynç almak üçin döredilýän zolaklar suwuň hiline, göwrümidir düzgünine ýokarlandyrylan talaby bildirýär. Dynç almak üçin suwy ulanmak suwuň hilini peseldýär, adamlaryň iýmit we başga galyndylaryndan suw hapalanýar we ş.m.

Suwy sarp edijilere halk hojalygynyň suwy ulanmak üçin suw çeşmesinden suw alýan pudaklara degişli. Şonuň bilen birlikde suwuň bir bölegi gaýdyp gelmän ýitýär, sebäbi ol senagat ýa-da oba hojalyk önümleriniň düzümine girýär, şeýle hem bugarma sarp edilýär. Şeýle topara senagat we kommunal suw üpjünçiligi, oba hojalyk pudagy degişlidir.

Senagat suw üpjünçiligi, esasan, suwy gije-gündizde endigan sarp etmek bilen häsiýetlendirilýär. Sarp edilýän suwuň mukdary senagat önüminiň görnüşine, öndüriliş tehnologiýasyna we şonuň bilen birlikde suwuň ulanylyş düzgünine, kärhanalaryň kuwwatyna bagly bolýar. Suwy iň köp sarp edýän senagat pudaklaryna himiýa, kagyz, gara we reňkli metallurgiýa degişli. Senagat zerurlygy üçin suw çeşmesinden umumy alnan suwuň gaýdyp gelmeýän ýitgisi gara metallurgiýada 24% töweregi, reňkli metallurgiýada 17%, himiýa senagatynda 16% we kagyz senagatynda 11%. Önümiň käbir görnüşlerini öndürmek üçin sarp edilýän suwuň mukdary (m^3/t):

Polat	20;
Kagyz	200;
Ýüň mata	600;
Lawsan	4200;
Kapron süýümi	5600 we ş.m.

Senagat kärhanalarynyň suw bilen bökdençsiz üpjün edilmeginde, şeýle hem suwuň hiliniň, umumy duzlulygynyň, temperaturasynyň we ş.m. ähmiýeti uludyr. Senagat kärhanalary öz arassalanmadyk ýa-da ýeterlik arassalanmadyk hapa suwla-ryny akdyryp, suw çeşmelerini hapalaýarlar.

Kommunal suw üpjünçilik hojalygy ilatyň we durmuş hyzmat edaralarynyň (hammamlaryň, kir ýuýýan edaralaryň, naharhanalaryň we ş.m.) suwa bolan ta-laplaryny kanagatlandyrýar, şeýle hem ýangyna garşy göreşmek maksatlar üçin hyzmat edýär.

Ilatynyň sany bir million bolan häzirki döwrüň şäherleri gije-gündiziň do-wamynda 0,5 mln m^3 -dan-da köp suwy sarp edýärler, ýakyn geljekde bolsa ol 1 mln m^3 -a ýeter. Hojalyk hem-de agyz suwy üçin sarp edilýän suwuň göwrümi gurluşyk normalary (kadalary) boýunça kesgitlenilýär, şeýle hem suwuň göwrü-mi klimat şertlere, ilatly ýerleriň abadanlaşdyrylan derejesine, ilatyň sanyna bagly bolýar. Suwuň sarp ediliş düzgüni gije-gündizlik, hepdelik endigansyzlyk bilen hä-siýetlendirilýär; ýylyň dowamynda suw sarp ediliş grafigi birneme endigan, ýöne tomsuna az-owlak köpeliýär (10%). Ilatyň agyz suwy we durmuş zerurlyklary üçin ulanylýan suwuň hili örän gowy bolmaly we kesgitlenen mukdara laýyk gelmeli. Şonuň bilen birlikde kommunal hojalygynda ulanylan suw yzyna dolanyp, suw çeş-mesine gelende hapa suw görnüşinde gelýär. Suwda organiki, biologiki we meha-niki garyndylar köp bolýar. Şeýle suw hökmany ýagdaýda gowy arassalanmalydyr.

Oba hojalygy halk hojalygynyň suwy iň köp sarp ediji pudagydyr. Suw ekinle-ri suwarmak, ýerleri suwlulandyrmak we suw üpjünçiligi üçin sarp edilýär. Oba ho-jalygynda suw, esasan, ekinleri suwarmak üçin ulanylýar. Ekinleri suwarmak üçin örän köp suw talap edilýär, ol toprakdan we ösümligiň ýapraklaryndan bugarma sarp edilýär. Şeýlelikde, suwuň 70%-i yzyna dolanman ýitip gidýär. Suwy sarp ediji görnüşinde ekinleri suwarmak möwsümleýinligi bilen tapawutlanýar; suwuň iň köp talap edilýän döwri ekinleriň ösüş döwrüdir. Ekinleri suwarmak suwuň hiline-de, getirintgileriň, duz erginleriniň mukdaryna, şeýle hem suwuň temperaturasynyň de-rejesine öz talabyny bildirýär. Suwarmak üçin ulanylýan suwdaky duz erginleriniň mukdary 0,1%, ýagny 1 g/l-e çenli rugsat berilýär; suwuň duzlulygy 2-den 5 g/l-e çenli bolanda duzuň himiki düzümini, topragyň häsiýetleridir suwarylýan ekiniň görnüşini hasaba almaly. Suwda getirintgiler örän köp bolsa, onda ony hökmany ýagdaýda arassalamaly. Suwaryş meliorasiýasy duzly ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokary galmagy sebäpli suw çeşmeleriniň duzlulygyny ýokarlandyrýar.

Şeýlelikde, halk hojalygynyň her bir pudagy öz aýratynlyklaryna baglylykda suwa öz talabyny bildirýär we köplenç, şol talaplar biri-birine gabat gelmeýärler. Käwagtlarda suw bir pudakda ulanylanda beýleki pudaga zyýan ýetirýär.

Ýurduň ilatynyň köpelmegi we halk hojalygynyň ösmegi bilen suw serişdeleriniň ulanylyşy köpeliýär we olaryň hiline ýaramaz täsiri yzygiderli artýar. Şol sebäpli suw serişdelerini toplumlaýyn ulanmak we goramak meselesi örboýuna galýar. Suw serişdelerini ulanmak niýeti göz önünde tutulan halatynda geljek üçin suw hojalyk deňagramlylygyny (*SHD*) düzmeklige örän wajyp ornuň degişlidigi esasy hökmanlykdyr.

1.5. Suw hojalyk deňagramlylygyny düzmek

Suw hojalyk deňagramlylygy (*SHD*) diýlip, belli bir ýeriň çäginde, belli bir wagt aralygynda suw serişdeleriniň bar bolan we ulanyp boljak mukdary bilen suwy sarp edijileriň talaplarynyň baglanyşygyna aýdylýar. Suw hojalyk deňagramlylygy suwy döwlet tarapyndan hasaba alyş we meýilnamalaşdyryş resminamalaryň esasyalarynyň biridir. Suw hojalyk deňagramlylygyny hasaplama üpjünligi 95, 75, 50%-e laýyk gelýän az suwly, orta az suwly we suwlulygy boýunça orta ýyllar üçin düzýärler.

Suw hojalyk deňagramlylygy girdejili, çykadjyly we jemleýji böleklerden ybaratdyr. Girdejili bölegine degişliler: alnan meýdandaky derýa we ýerasty akymlyry W_a , goňşy derýa suwhanalaryndan we ýokarda ýerleşen ýerlerden dolanyp gelýän akym $W_{g.b}$, başga derýa howdanlaryndan getirilýän suw $W_{b.b}$. Suw hojalyk deňagramlylygyň çykadjyly bölegine degişliler: suwy sarp edijileriň alan suwlary $W_{s.e}$, sanitar maksatlar, gämi gatnawy, dynç almak, şeýle hem hapa suwlara garmak üçin sarp edilen suw W_{san} , üpjünligi 95% bolan az suwly döwürde derýada saklamaly minimal suwuň mukdary W_{min} . Ondan başga-da howdanlar bilen akymy sazlamagy hem hasaba almaly $\pm \Delta V$ we ýere siňme hem-de bugarma zerarly ýitýän suw V_y .

Suw hojalyk deňagramlylygyň jemleýji bölegi suw serişdeleriniň artyklygyny ýa-da ýetmezçiligini görkezýär $\pm \Delta W$. Şeýlelikde, suw hojalyk deňagramlylygynyň umumy görnüşini aşakdaky ýaly ýazgyda görkezmek bolar:

$$W_a + W_{g.b} + W_{b.b} - W_{s.e} - W_{san} - W_{min} \pm \Delta V - V_y = \pm \Delta W. \quad (1)$$

Suw hojalyk deňagramlylygy görnüşi boýunça üçe bölünýär: geljekki, häzirki we hasabat. Geljekki suw hojalyk deňagramlylygy 15-20 we ondan hem köp ýyl (daş geljek) üçin düzülýär, şeýle hem halk hojalygynyň ýakyn geljegi (5-10 ýyllyk) üçin düzülmegi hem mümkin. Geljekki döwür üçin düzülýän suw hojalyk deňagramlylygy ýurduň geljekki ösüş meýilnamasy düzülende: adamlaryň täsiri netijesinde akymyň üýtgemegi, her adam başyna düşýän suwy sarp etmegiň mukdarynyň üýtgemegi, şeýle hem senagat we oba hojalyk önümleriniň üýtgemegi; suwy köp

sarp edijileriň tehnologiýasynyň kämilleşmegi; uly suw hojalyk çäreleriň häsiýetine we ölçegine aýgytlaýjy täsir edýän ýurduň öndürijilik güýjüniň ösmegi we ýerleşmegi hasaba alynýar.

Häzirki suw hojalyk deňagramlylygy ýakyn geljekde (ýyl, pasyl, kwartal, aý, ongünlük) suw hojalyk ulgamlarynyň ulanylmaklaryny göz önünde tutýar. Hasabat suw hojalyk deňagramlylygy bolsa geçen döwür üçin düzülýär.

Suw hojalyk deňagramlylygy belli bir meýdan üçin: derýanyň suw ýygnaýan meýdany, ykdsady etrap, бүтін döwlet üçin düzülýär. Olaryň kömegi bilen belli bir meýdan üçin suw serişdeleriniň möçberine we ulanylyş derejesine baha berilýär, suw ýetmeýän etraplar ýüze çykarylýar we suw hojalygyny ösdürmek hem-de hojalyk kärhanalaryny ýerleşdirmek boýunça çäreler göz önünde tutulýar.

1.6. Akymy sazlamagyň görnüşleri

1.6.1. Akymy sazlamagyň wezipeleri boýunça toparlara bölünişi

Akymy sazlamagyň birnäçe görnüşleri bolýar. Olary, esasan, üç alamat: a) wezipesi; b) sazlanýan döwrüň dowamlylygy; ç) sazlanýş derejesi boýunça toparlara bölmek bolýar.

Akymy sazlamagyň esasy wezipesi az suwly döwürde suwuň mukdaryny köpeltmekden ýa-da derýa joşanda suwuň mukdaryny azaltmakdan ybaratdyr. Iki ýagdaýda-da mesele howdanda suwy wagtlaýyn saklamagyň üsti bilen çözülýär, ýöne howdanyň düzgüni we howdany emele getiriji desgalaryň häsiýeti dürli bolýar.

Birinji ýagdaýa ätiýaçlyk howdany diýilýär, hyzmat edýän suw talap edijileriň häsiýeti boýunça olaryň birnäçe esasy görnüşlere bölünmegi mümkin. Sazlanan akymyň esasy suw talap edijileri aşakdakylardan ybarat:

a) oba hojalyk ekinlerini suwarmak suwy diňe ösüş döwründe köp bermegi talap edýär, ösüş döwründen galan döwürde suwy köp talap etmeýär;

b) suw energiýasyny peýdaly ulanmak suw senagat we ilatly ýerler üçin ulanylanda energiýany бүтін ýylyň dowamynda bermek talap edilýär, käbir ýagdaýda (mysal üçin, ýer suwarylanda suw sorujy stansiýalaryň işlemegi üçin) energiýany bermek endigansyzlyk (möwsümleýin) häsiýete eýe bolýar;

ç) ilatly ýerleri we senagat kärhanalaryny suw bilen üpjün etmek бүтін ýylyň dowamynda suwy endigan bermegi talap edýär, tomsuna köçeleri we baglary suwarmak üçin berilýän suwuň mukdaryny birneme köpeltmeli bolýar;

d) gämi gatnawy – gämi gatnaýan döwürde suwuň derejesi pes bolsa, suwuň goşmaça mukdary talap edilýär. Eger-de бүтін möwsümiň dowamynda suwy endigan bermek üçin suw ýetmezçiligi bar bolsa, onda suw ýygnanyp, birnäçe günň dowamynda bölek-bölek edilip berilýär. Suw berilýän döwürleriň arasyndaky möhlet howdana suw ýygnamak üçin ýeterlik bolmalydyr.

Ikinji görnüşli howdanlara suw saklaýjy howdanlar diýmek bolar.

Galyberse-de, belli bir şertlerde şol bir howdanyň ýokarda agzalyp geçilen iki howdanyň hem wezipelerini ýerine ýetirmegi mümkin, oňa utgaşdyrylan howdan diýilýär.

Uly howdanlar, köplenç, diňe belli bir meseläni çözmän, birnäçe suw hojalyk meseleleri-de çözüärler, mysal üçin, Murgap we Tejen derýalarynda gurlan suw howdanlary suw saklamak we joşan suwlaryň mukdaryny azaltmak üçin guruldy.

Suwarymly etraplaryň daglyk derýalaryndaky howdanlaryň köpüsi ekinleri suwarmak we elektrik energiýasyny öndürmek üçin akymy sazlaýarlar.

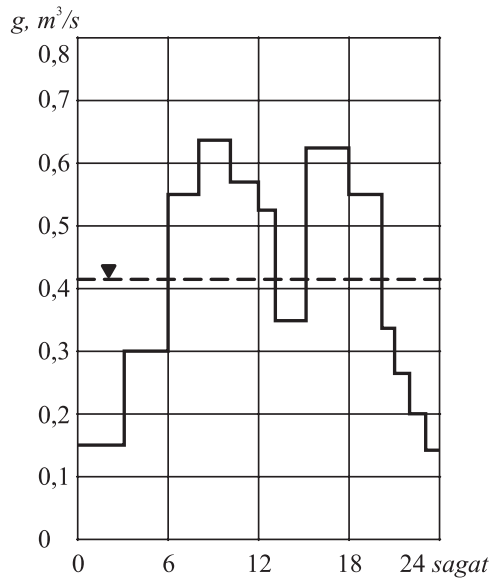
Käbir suw talap edijileriň akymy sazlamaga dürli we hatda ters talaplar bildirýän wagtlary hem seýrek bolmaýar. Mysal üçin, daglyk ýerde ýerleşen howdan suw energiýasyny ulanmak maksady bilen derýanyň bütin ýyllyk akymyny hemişelik suw mukdaryna deňlenmegi mümkin. Derýanyň aşaky akymynda ýerleşen ýerleri suwarmak üçin bolsa şeýle deňlenen akymy ekinleriň ösüş döwründe derýanyň tebigy ýagdaýda berýän suw mukdaryna meňzeş bolmagy (aýratyn-da, eger şu derýa buzluklardan iýmitlenýän bolsa we onuň suwunyň in köp mukdary tomsuň yssy aýlarynda geçýän bolsa, muňa Amyderýany mysal getirmek bolar) hem mümkin. Şeýle ýagdaýda iki howdan bilen amala aşyrylýan ikitaraplaýyn akymy sazlamak gerek bolýar. Howdanlaryň ýokarkysy suwuň mukdaryny energetikada ulanmak üçin sazlaýar, aşakysy bolsa endigan paýlanan ýyllyk akymy saklaýar we ony ösüş döwründe ekinleri suwarmak üçin berýär.

Howdanlaryň akymy sazlamakdan başga-da birnäçe maksatlar üçin ulanylmaklarynyň mümkindigini-de ýatdan çykarmak bolmaz. Mysal üçin, çişginli gidroelektrik stansiýasy üçin energiýa berýär; edil şol çişgin derýanyň belli bir uzynlygyna ýaýrap, gämi gatnaw serişdeleri üçin çuňlугy köpeldýär; her bir suw howdanynda balykçylyk hojalygyny döretmek mümkinçiligi-de döreýär.

1.6.2. Akymy sazlamagyň dowamlylygy boýunça toparlara bölünişi

Akymy sazlamagyň dowamlylygyny aşakdaky görnüşlere bölýärler:

1. Akymy gije-gündiz sazlamak gije-gündiziň dowamynda suwy ulanmagyň endigan bolmaýanlygy netijesinde ýüze çykýar. Hakykatdan-da, şeýle suw üpjünçiligi üçin suwa bolan talap gijesine azalýar we ertirine ir bilen birden köpeliýär; ilatly ýerleriň elektroenergiýa bolan talaby agşamyna köpeliýär; käwagtlar ekinleri suwarmak diňe gündizine alnyp barylýar we ş.m. Akymy gije-gündiziň dowamynynda sazlamagyň manysy şundan ybarat, ýagny howdana gije-gündiziň dowamynda suwuň üýtgemeyän mukdary Q gelýär, suwuň az ulanylýan wagty howdanda artyk suw saklanylýar we suwuň köp sarp edilýän sagatlary suw ulanyjylara suwuň ýokarlandyrylan mukdary berilýär (*1-nji surat*).



1-nji surat. Suw üpjünçiligi üçin suw mukdarynyň gije-gündizlik grafigi

Suwuň ulanylyşynyň her bir görnüşiniň özüne mahsus bolan gije-gündizlik ulanylyş grafigi bolýar; şol gije-gündizlik hasaplama grafikleriň görnüşleri barada laýyk gelýän ýörite derslerde (suw üpjünçiligi, suw energiýasyny ulanmak we ş.m.) ýazylýar.

Gije-gündiziň dowamyndaky akyp gelýän suwuň iň köp mukdarynyň q_{\max} , suwuň gije-gündizdäki ortaça mukdaryna q_{or} bolan gatnaşygyna suwy gije-gündiz ulanmagyň endigansyzlyk köpeldijisi diýilýär:

$$\eta = q_{\max} / q_{or}. \quad (2)$$

Akymy gije-gündiz sazlamagyň wezipesi iki hili bolýar. Birinjiden, suw çeşmesinde suw ýetmezçiligi bar bolsa akymy gije-gündizlik sazlamak şol suw çeşmesinden suw alýan sarp edijileriň sanyny η esse köpeldip biler. Geliň, Q suw mukdaryny suw çeşmesiniň ýylyň dowamyndaky iň az suw mukdary diýip çak edeliň: goý, q_{\max} we q_{or} suwy sarp edýän birligiň (mysal üçin, şäheriň 1 ýaşajýysy, suwarylýan ýeriň 1 gektar meýdanyna we ş.m.) gije-gündizdäki iň köp we ortaça suw mukdarlaryny aňladýan bolsun. Şonda suw çeşmesiniň üpjün edip biljek suw sarp ediji birlikleriniň sany şeýle kesgitlenilýär:

akym gije-gündiz sazlanmaýan bolsa

$$N_1 = Q / q_{\max},$$

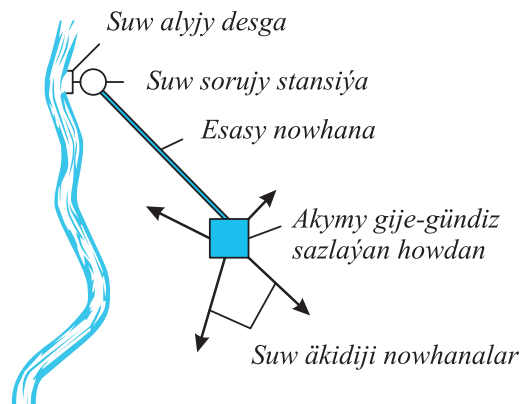
akym gije-gündizlik sazlanýan bolsa,

$$N_2 = Q / q_{or}.$$

N_1 we N_2 deňeşdirip alýarys:

$$N_2 / N_1 = q_{\max} / q_{or} = \eta > 1. \quad (3)$$

Ondan başga-da akymy gije-gündiziň dowamynda sazlamak köp halatlarda suw geçirijilik ukyby azaltmaga, diýmek, suw geçiriji we suw galdyryjy desgalaryň bahasyny azaltmaga mümkinçilik berýär. Şeýlelikde, şäheriň suw paýlaýjy ulgamynyň merkezinde ýerleşen, akymy gije-gündiz sazlaýan howdan bar bolsa (2-nji surat), onda suw sorujy stansiýanyň kuwwatyny we suw çeşmesinden şähere çenli baş suw geçiriji turbanyň suw geçirijilik ukybyny suwuň gije-gündizlik ortaça mukdaryna q_{or} laýyklykda hasaplamak bolar; eger-de akymy gije-gündizde sazlaýan howdan bolmadyk ýagdaýynda suw sorujy stansiýanyň kuwwatyny we suw geçiriji turbanyň suw geçirip bilijilik ukybyny q_{\max} -a laýyklykda hasaplamaly, ýagny suw geçirip bilijilik η esse artyk bolmaly.



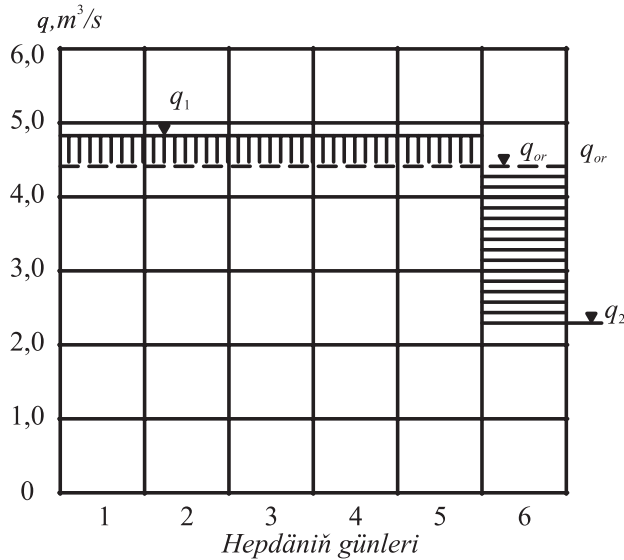
2-nji surat. Akymy gije-gündiz sazlaýan howdanyň ýerleşişiniň çyzgysy

Akymy gije-gündiz sazlamagyň ikinji wezipesini ýerine ýetirmegiň suw howdanynyň ýerleşişine bagly boljakdygy aýyk görnüp dur; eger-de öňki mysalda howdany suw çeşmesi we esasy suw sorujy stansiýanyň arasynda ýerleşdirseň, onda esasy suw sorujy stansiýa we esasy suw geçiriji turba gije-gündizdäki iň köp suw mukdary q_{\max} üçin hasaplanan bolmaly.

Akymy gije-gündiz sazlamak suw ätiýaçlylygyny saklamakdan başga-da suw geçiriji ulgamynda ýa-da gidrostansiýalarda suwuň gerek bolan basyşyny saklamak üçin hem hyzmat edýär, şeýle bolan howdanlara basyş howdanlary diýilýär; şol ýagdaý şeýle howdanlaryň ýerleşmeli ýerine we gurluşyna degişli talaplary goýýar.

2. Akymy hepdelik sazlamak. Akymy sazlamagyň bu görnüşi umumy dynç alynýan günler bolan ýagdaýda ulanylýar, dynç alynýan günlerde kärhanalaryň işlemeýändikleri sebäpli suwuň sarp edilişi ep-esli azalýar. İşlenýän we işlenmeýän günlerdäki sarp edilýän suwuň mukdaryny, laýyklykda q_1 we q_2 -niň, hepdäniň dowamyndaky sarp edilýän suwuň ortaça mukdaryny q_{or} -nyň üsti bilen aňladýarys; hepdedäki günleriň sanyny n -iň üsti bilen aňladýarys. Onda hepdäniň dowamyndaky sarp edilen suwuň mukdaryny şeýle kesgitlemeli (3-nji surat).

$$\sum_1^n q = [q_1(n-2) + 2q_2] \cdot 86400. \quad (4)$$



3-nji surat. Akymy hepdelik sazlamagyň grafigi

Hepdäniň dowamynda ulanylan suwuň ortaça mukdary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$q_{or} = [q_1(n-2) + 2q_2] / n. \quad (5)$$

Akymy hepdelik sazlaýan howdanyň göwrümi iki dynç günlerinde ulanylmadyk akymyň göwrümine deň bolýar we aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$V_{hep} = V_2 = 2(q_{or} - q_2) \cdot 8640. \quad (6)$$

6-njy aňlatma q_{or} -nyň ululygyny goýup we ýönekeý özgertmeleri ýerine ýetirip, gutarnykly alýarys:

$$V_{hep} = 2(q_1 - q_2)(n-2)n^{-1} \cdot 86400. \quad (7)$$

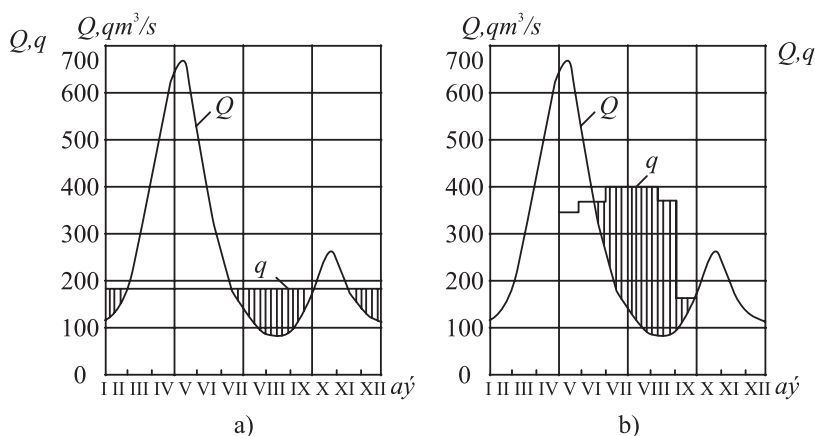
Akym hepdelik sazlananda doly tapgyr (howdany doldurma we boşatma) hepdä deň bolýar. Akymy sazlamagyň şol görnüşi, esasan, senagat suw üpjünçiliginde we gidroenergetikada ulanylýar.

3. Akymy gysga möhletli döwürleýin däl sazlamaga, esasan, akymy gämi gatnawy üçin sazlamak degişli. Ýokarda görkezilişi ýaly, gerek bolan ýagdaýda (derýanyň kenarynda köp gämi toplananda), şeýle hem howdanda suwuň köp ýygnanyşyna görä suwy bölüp goýberýärler. Uly derýalarda gämi gatnawynyň çuňlugyny köpeltmek üçin bütin gämi gatnaýan döwründe howdandan aşaky býefe (derýada ýa-da nowhanada

bentden, gatladan ýokarda ýa-da aşakda ýerleşen derýa bölegi) az suwly döwürde suw akdyrylýar. Onuň üçin gerek bolan suw göwrümi gyş we ýaz akymynyň hasabyna ýyg-nanýar, ol ýagdaý akymyň ýyllyk sazlanmagyna degişlidir.

Örän kiçi suw çeşmelerinden (kiçik derýajyk, çeşme, guýy) uly bolmadyk meý-dan suwarylanda, köplenç, suw tutmagyň arasyndaky döwürde (5-10 gün) şol çeşme-leriň suwy ýygnalyp saklanylýar, ol suw suwaryşyň 1-2-nji günlerinde sarp edilýär.

4. Akymy pasyllyk (ýyllyk) sazlamak (4-nji surat) akymy sazlamagyň iň köp ulanylýan görnüşidir we halk hojalygynyň hemme pudaklarynda ulanylýar.



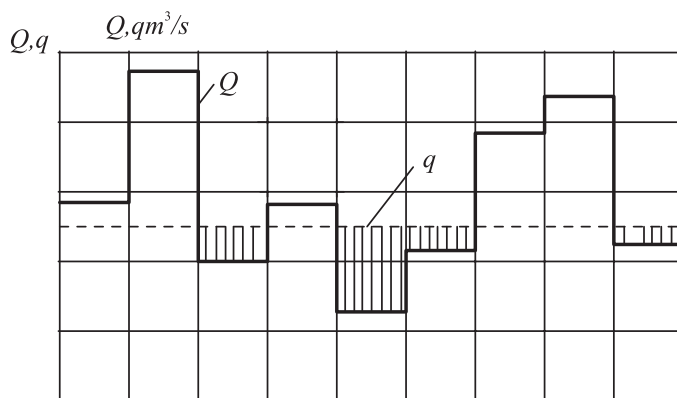
4- nji surat. Akymy ýyllyk (pasyllık) sazlamagyň grafiki:

a – üýtgemeyän sarp etme üçin; b – suwaryş grafiki üçin

Akymy ýyllyk sazlamak derýanyň tebigy akymyny ýylyň dowamynda täze-den paýlamaga mümkinçilik berýär. Derýalaryň köp suwly we joşýan wagtларыnda howdan doldurylýar, az suwly döwürde bolsa boşadylýar. Akymy ýyllyk sazlamagy doly we doly däl görnüşler bilen tapawutlandyrýarlar. Akym doly sazlananda berlen üpjünçilikli ýyllyk suw sarp etmäniň göwrümi edil şol üpjünçilikli ýyllyk akymyň göwrümine deň bolmaly. Köp suwly ýyllardaky artykmaç suw howdanyň aşaky býefine akdyrylýar, az suwly ýyllarda gelýän akym hasaplama akymdan az bolýar. Şol ýerde suw ýetmezçiligi ýüze çykýar. Akymyň doly sazlanmadyk ýagdaýynda sarp edilýän suwuň göwrümi ýyllyk akymyňkydan az bolýar we howdan dolandan soň akymyň belli bir bölegi howdanyň aşaky býefine akdyrylýar.

Akymy ýyllyk sazlaýan howdanyň göwrümi hasaplama we sarp edilýän akym-lary deňeşdirmegiň üsti bilen kesgitlenilýär; hasaplanyş usullar barada aşakdaky baplarda beýan edilýär.

5. Akymy köpýyllyk sazlamak (5-nji surat) akymy köp ýyllaryň dowamyn-da täzedan paýlamakdan ybaratdyr. Sazlanýan döwür (howdany doldurma we boşatma) birnäçe ýyllap dowam edýär. Az suwly ýyllardaky suw ýetmezçiligi, az suwly döwürüň öňündäki köp suwly ýyllarda howdanda saklanan suwuň hasabyna doldurylýar.



Hronologik yzygiderli ýyllar

5-nji surat. Akymy köpýyllyk sazlamagyň grafigi

Akymy köpýyllyk sazlamak akymy sazlamagyň has doly we kämilleşen görnüşidir. Ol suw serişdelerini toplumlaýyn ulanmagyň maksatlaryna laýyk gelýär. Akymy sazlamagyň şol görnüşi üçin, beýlekiler bilen deňeşdireniňde, örän uly suw howdanlary gerek bolýar.

Akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplanýş usullary aşakdaky bölümlerde görkezilýär.

6. Akymy garyşyk sazlamak, köplenç, şol howdanyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Şeýlelikde, köpýyllyk sazlamagyň howdany, şol bir wagtda akymy ýyllyk sazlamak üçin hem hyzmat edýär; suwy sarp edijiler ýyllyk akymy sazlaýan howdanyň gös-göni ýanynda ýerleşdirilse, howdan gije-gündizlik sazlamagy hem ýerine ýetirip bilýär; akymy hepdelik we gije-gündizlik sazlamak, adatça, bir howdanda utgaşdyrylýar.

1.6.3. Akymy sazlamagyň sazlanýş derejesi boýunça toparlara bölünişi

Bar bolan akymy ulanyş derejesi boýunça doly we doly däl sazlamak bilen tapawutlandyrylar. Akym doly sazlananda hemme akym ulanylýar we howdan aşaky býefe suw akdyrman işleýär; akym doly sazlanmadyk ýagdaýda, akymyň bir bölegi ulanylmaýar we aşaky býefe akdyrylýar. Akymyň doly ulanylmazlygynyň iki sebäbi bolup biler:

- 1) gelýän suwuň jemi (hasaplanýan döwürde) sarp edilýän suwuňkydan köp;
- 2) howdanyň göwrümi bar bolan akymy suw sarp etmä laýyklykda sazlamak üçin ýeterlik däl, şonuň üçin hem akymyň belli bir bölegi howdandan aşaky býefe akdyrylýar, talap edilýän suwuň belli bir bölegi bolsa berilmän galýar.

Soňky ýagdaýa akymy gerek bolmaýanlygy sebäpli doly ulanmazlyk bilen tapawutlylykda «kämilleşmedik» ýa-da «bölekleýin» sazlamak diýilse dogry bolardy.

Akym garyşyk sazlananda, köplenç, bir görnüşiň doly we beýleki görnüşiň doly däl ýa-da bölekleyin sazlanmagy bolýar; mysal üçin, hasaplama ýylyň akymyny doly pasyllyk sazlamak üçin hasaplanan howdan, şol bir wagtda bölekleyin köpýyllyk sazlamagy hem berip biler; derýa desgasyň pes ýa-da orta basyşly suw derejesini galdyryjy bendi, adaty, doly gije-gündizlik (we hepdelik) sazlamagy we şol bir wagtda bölekleyin ýyllyk sazlamagy we ş.m. üpjün edip bilýär.

Derýa akymyny ulanmagyň derejesiniň ýyl-ýyldan artmagy sebäpli, akymy sazlamagyň täze görnüşleri ýüze çykýar we ösýär. Ýokarda seredilip geçilen görnüşler bilen bir hatarda akymy sazlamagyň kaskad (howdanlar topary) we kompensirlemek (öwezini dolmak) usullary hem ulanylýar.

Akymy sazlamagyň howdanlar topary usuly bir derýada yzygiderli birnäçe howdan ýerleşende ýüze çykýar.

Öwezini dolup sazlamakda, suw alynýan ýeriň ýokarsynda ýerleşen howdandan alnan suwuň hasabyna, suw ýetmezçiliginiň üsti doldurylýar. Şeýle ýagdaýda suw sarp edijiler howdan bilen derýadan suw alynýan ýeriň arasyndaky sazlanmadyk akymyň we öwezini dolduryjynyň işini ýerine ýetiriji howdanyň hasabyna suw bilen üpjün edilýär.

Howdanlar topary we öwezini dolmak usullary bilen akymy sazlamak barada soňky baplarda ýazylýar.

Akymy sazlamak ylmy ders görnüşinde, esasan, XX asyrdaky ýüze çykyp başlady. Derýa akymyny sazlamak nazaryýetini ösdürmekde şu alymlaryň: N.W.Mastiskiniň, D.I. Koçeriniň, M.W. Potapowyň, S.N. Kriskiniň, M.F. Menkeliň, D.L. Sokolowskiniň, S.I. Rybkiniň, A.D.Sawarenskiniň, Ý.F. Pleşkowyň, P.G. L'ýapiçewiň, G.A. Alekseýewiň, W.P. Zaharowyň, G.G. Swanidzaniň we başgalaryň goşandy örän uludyr. Häzirki döwürde «Derýa akymyny sazlamak» özbaşdak ylmy ders, onda derýa akymyny sazlamagyň we ulanmagyň nazaryýeti hem-de hasaplanýş usullary işlenip düzülýär. Onuň esasy bölümleri we wezipeleri aşakdakylardan ybarat:

1) howdana taslama düzülenäki gidrologiki hasaplamalar (howdan guruljak derýanyň esasy gidrologiki häsiýetlendirijilerini kesgitleniş usullaryna we tärlerine, şeýle hem akym sazlananda olaryň üýtgemegine baha bermek);

2) suw hojalyk hasaplamalar, ýagny akymy sazlamagyň maksadyna, suwy ulanyjylaryň talabyna, suw çeşmeleriň düzgünine baglylykda howdanyň ölçeglerini kesgitlemek;

3) howdanyň suw ätiýaçlyklaryny (akymy sazlamagyň we howdany ulanmagyň düzgünlerini işläp taýýarlamagy esaslandyran hasaplamalar) ulanmak.

Akymy sazlamak ylmy ders hökmünde gidrometriýa, gidrologiýa we derýa gidrawlikasyna esaslanýar, ol öz hasaplamalarynda ähtimallyk nazaryýetini, matematik sazlamanyň we statistik seljermäniň usullaryny ulanýar. Ol ýörite dersler bolan suw ätiýaçlyklaryny toplumlaýyn ulanmak we goramak, gidrotehniki desgalar, meliorasiýa, gidroenergetika, suw üpjünçiligi, gidromelioratiw ulgamlaryny ulanmak we ş.m. bilen ýakyn baglanyşykly bolýar.

II BAP

TÜRKMENISTANYŇ SUW HOWDANLARY

2.1. Türkmenistanda akymy sazlamagyň ähmiýeti

Türkmenistanyň gurak klimat zolakda ýerleşýändigini sebäpli, ol suw üpjünçiligi pes bolan döwletleriň hataryna girýär. Dünýäniň suw üpjünçiligi has ýokary bolan döwletlerinde ýylda her bir ýaşajyynyň paýyna 3 müň m^3 suw düşýär, biziň ýurdumyzda bolsa 0,2 müň m^3 töweregidir. Türkmenistanyň 49 mln. gektar töweregi meýdanynda bary-ýogy Amyderýa, Murgap, Tejen, Etrek derýalary hem-de Köpetdagyň, Balkan daglarynyň we Köýtendagyň kiçijik derýajyklary bardyr (olaryň köpüsi tomsuna suwsuz guraýar). Olardan diňe Amyderýa töwereginde ýerleşen ekerançylyk meýdanlaryny suw bilen doly üpjün edip bilýär. Tomsuna Murgap, Tejen we Etrek derýalarynyň ýerasty suwlary bilen iýmitlenmäge geçýänligi sebäpli, olaryň suwy örän az bolýar. Şol döwürde derýalaryň suwy duzly bolup, halk hojalygy üçin ulanmaga ýaramsyz bolýar.

Türkmenistanyň derýalarynyň akymynyň ýylyň dowamynda we meýdan boýunça paýlanylyşy birmeňzeş däldir hem-de ulanmak üçin örän amatsyzdyr. Derýalaryň Amyderýadan başgasynyň köp suwly döwri oba hojalyk ekinleri üçin suwuň az talap edilýän wagtyna, ýaz paslyna gabat gelýär, tomus aýlarynda suwuň aýny köp gerek bolýan wagtynda bolsa derýalarda suw az bolup, ekinleri suwrmak üçin ýetmeýän ýyllary seýrek bolmaýar. Şeýle näsazlygy aradan aýyrmak we halk hojalygymyzyň hemme pudaklaryny suw bilen doly, bökdençsiz üpjün etmek üçin derýalaryň akymynyň tebigy düzgünine täsir etmeli bolýar, ýagny akymy derwaýys zerurlyk esasynda sazlamaly bolýar.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda ýurdumyzda Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwrüniň başlanmagy bilen halk hojalygynyň hemme pudaklarynyň pajarlap ösmegi netijesinde suwa bolan talap ýyl-ýyldan artýar. Eger-de bizi ýaňy-ýakynlarda hem suwuň öňki ulanylyş ýagdaýlary kanagatlandyran bolsa, eýýäm häzirki döwürde suwa bolan talabyň artmagy sebäpli suw ýetmezçiligi yzygiderli duýulýar.

Durmuş mysallardan görnüşine görä, derýalarymyzyň akymyny howdanlaryň kömegi bilen emeli sazlamak we bar bolan suw serişdelerimizi tygşytly ulanmak zerurlygy äşgär ýüze çykýar, ondan başga-da ýurdumyzda derýalaryň akymyny sazlamak meselesi gitdigiçe artar we ýakyn geljekde derýalarymyzyň hemmesiniň akymy doly durnukly sazlanar.

Derýalarymyzyň akymyny sazlamak maksady bilen ýurdumyzda birnäçe suw howdanlary guruldy (*1-nji tablisa*), öňki gurlan howdanlaryň durky täzelenýär, şeýle hem howdanlaryň birnäçesini täzedan gurmak göz önünde tutulýar (*2-nji tablisa*).

Türkmenistanda gurlan suw howdanlarynyň köpüsi akymy ýyllyk (pasyllık) sazlamak üçin niýetlenendir, şol sebäpli olaryň aglabasynyň diýen ýaly göwrümi kiçelýär. Garagum derýasynyň baş sakasynyň ýanynda gurulýan “Garaşsyzlygyň 15 ýyly” atly howdan akymy köpýyllyk sazlamak üçin niýetlenilýär, onuň göwrümi beýleki gurlan we guruljak howdanlaryňkydan has uly bolar.

1-nji tablisa

Türkmenistanyň howdanlarynyň esasy häsiýetlendirijileri

Howdanyň ady	Howdanyň görnüşü	Gurlan ýyly	Taslama maglumatlary			Hakyky peýdaly göwrüm, mln m^3				
			doly göwrüm mln m^3	peýdaly göwrüm mln m^3	suw ýüzüniň meýdany km^2	01.01. 1971	01.01. 1977	01.01. 1983	01.01. 2001	22.12. 2004
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Murgap derýasy										
Daşköpri	Hana	1940	166,0	147,7	39,0	31,0	12,0	8,0	0	0
Saryýazy ¹	-/-	1960	<u>262,9</u> 660,0	<u>250,0</u> -	<u>44,8</u> 78,5	220,0	178,0	<u>149,0</u> -	390,4	52,0
Soltanbent	-/-	1910	80,0	80	-	0	0	0	0	0
Kolhozben ²	-/-	1941	54,6	50,0	26,5	30,0	30,0	30,0	30,0	1,3
Ýolöten	-/-	1910	120,0	70,0	13,1	24	24,0	24,0	24,0	9,7
Ýokarky Hindiguş	-/-	1895	23,1	22,7	-	0	0	0	0	0
Ortaky Hindiguş	Guýma	1895	17,4	16,8	5,5	15,0	-	15,0	15,0	-
Aşaky Hindiguş	-/-	1895	20,9	16,9	6,1	16,0	-	16,0	16,0	7,3
Tejen derýasy										
Horhor (Gorgor) ¹	Guýma	1959	20,6	20,2	5,9	18,0	-	18,0	10,9	0
1-nji Tejen ¹	Hana	1950	<u>150,0</u> 179,3	<u>142,7</u> 172,0	<u>26,0</u> 31,6	63,0	44,0	8,0	190,0	0
2-nji Tejen	-/-	1960	183,5	180,0	42,0	170,0	162,0	142,0	16,9	0
Dostluk ³	-/-	2005	1250,0	950,0	48,0	-	-	-	-	950,0

1-nji tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Etrek derýasy										
Mämmetköli	Guýma	1964	20,0	17,5	6,3	17,5	-	16,4	17,5	2,4
Gyzylaý	-//-	1965	3,7	3,1	1,0	3,1	-	3,6	4,3	3,0
Deleli	-//-	1970	16,0	12,0	7,0	12,0	-	11,0	9,0	0
Garagum derýasy										
Hanhowuz ¹	Guýma	1963	<u>460,0</u> 875,0	<u>435,0</u> 829,0	<u>145,0</u> 207,0	650	-	875,0	730,0	506,5
Günbatar (Gurtly)	-//-	1962	48,0	39,5	11,0	39,5	-	48,0	39,5	43,9
Gündogar (sport)	-//-	1966	6,3	-	4,0	6,0	-	6,3	1,0	-
Köpetdag ¹	-//-	1983	<u>218,0</u> 550,0	<u>190,0</u> 525,0	<u>33,0</u> 47,5	-	-	250,0	515,0	361,7
Garaşsyz- lygyň 15 ýyly (Zeýit)	-//-	Gurulyar	2200,0	2000,0	595,0	-	-	-	800,0	854,0

¹Sanawjy – artdyrylandan öň, maýdalawçy – artdyrylandan soň.

²Soltanbent howdanyň ýerinde gurlan. Soňky ýyllarda şol howdana ýene-de Soltanbent howdany diýilýär.

³Howdan 2005-nji ýylda ulanylyp başlandy, şol sebäpli 11-nji sütündäki 950,0 mln.m³ göwrüm 2005-nji ýyla degişli.

Türkmenistanda gurlan howdanlar hana (ýa-da derýa), guýma (ýa-da kenar) howdanlara degişli. Ol howdanlar, esasan, ekinleri suwarmak maksady bilen gurdy: olary güýzde dolduryp başlaýarlar, tomsuň başynda bolsa howdanda ýyganan suwy alyp başlaýarlar, ýagny howdan boşap başlaýar. Howdan, köplenç, tomsuň ahyrynda ýa-da ekinleriň ösüş döwrüniň ahyrynda boşaýar (hemişelik göwrüme çenli). Howdanlaryň boşamagynyň grafiki esli derejede berlen ýylyň suwlulygyna we derýa akymynyň düzgünine, şeýle hem howdanyň ýerleşen ýerindäki suwa bolan talaba bagly bolýar. Şonuň üçin hem howdanyň ýylyň dowamynda doldurylyşy we boşadylyşy hemişe birmeňzeş bolmaýar.

Türkmenistanda täze guruljak we durky täzelenjek howdanlar
 (Türkmenistanyň Suw hojalyk ministrliginiň 2006-njy ýylyň 1-nji
 ýanwaryndaky maglumatlary boýunça)

Tertip sany	Howdanlaryň ady	Iýmitlenýän çeşmesi (derýa, nowhana)	Howdanyň görnüşi	Taslama maglumatlary		
				doly göwrüm, mln <i>m</i> ³	suw ýüzüniň meýdany, <i>km</i> ²	peýdaly göwrüm, mln <i>m</i> ³
Täze howdanlary gurmak, şol sanda:				5098,8		
1.	Görogly (Görogly etraby)	Şasenem nowhanasy	Guýma	800,0	120,5	637,0
2.	Soltandest (Kaka etraby)	Garagum derýasy	-/-	200,0	27,0	150,0
3.	Bereket (Bereket etraby)	-/-	-/-	17,9	3,7	17,9
4.	Gumdag (Bereket etraby)	—	—	113,0	30,0	101,0
5.	Däneata (Bereket etraby)	—	—	400,0	96,0	380,0
6.	Madaw (Bereket etraby)	—	—	250,0	48,7	220,0
7.	Gulanbaý (Tagtabazar etraby)	Murgap derýasy	—	1000,0	76,5	900,0
8.	Şorköl (Tejen etraby)	Tejen derýasy	—	1500,0	150,0	1500,0
9.	Ýüntorba (Etrek etraby)	Etrek derýasy	—	22,8	4,5	15,6
10.	Çat (Etrek etraby)	—	Hanada	760,0	65,0	360,0
11.	Ajydere (Serdar etraby)	Ajydere derýajygy	—	33,0	2,0	30,0
12.	Garasuw (Magtymguly etraby)	Garasuw derýajygy	—	2,1	0,2	2,0
Bar bolan suw howdanlaryň durkuny täzelemek:		—	—	2225	—	—
13.	Hanhowuz	Garagum deýasy	—	625,0	—	—
14.	Garaşsyzlygyň 15 ýyly (öňki Zeýit)	—	—	1600,0	—	—
Jemi		—	—	7323,8	624,1	4313,5

2.2. Murgap derýasynda gurlan suw howdanlary

Ýurdumyzyň çäginde derýalarymyzyň akymyny sazlamak maksady bilen ilkinji gurlan howdanlara 1895-nji ýylda Murgap derýasynda gurlan Ýokarky, Ortaky we Aşaky Hindiguş howdanlary degişlidir.

Ýokarky Hindiguş howdany Murgap derýasynyň hanasynda gumdan bent galdyrylyp gurlan howdandyr. Onuň ulanylyp başlanan ilkinji ýyllaryndaky doly göwrümi 54 mln m^3 deň bolupdyr. Howdanyň esasy wezipesi bentde gurlan, kuwwatlylygy uly bolmadyk gidroelektrostansiýanyň kadaly işini, şeýle hem derýanyň gapdallaryndaky çöketliklerde ýerleşen Ortaky we Aşaky Hindiguş howdanlaryna suw almagy üpjün etmek üçin suwuň çişgin derejesini saklamakdan ybarat bolupdyr.

Ýokarky Hindiguş howdany öz ulanylan döwründe, Murgap derýasynyň hanasynda gurlan ýeke-täk howdandyr. Şol sebäpli derýanyň бүтін akymy onuň üstünden akyp geçipdir, netijede, howdan tiz wagtda gömlükdir. Howdanyň hanasynyň düýbi birnäçe metr ýokary galypdyr. 1909-njy ýylda bolsa howdanyň sazlaýjy göwrümi doly gömlükdir we soňra ol dikeldilmändir. Onuň hanasyny gamyş, ýylgyn we beýleki ösümlükler basypdyr. Getirintgileriň çökündileriniň üstünde bolsa giňligi 30-40 m we çuňlugy 2,0-2,5 m bolan derýa hanasy emele gelipdir. Howdanyň hanasynyň gömülmegine garamazdan, onuň bendi henize çenli öz esasy wezipesini ýerine ýetirip gelýär, ýagny gidroelektrostansiýany dowamly işledip gelýär.

Murgap derýasynda gurlan Ortaky we Aşaky Hindiguş howdanlarynyň iş düzgünlerini we görnüş ýagdaýlaryny öwrenmek howdanyň gurluşygy üçin örän wajypdyr. Ol howdanlar Murgap derýasynyň köne hanasynyň önüni gumdan gurlan bent bilen bekläp, daşyna gaçy galdyrylyp döredilipdir. Olaryň ikisiniň jemlenen göwrümi 1896-njy ýylda 24,4 mln m^3 deň bolupdyr, 1912-nji ýylda gaçylar we bentler beýgeldilenden soň, ol göwrüm 44,9 mln m^3 çenli köpelişdir.

Ortaky Hindiguş howdany, Ýokarky Hindiguş howdanynyň hanasynyň üstünden geçýän №1 sazlaýjynyň kömegi bilen Murgap derýasynyň suwundan doldurylýar. Aşaky Hindiguş howdany bolsa meýilnamada Ortaky Hindiguş howdanynyň dowamy bolýar we Ortaky Hindiguş howdanynyň üstünden geçýän, ahyrky bentde ýerleşen №2 sazlaýjynyň kömegi bilen doldurylýar.

Ortaky Hindiguş howdanyndan suw Aşaky Hindiguş howdanyna akdyrylýar, Aşaky Hindiguş howdanyndan suwy №3 sazlaýjynyň üsti bilen “Sowetskiý” atly nowhana akdyrylýar, ol nowhana Türkmenkala we Baýramaly etraplarynyň ekin meýdanlaryny suwlulandyryar.

Häzirki wagtda Ortaky Hindiguş we Aşaky Hindiguş howdanlarynyň göwrüminiň esli bölegi Garagum derýasynyň hasabyna doldurylýar, Garagum derýasynydan suw Ortaky Hindiguş howdanyna akdyrylýar.

Ortaky we Aşaky Hindiguş howdanlary, ýokarda belläp geçişimiz ýaly, keňar (guýma) howdanlaryna degişli. Şol howdanlaryň özboluşly aýratynlygy olaryň

sazlaýjy göwrüminiň az gömülýänligidir. 1912-1978-nji ýyllar aralygynda olaryň göwrüminiň azalmagy bary-ýogy 13,9 mln m^3 deň boldy we 1978-nji ýylda olaryň galan jemi göwrümi, takmynan, 31,0 mln m^3 boldy.

Onuň esasy sebäbi, ol howdanlar suw getiriji nowhanalaryň kömegi bilen dol-durylýar, diýmek, howdana akdyrylýan suwuň mukdary örän çäkli, hanada gurlan howdanlarda bolsa onuň tersine, bütin ýylyň dowamyndaky akyp gelýän gaty akym (getirintgiler) howdana gelýär. Şeýle beýanlardan gelip çykyşyna görä, guýma howdanlary hana howdanlary bilen deňeşdireniňde haýal gömülýär. Mysal üçin, 1895-nji ýylda gurlan Ortaky we Aşaky Hindiguş guýma howdanlarynyň göwrümi 80 ýylyň dowamynda bary-ýogy 15% azalypdyr. Soňky howdanlaryň hemmesi hanada gurlan, şol sebäpli hem olar tiz wagtda gömlükdir.

Ýokarky Hindiguş howdany gömlenden soň, 1910-njy ýylda Murgap derýasyn-da Ýolöten we Soltanbent howdanlary gurulýar. Soltanbent howdanynyň başlangyç göwrüminiň öňki howdanlar bilen deňeşdireniňde has uludygyna (73,5 mln m^3) garamazdan, ol 1928-nji ýylda doly gömlükdir.

Soltanbent howdany derýa akymynyň ugry boýunça aşakda ýerleşen Ýolöten howdanynyň gömlüş depginine uly täsir edipdir. Soltanbent howdany işläp başlan ilkinji ýyllarynda Murgap derýasynyň gaty akymyny özünde saklapdyr, onuň göwrüminiň azalmagy bilen akymyň ugry boýunça aşakda ýerleşen Ýolöten howdanyna akyp gelýän gaty akymyň mukdary köpelipdir.

1927-nji ýyldan soň, 1939-njy ýyla çenli derýanyň ugry boýunça ýokarda howdanyň ýoklugy sebäpli, derýanyň getirýän tutuş ähli gaty akymyny Ýolöten howdany özünde saklapdyr (3-nji tablisa).

3-nji tablisa

Ýolöten howdanynyň göwrüminiň azalyşy

Ýyllar	1910	1925	1937	1949	1955	1977
Howdanyň göwrümi, mln m^3	69,3	68,0	42,8	32,0	29,9	24,0

1937-nji ýylda Ýolöten howdanyndan ýokarda Daşköpri howdany gurlupdyr, ol soňky köp ýyllaryň dowamynda derýanyň gaty akymyny özünde saklapdyr. Oňa garamazdan, 3-nji tablisadan görnüşi ýaly, 1939-njy ýyldan soň geçen wagtda aralygynda Ýolöten howdanynyň ýarty göwrümi gömlükdir.

Ýolöten howdanynyň şeýle uly göwrüminiň gömülmegini hünärmenler Daşköpri howdanyndan derýa akdyrylýan suw akymynyň örän dury bolmagy bilen düşündirýärler. Olaryň aýtmaklaryna görä, dury akymyň örän uly alyp gidijilik ukyby bolup, ol goňşy howdanlaryň arasyndaky derýa böleginiň düýbünü ýuwýar we şonuň hasabyna akymyň bulançaklygy artýar.

Ýolöten howdanynyň ulanylan ýyllarynda, howdanyň hanasyny öwrenmek boýunça geçirilen topografik ölçegleriň maglumatlaryny öwrenmegiň netijesinde S.T.Altunin howdanyň hanasynyň uzynlygy boýunça getirintgileriň çöküşini şeýle häsiýetlendirýär:

a) 1937-nji ýyla çenli howdanyň göwrümi bende ýakyn bolan 16 *km*-de ýerleşýär; onuň esasy bölegi bentden 10 *km* aralykda ýerleşýär; getirintgiler bentden 16 *km* ýokarda çökýär;

b) 1949-njy ýylda getirintgiler bentden 10 *km* aşakda, bende çenli aralykda çökýär;

ç) 1955-nji ýylda howdanyň hanasynyň bentden 10 *km* ýokardaky bölegi doly gömlen; howdanyň hanasynyň 10 *km*-den aşakda bolan bölegi güýçli depginde gömülýär.

Şeýlelikde, howdanyň hanasynyň başlangyç bölekleriniň gömülmegi bilen, onuň bende ýakyn bölekleri hem gömlüp başlaýar.

Murgap derýasynda gurlan howdanlaryň sazlaýjy göwürümleriniň yzygiderli azalmagy, gömlen göwürümleriň öwezini dolmak üçin täze howdanlary gurmagy talap etdi.

1941-nji ýylda gömlen Soltanbent howdanynyň deregine, onuň bendini we gaçylaryny has beýgeldip, Kolhoz bent howdany guruldy.

Kolhoz bent howdanyny onuň bütün ulanylan ýyllarynda Murgap derýasynyň getirintgileriniň çökmeginden ilki bada ýokarda ýerleşen Daşköpri howdany, soň bolsa Saryýazy howdany gorady. Ýöne 1956-njy ýylyň maglumatlaryna görä, Kolhoz bent howdanynyň 54,5 mln m^3 başlangyç göwürüminiň deregine, howdandaky göwürüm 46,2 mln m^3 deň bolupdyr, ýagny howdanyň hanasynyň 8,4 mln m^3 göwürümi gömlüpdür.

Ondan başga-da edil şol döwrüň dowamynda Kolhoz bent howdanynyň çişgin döreýän zolagynda çökündileriň göwürüminiň 6,0 mln m^3 deň bolandygy anyklandy. Şeýlelikde, 1941-1955-nji ýyllar aralygynda howdana 14,4 mln m^3 getirintgi çöküpdür, ol edil Ýolöten howdanynda bolşy ýaly, Daşköpri howdanyndan goýberilýän örän dury suw akymynyň Kolhoz bent we Daşköpri howdanlarynyň arasynda derýanyň düýbünü güýçli ýuwmagy netijesinde emele gelen getirintgileriň çökündisidir.

1958-nji ýylda Daşköpri howdanyndan aşakda Saryýazy howdany ulanylyp başlanyldy. Oňa garamazdan, Murgap derýasynyň hanasynyň ýuwulmagy sebäpli Kolhoz bent suw howdanynyň soňky ýyllarda-da güýçli depginde gömülmegi dowam etdi, howdany ulanýan gullugyň maglumatlaryna görä, onuň göwürümi 1978-nji ýylda 30 mln m^3 deň bolýar.

Ýokarda belenilip geçilişi ýaly, Murgap derýasynyň getirintgileri 1938-nji ýyldan bäri durşuna ilki bada Daşköpri howdanynda, soňra bolsa Saryýazy howdanynda çöküp galýar.

Howdanlaryň gömlüş ýagdaýyny öwrenmek nukdaýnazardan Murgap derýasynyň ýokarky akymyndaky ilkinji uly howdan bolan Daşköpri howdanyny mysal hökmünde alsak ýerlikli bolar.

Daşköpri howdany Murgap derýasynda öň gurlan howdanlaryň in ulusy boldy we ulanylyp başlanandan soň, birnäçe ýylyň dowamynda 1957-nji ýyla çenli Murgap derýasynyň getirýän hemme getirintgilerini özünde saklady. Soňra Daşköpri howdanynyň sazlaýjy göwrüminiň azalmagy sebäpli çökýän getirintgileriň möçberi ýyl-ýyldan azalyp başlady (4-nji tablisa).

4-nji tablisa

Daşköpri howdanynyň göwrüminiň azalyşy

Ýyllar	1938	1945	1950	1955	1956	1960	1970	1975	1977
Howdanyň göwrümi, mln m^3	162,0	145,5	121,0	95,0	79,0	56,0	31,0	18,3	12,0

Daşköpri howdanynyň öňki ulanylan ýyllarynyň dowamynda gömlen göwrüminiň möçberini kesgitlemek üçin iki gezek, 1948-nji we 1955-nji ýyllarda topografik ölçegler geçirildi. Şol ölçegleriň maglumatlary boýunça Daşköpri suw howdanynyň göwrümi kesgitlenildi: 1948-nji ýylyň güýzünde 131,0 mln m^3 we 1955-nji ýylda bolsa 95 mln m^3 barabar boldy.

Diýmek, Daşköpri howdanynyň işlän ilkinji 10 ýylynda howdanyň hanasynyň gömlen göwrümi 45,0 mln m^3 deň boldy we soňky 7 ýylda bolsa 36,0 mln m^3 deň boldy. Netijede, howdanyň işlän ilkinji 17 ýylynda 81,0 mln m^3 göwrüm gömlüpdür, ol howdanyň başlangyç göwrüminiň 46%-ine deň bolýar.

Taslama barlaglaryň we ýokarda görkezilen topografik ölçegleriň maglumatlary boýunça Daşköpri howdanynyň hanasynyň morfologiyasyny deňeşdirip, S.T.Altunin howdanyň uzynlygy boýunça getirintgileriň çöküşiniň häsiýetini şeýle beýan edýär:

a) howdanyň işläp başlan ilkinji 10 ýylynyň dowamynda esasy gömlen göwrüm (39,3 mln m^3 ýa-da 87,3 %) howdanyň başlangyç böleginde, bentden başlap 11 km-den 27 km-e çenli aralykda ýerleşýär, üstesine-de şol bölekdäki peýdaly göwrüm doly gömlüpdür. Şol döwürde bentden 11 km az aralykda ýerleşen pes ýerlerde 5,7 mln m^3 getirintgi çöküpdür, ol umumy çökündiniň 12,7 %-ine deň bolýar. Murgap derýasynyň düýbi gömülme sebäpli bentden başlap, 27 km-e çenli aralykda 5-7 m ýokary galypdyr, üstesine-de ilkinji 5 km-de derýanyň hanasy 7,5-8,0 m çökündi gatlagy bilen doly gömlüpdür;

b) soňky 7 ýylyň dowamynda 13 km-den 27 km-e çenli bölekde howdanyň peýdaly göwrümi doly gömüldi, üstesine-de 11 km-den 27 km-e çenli bölekde 29,4 mln m^3 getirintgi çöküpdür ýa-da hemme çöken göwrümiň 81,7 %-i, 11 km-den aşakda bolsa 6,6 mln m^3 ýa-da 18,3 %.

Onuň üstüne çişginiň ýaýraýan zolagynda derýa hanasynyň we arnasynyň esli uzynlygyna getirintgileriň çökyändigini goşmaly. Gömülme netijesinde Guşgy derýasynyň Murgaba guýýan ýerinde derýa hanasynyň düýbi 4 *m* ýokary galypdyr. Guşgy demirýol stansiýanyň ýanynda Murgap derýanyň hanasynyň düýbi we arnasy 1948-nji ýylyň ölçeği boýunça tebigy ýagdaý bilen deňşdireniňde 3 *m* ýokary galypdyr, 1966-njy ýylyň ölçeği boýunça bolsa 4 *m*. Şonuň bilen baglylykda derýanyň suw derejesi hem ýokary galypdyr we derýanyň şol böleginde gorag gaçylaryny gurnagy talap edipdir.

Daşköpri howdanyň gömülmegi netijesinde emele gelen çişgin Murgap we Guşgy derýalary boýunça bentden ýokarlygyna, derýalar boýunça akdyrylýan suwuň mukdaryna baglylykda 55 *km* we ondan hem köp aralyga ýaýraýar.

1958-nji ýylda Murgap derýasynda Daşköpri howdanyndan aşakda, şol döwrüň iň uly howdany bolan Saryýazy howdany guruldy, onuň taslama boýunça doly göwrümi 262,0 mln *m*³-a deň.

Daşköpri we Saryýazy howdanlarynyň gömlüş ýagdaýlaryna seredip göreliň.

Daşköpri howdany 1957-nji ýylda çenli (göwrümi 79-80 mln *m*³ çenli azalýança) Murgap derýasynyň getirintgilerini özünde saklap geldi. Diýmek, şeýle ýagdaýyň Saryýazy howdanynda-da bolmagyna garaşmaly. Saryýazy howdanynyň gömülýän göwrümi ýyl-ýyldan köpeldi: “Türkmen suwlymtaslama” institutynyň 1972-nji we 1977-nji ýyllarda geçiren topografik ölçeglerine görä howdanda galan göwrüm laýyklykda 208,0 mln *m*³ we 178 mln *m*³-a deň boldy, bu ýagdaýdan şeýle netije gelip çykýar, ýagny howdanyň işläň ilkinji ýylynyň dowamynda gömlen göwrüm 55 mln *m*³-a deň boldy, soňky 5 ýylyň dowamynda bolsa 30 mln *m*³-a deň.

Saryýazy howdanynyň hanasynyň uzynlygy boýunça gömlen göwrümiň paýlanyşynyň häsiýeti S.T.Altuniniň ýazyşy ýaly edil Daşköpri we Ýolöten howdanlaryndaky ýaly.

1979-njy ýylda çenli howdanyň hanasynyň ýokarky böleklerinde, bentden 10 *km*-den başlap, 20 *km*-e çenli aralykda howdanyň peýdaly göwrümi doly gömüldi we howdanda täze hana emele geldi. Ol hana bentden 14-15 *km* aralykda 3-4 sany aýratyn hanalara bölünýär we şolar boýunça suw howdanyň gömülmän galan göwrümine akyp barýar.

Saryýazy suw howdanynyň hanasynyň ýokarky böleklerinde, bentden 16-20 *km* aralykda hananyň düýbi ýokary galyp, howdan doldurylanda görnüp duran boldy we hanany gamyş, ýylgyn basdy. Şeýle ýagdaý Daşköpri howdanyndan bulançaklygy örän uly bolan joşgunlaryň suwy akdyrylanda getirintgileriň esli böleginiň çökmegine alyp geldi.

2.3. Tejen derýasynda gurlan suw howdanlary

Tejen derýasynda dürli wagtlarda 1-nji Tejen, 2-nji Tejen, Horhor we Dostluk suw howdanlary guruldy. 1-nji Tejen suw howdany 1950-nji ýylda guruldy,

ol Tejen şäherinden 113 *km* günortada ýerleşýär. Howdanyň başlangyç göwrümi 150,0 mln m^3 -a deň boldy. 1-nji Tejen howdany köp ýyllaryň dowamynda Tejen derýasynda gurlan ýeke-täk howdan boldy we derýanyň бүтін akymyny kabul edip, onuň esli bölegini özünde saklady.

Akymy sazlamagyň şeýle düzgüni soňky ýyllarda-da dowam etdi, sebäbi 1-nji Tejen howdanyndan ýokarda Sarahs säherçesiniň golaýynda Horhor guýma howdany guruldy, 2-nji Tejen howdany bolsa 1-nji Tejen howdanynyň yzynda guruldy.

Şonuň üçin hem 1-nji Tejen howdany бүтін ulanylan wagtynda güýçli depginde gömüldi we gömülmek häsiýetine görä, Murgap derýasynda gurlan Daşköpri suw howdanynyňka meňzeş boldy.

1-nji Tejen howdanynyň бүтін ulanylan ýyllarynyň dowamynda, howdanyň gömülmän galan göwrümini kesgitlemek üçin iki gezek topografik ölçeg işleri geçirildi. 1953-nji ýylyň güýzünde howdanyň göwrümi 127,8 mln m^3 -a deň boldy, 1956-njy ýylyň güýzünde bolsa 92,0 mln m^3 -a deň boldy.

1957-nji ýylda howdanyň hanasynyň gömülmegi sebäpli ýitirilen göwrümiň öwezini dolmak maksady bilen bentler we gaçylar 1 m beýgeldilip, howdanyň göwrümi 121,3 mln m^3 -a ýetirildi.

Howdanyň gömlüşini we howdandan aşakda derýa hanasynyň ýuwluşyny öwrenmek maksady bilen ýörite barlaglar geçirildi. Ondan başga-da 1957-1960-njy ýyllarda howdanyň suw akdyryjy desgasynyň aşaky býefinde Türkmenistanyň Gidrometeorologiýa gullugy tarapyndan, 1-nji Tejen gözegçilik nokadynda howdandan akdyrylýan suwuň bulançaklygyna gözegçilik geçirildi.

Şol gözegçilik nokady boýunça toplanan maglumatlara görä, 1957-1960-njy ýyllarda 1-nji Tejen howdanyndan akdyrylýan getirintgileriň mukdary 0,41 *kg/s*-da deň boldy, ýokarda ýerleşen Ata obasynyň ýanyndaky gözegçilik nokadynda bolsa getirintgileriň köpylyk ortaça mukdary 320 *kg/s*-da deň boldy. Diýmek, 1957-1960-njy ýyllardaky bulançaklygy örän uly bolan derýa akymy howdanyň täsir edýän zolagynda doly durlanýar.

Mysal üçin, şol ýyllarda howdandan aşakda derýa hanasynyň ýuwulmagyny öwrenen B.K.Balakaýew öz işinde 1-nji Tejen howdanyndan aşaklygyna akdyrylýan suwuň bulançaklygyny nola deň diýip kabul edipdir.

Tejen derýasynyň hemme getirintgileriniň 1-nji Tejen howdanynyň täsir edýän zolagynda çökýändigini 1958-1962-nji ýyllarda H.Ş.Şapironyň geçiren barlaglary hem tassyklaýar, ol howdanyň täsir edýän zolagyna 99,7% gaty akymyň çökýändigini anyklady.

Diýmek, 1-nji Tejen howdanynyň gömülmegi iki tapgyrda geçipdir: birinji tapgyrda derýanyň hemme getirintgileri howdana çöküpdir; ikinji tapgyrda bolsa derýa getirintgileriniň bendiň aşaky býefine akýan mukdary ýuwaş-ýuwaşdan köpelipdir.

Onuň şeýle bolandygyny, aşakda ýerleşen 2-nji Tejen howdanynyň göwrüminiň güýçli depginde gömülmegi tassyklaýar.

1-nji Tejen howdanyňyň gömlüşi baradaky has doly düşüňjani H.Ş.Şapironyň barlaglarynyň netijesi boýunça almak bolýar, ol şeýle diýýär: “Howdanyň başlanýan ýerinde ilkinji 2-3 *km* aralykda ortaça giňlik boýunça 1960-njy ýylda çökündiniň beýikligi 5-6 *m*-e ýetdi.

Howdanyň düýbünüň şeýle ýokary galmagy, çişginiň akymyň ugry boýunça ýokaryk ýaýraýan aralygyny ep-esli artdyrды. Çişgin egri çyzygynyň başdaky uzynlygy 21 *km*-e deň bolupdyr, 1962-nji ýylda bolsa çişgin egri çyzygynyň umumy uzynlygy 41 *km*-e deň boldy, ýagny takmynan, iki esse köpeldi. Akymyň erkin ýüzüniň eňňitligi Ata obasy bilen howdanyň arasynda, tebigy şertlerdäki 0,00065-den 0,00025-0,00028-e çenli peseldi.

1958-1962-nji ýyllarda geçirilen topografik ölçegler, 1954-1958-nji ýyllarda howdanyň hanasynyň başynda düýbünüň ortaça belliginiň 1,5 *m*, 1958-1960-njy ýyllarda bolsa ýene-de 0,5 *m* ýokary galandygyny görkezýär. Ata obasynyň ýanynda derýanyň düýbünüň ýokary galmagy 1-nji Tejen howdany ulanylyp başlandan soň, 1955-1956-njy ýyllarda başlandy. Bir ýylyň dowamynda akym doly kesilenden soň, derýanyň düýbi 10 *sm*, 1957-nji ýylda bolsa 0,8 *m* ýokary galypdyr.

1958-nji ýylyň joşgunynyň ahyrynda, Ata obasynyň ýanyndaky gözegçilik nokadynda çişginiň täsiri netijesinde derýa düýbünüň belligi 1,3 *m* ýokary galypdyr. Şu maglumatlardan görnüşine görä, howdanyň uzynlygy boýunça çökündileriň paýlanyş häsiýeti edil Murgap derýasyndaky, Ýolöten we Daşköpri howdanlardaky ýaly: howdanyň ulanylyp başlanan ilkinji ýyllarynda başlangyç bölekler gömülýär, ol çişginiň ýaýramagy we onuň ýaýran zolagynda getirintgileriň esli böleginiň çökmegi üçin şert döredýär; howdanyň ýokarky bölekleriniň gömülmegi bilen getirintgileriň çökmegi aşaky bölekleri we wagt geçmegi bilen bendiň ýanyndaky zolagy hem öz içine alýar, soňra getirintgileriň suw akdyryjy desganyň aşaky býefine akdyrylmany başlanýar; ýokarky gömlen böleklerde derýa hanasynyň täze şahalary emele gelýär, şolar boýunça getirintgiler derýa akymy bilen aşakdaky böleklere äkidilýär.

Edil şeýle yzygiderlilikde 1-nji Tejen howdanyndan akyp gelýän getirintgileriň doly çökmeginiň hasabyna 2-nji Tejen howdanyň hanasy gömülýär. Başlangyç göwrümi 183,5 mln *m*³ bolan 2-nji Tejen howdany 1960-njy ýyldan bäri derýanyň akymyny sazlamaga gatnaşýar. Şol wagtlar derýa akymy 1-nji Tejen howdanynda doly durlanýardy. Howdan ASD-e (adaty suw derejä) çenli doldurylanda, onuň suw ýüzüniň meýdany 40 *km*²-a, uzynlygy bolsa 10 *km*-e deň boldy.

Türkmenistanyň Gidrometeorologiýa gullugynyň maglumatlary boýunça 2-nji Tejen howdanyndan aşaky býefe akdyrylýan, gaýýan getirintgileriň mukdary 0,33 *kg/s*-a deň boldy. Ol howdanyň gömlüş we akymy sazlaýyş düzgüni Murgap derýasynda gurlan Saryýazy howdanyňka meňzeşdir.

2-nji Tejen howdanyňyň göwrümini kesgitlemek boýunça topografik ölçegler geçirilmändir, howdany ulanýan gullugyň maglumatlaryna görä, 1979-njy ýylyň 1-nji ýanwarynda howdanyň göwrümi 162,0 mln *m*³-a deň bolupdyr.

Ýokardaky maglumatlardan gelip çykyşyna görä, howdanyň gömlüş depgini ni kesgitleýji esasy faktor diýlip, getirintgileriň ýyllyk akymynyň ululygyny, onuň ýylyň dowamynda paýlanyş düzgünini, şeýle hem howdanyň doldurylýan wagtyny hasap etmek bolar.

1959-njy ýylda Sarahs şäherçesinden 13 km ýokarda Tejen derýasynda gurlan howdanlaryň ikinjisi bolan Horhor guýma howdany guruldy. Onuň taslama boýunça göwrümi 20,6 mln m^3 -a deň. 1983-nji ýylyň 1-nji ýanwaryna çenli howdanyň göwrümi gömülme sebäpli azalyp, 18,0 mln m^3 -a deň boldy.

Tejen derýasynda gurlan howdanlaryň iň ulusy “Dostluk” howdanydyr. Ol howdan Türkmenistanyň we goňşy Eýran Yslam Respublikasynyň arasyndaky ygtybarly hyzmatdaşlygyň we hoşniýetli goňşuçylyk syýasatynyň netijesinde bilelikde gurlan howdandyr. Ol 2005-nji ýylda Sarahs şäherçesinden 75 km günortada, iki döwletiň serhedi bolan Tejen derýasynyň hanasynda guruldy. “Dostluk” howdanynyň taslama boýunça doly göwrümi 1250 mln m^3 -a, peýdaly göwrümi 950 mln m^3 -a deň. Howdanyň uzynlygy 37,6 km.

Howdanyň gurulmagynyň esasy maksady Tejen derýasynyň akymyny sazlamakdan we joşgunyň garşysyna göreşmekden ybaratdyr. Howdan taslama göwrümine çenli doldurylandan soň, Türkmenistanyň we Eýran Yslam Respublikasynyň her biriniň çäginde 25000 gektar ekerançylyk meýdanlaryny suwarmaga amatly bolan mümkinçilikleri berer.

2.4. Etrek derýasynda gurlan suw howdanlary

Etrek derýasy Türkmenistanyň çäginde suwuny Hazar deňzine guýýan ýeketäk derýadyr. Häzirki döwürde ol derýanyň suwy güýçli depginde ekinleri suwarmak üçin ulanylýanlygy sebäpli, onuň suwy Hazar deňzine diňe derýanyň joşýan wagtynda ýetýär.

Derýanyň we onuň suw ýygnaýan meýdanynyň esasy bölegi Eýranyň çäginde ýerleşýär, derýa Etregiň iň uly goşandy bolan Sumbar derýasynyň Etrege guýýan ýerinde Türkmenistanyň çäğine gelýär.

Etrek derýasynyň suw ýygnaýan meýdanynda suw geçirijiligi örän pes bolan jynslaryň köp ýaýranlygy sebäpli joşgunyň esasy geçýän wagty bolan ýaz aýlaryndan (mart-maý) başga wagtlarda-da ýagyşdan emele gelen sil görnüşli joşgunlaryň geçýän wagtlyary seýrek bolmaýar.

Etrek derýasynyň suwuny tygşytly ulanmak maksady bilen derýada dürli döwürlerde sazlaýjy göwrümleri uly bolmadyk 3 sany howdan guruldy: Mämmetköl, Gyzylaý we Deleli. Şol howdanlar ýurdumyzyň günorta-günbatarynda ýerleşen etraplaryň suw bilen üpjünçiligini gowulandyrmaga uly ýardam berdi.

Hatda göwrümi uly bolmadyk howdan gurlanda-da derýadan ekinleri suwarmak üçin alynýan suwuň mukdaryny ep-esli artdyrýar. Oňa mysal hökmünde

1964-nji ýylda Etrek derýasynda gurlan Mämmetköň howdanyny (peýdaly göwrümi 17,9 mln m^3) we 1965-nji ýylda gurlan Gyzylaý howdanyny (peýdaly göwrümi 3,1 mln m^3) görkezme bolar.

Howdanlaryň uly bolmadyk göwrümlerine garamazdan (Etrek derýasynyň Türkmenistanyň çägene getirýän ortaça ýyllyk akymynyň, takmynan, 12%-ni tutýar), olar derýadan suwaryş üçin alynýan suwuň möçberini iki esse artdyrmaga mümkinçilik berýärler (5-nji tablisa).

5-nji tablisa

Etrek derýasynda Mämmetköň we Gyzylaý howdanlarynyň gurulmagy netijesinde derýadan suwaryş üçin alynýan suwuň möçberiniň özgermegi

Ýyllar	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Derýadan alynýan suwuň mukdary, m^3/s	0,68	0,59	0,69	0,59	0,58	0,67	0,81	1,28	2,08	2,26	2,34	2,04

2.5. Garagum derýasynda gurlan suw howdanlary

Garagum derýasy uzynlygy we akyp geçýän ýeriniň tebigy şertleri boýunça dünýäde deňi-taýy bolmadyk emeli derýadyr. Ol öz gözbaşyny Amyderýadan Bosaga obasynyň ýanyndan alýar, doly gurlup gutarylandan soň, onuň uzynlygy 1300 km-e ýeter.

Garagum derýasynyň Türkmenistanyň halk hojalygyny, aýratyn-da, oba hojalygyny ösdürmekde ähmiýeti örän uludyr. Ol 1954-nji ýylda gurlup başlandy, eýýäm 1970-nji ýylda Garagum derýasynyň akymynyň hasabyna Murgap, Tejen we Köpetdagiň etegindäki suwarymly ýerleriň 60 %-i suwarylýardy. Garagum derýasynyň gurulmagy netijesinde Amyderýanyň aşaky akymynyň ýokarky bölegi, Murgap we Tejen oazislari we Köpetdagiň etegindäki etraplar, şeýle hem Türkmenistanyň günorta-günbatar etraplary üçin hyzmat edýän bitewi suwaryş ulgamy döredildi diýmek bolar.

Az suwly ýyllarda Garagum derýasynyň akymynyň hasabyna Murgap we Tejen derýalarynyň töwereginde ýerleşen suwarymly ýerler ep-esli köpeliýär we tersine, köp suwly ýyllarda şol derýalaryň suwy Garagum derýasyny iýmitlendirmek üçin ulanylýar. Şeýlelikde, Garagum derýasynyň suwy meýdan we wagt boýunça sazlanýar.

Garagum derýasynyň akymyny sazlamak maksady bilen onda Hanhowuz, Günbatar, Gündogar (sport), Köpetdag we “Garaşsyzlygyň 15 ýyly” howdanlar guruldy, olaryň hemmesi guýma howdanlara degişli.

Garagum derýasynda 1963-nji ýylda Murgap we Tejen derýalaryň aralygynda akymy pasyllaýyn sazlaýan Hanhowuz howdany guruldy, onuň taslama boýunça göwrümi 875 mln m^3 -a deň. Häzirki wagtda Hanhowuz howdanynyň durkuny täzelemek boýunça birnäçe işler alnyp barylýar, ol işler tamamlanandan soň bolsa onuň göwrümi 1500 mln m^3 -a ýeter. Ol bolsa Mary we Ahal welaýatlarynyň birnäçe etraplarynyň ekerançylyk meýdanlarynyň suw üpjünçiligini gowulandyrmaga ýardam eder.

1962-nji we 1966-njy ýyllarda Günbatar (Gurtly) hem-de Gündogar (sport) howdanlary guruldy. Günbatar howdanynyň taslama boýunça göwrümi 48,0 mln m^3 -a deň, Gündogar howdanyňky bolsa 6,3 mln m^3 -a deň. Şol howdanlaryň gurulmagy bilen Aşgabat şäheriniň we golaýda ýerleşen ekerançylyk meýdanlaryň suw üpjünçiligi has-da gowulandy.

Garagum derýasynda 1987-nji ýylda Gökdepe şäherçesiniň ýanynda Köpetdag howdany guruldy. Onuň taslama boýunça başlangyç göwrümi 218,0 mln m^3 -a deň, onuň gurluşygynyň ikinji nobaty doly tamamlanandan soň, ol howdanyň göwrümi 550,0 mln m^3 -a ýetmeli. Ahal welaýatynyň Baharly, Balkan welaýatynyň Serdar we Bereket etraplarynyň suw üpjünçiligini gowulandyrmakda howdanyň hyzmatynyň ähmiýeti örän uludyr.

Garagum derýasynyň 57-nji kilometrinde 1982-nji ýyldan bäri Zeýit diýen köne guýynyň töweregindäki tebigy çökertliklerde geljegi has uly bolan “Garaşsyzlygyň 15 ýyly” atly howdan gurulýar. Ol howdan akymy köpýyllyk sazlamak üçin niýetlenen. Onuň taslama boýunça göwrümi 2200,0 mln m^3 -a deň. Hünärmenleriň tassyklamalaryna görä, howdanyň durky doly täzelenenden soň, onuň göwrümini has köp artdyrmak üçin örän amatly mümkinçilikler dörär.

Lebap welaýatynyň ekerançylyk meýdanlarynyň suw üpjünçiligini gowulandyrmakda howdanyň ähmiýeti örän uludyr. Ondan başga-da köp ýyllaryň dowamynda howdana ýyganan suw Garagum derýasy boýunça Murgap we Tejen derýalarynyň jülgelerine, Köpetdagyň eteginde ýerleşen etraplara we ýurdumyzyň günbatar sebitlerine akdyrylýar.

“Garaşsyzlygyň 15 ýyly” howdanyň akymy sazlamakdan başga-da ýene-de bir örän peýdaly aýratynlygy bardyr, ol hem ençeme ýyllaryň dowamynda Garagum derýasynyň suwuny durlaýjy bolup hyzmat eden, Kelif kölleri gömlenden soň howdan Garagum derýasynyň Amyderýadan alýan bulançak suwuny öz üstünden geçirip, getirintgilerden arassalaýar we durlanan suwy ýene-de Garagum derýasyna akdyrýar, ýagny suw durlaýjy bolup hyzmat edýär.

Garagum derýasynda ady sanalyp geçilen howdanlardan başga-da täze howdanlary gurmak göz önünde tutulýar, olaryň atlary we taslama boýunça maglumatlary 2-nji tablisada berilýär.

2.6. Türkmenistanyň howdanlarynyň özboluşly aýratynlyklary

Ýokarda belläp geçişimiz ýaly, Türkmenistanda hana we guýma howdanlaryň birnäçesi guruldy. Derýalaryň hanasynda gurlan howdanlar guýma howdanlar bilen deňeşdireniňde örän tiz gömülýär, onuň esasy sebäbi bolsa derýanyň ýylyň dowamynda getirýän hemme getirintgileriniň howdanyň hanasynyň üstünden geçmegidir.

Alymlaryň geçiren ylmy-barlag işleriniň netijesine görä, derýanyň hanasynda gurlan howdanyň ulanylyp başlanan ilkinji ýyllaryndan düýpki we gaýýan getirintgileriň hemmesi diýen ýaly howdana çökýär. Soňra derýanyň gaýýan getirintgileriniň has ownuk bölejikleri howdanyň üstünden aşaky býefe akyp geçýär, ýöne derýanyň getirintgileriniň esasy bölegi howdanyň düýbüne çökmegini dowam edýär. Wagtyň geçmegi bilen howdanyň çuňlugy peselýär, kenarýakalarynda çyglylygy gowy görýän ösümlükler ösüp başlaýar we howdan doly gömülýär. Şeýle ýagdaý Murgap we Tejen derýalarynyň käbir howdanlarynda bolup geçdi, olar bütinleý gömüldiler.

Türkmenistanda gurlan howdanlaryň tiz gömülmeginiň esasy sebäbi derýalaryň suwunyň bulançaklygynyň örän ýokary bolmagydyr. B.T.Kirstanyň beýan eden maglumatlaryna görä, Amyderýanyň suwunyň ortaça ýyllyk bulançaklygy (Atamyrat şäheriniň ýanynda) 3800 g/m^3 , Murgap derýasynyňky (Tagtabazar gözegçilik nokadynda) 4400 g/m^3 , Kaşan derýasynyňky (Gulja obasynyň ýanynda) 96000 g/m^3 , Guşgy derýasynyňky (Palaçpaýa diýen ýerde) 31000 g/m^3 , Tejen derýasynyňky (Pulhatyn gözegçilik nokadynda) 13000 g/m^3 , Etrek derýasynyňky (Etrek şäherçesiniň ýanynda) 25000 g/m^3 barabar boldy.

Amyderýanyň we Murgap derýasynyň suwunyň bulançaklygynyň ortaça ýyllyk möçberi $4000\text{-}5000 \text{ g/m}^3$ -dan az bolýar, ýöne şol derýalaryň, aýratyn-da Murgap derýasynyň goşantlary bolan Kaşan we Guşgy derýalarynyň bulançaklygy Nil derýasynyňkydan-da (3000 g/m^3 -dan köp däl) ep-esli köp bolýar. Türkmenistanyň derýalarynyň içinde iň uly bulançakly derýa Kaşan derýasydyr, ol joşanda misli läbik akýan ýaly bolýar diýip bilermenler ýazýarlar.

Alymlaryň tassyklamalaryna görä, derýalar boýunça gaýýan getirintgileriň ýyllyk akymynyň esasy böleginiň (Murgap derýasy boýunça 97,3 %, Guşgy derýasy boýunça 97,7 % we Tejen derýasy boýunça 99,0 %) geçýän döwründe, howdanlaryň öz doly göwrüminiň ortaça 70-100 %-i doldurylan bolýar.

Howdanlaryň doldurylmagynyň grafiginiň gaty akymyň akyp gelmeginiň düzgüni bilen şeýle utgaşmasy, gaýýan getirintgileriň iň maýda bölejikleriniň çökmegi üçin amatly şert döredýär.

Howdanlaryň gömlüş depginini peseltmek maksady bilen birnäçe hünärmenler howdanyň doldurylýan wagtyňy üýtgetmegi teklipl edýärler, ýöne howdanyň doldurylyş grafigi bilen suwaryş düzgünini utgaşdyryp bolmaýar. Ondan başga-da, bulançak joşgun suwlaryny durlaman howdanyň üstünden geçirseň, suwaryş nowhanalaryň gömülmegi mümkin.

Anyk mysallardan gelip çykyşyna görä, howdanlaryň gömülmegi gutulgysyz ýagdaý bolansoň, olary amatly ulanmak üçin bolsa howdanyň täsir edýän zolagynyň gömlüşini hemişe hasaba alyp durmaly.

Howdanlaryň hanasyny çöken getirintgilerden arassalamak ykdysady nukdaýnazardan amatsyzdyr. Köne howdany arassalamakdan täzesini gurmak has peýdaly bolýar. Şonuň üçin hem howdanlaryň göwrüminiň her ýyl azalýandygy sebäpli, Murgap we Tejen derýalarynyň akymyny sazlamak üçin her 10-15 ýyldan öňki gurlan howdanlaryň durkuny täzelemeli ýa-da şol derýalarda täzedan howdanlary gurmaly bolýar.

III BAP

SUW HOWDANLARY WE OLARYŇ GÖRNÜŞLERI

3.1. Howdanlaryň ýerleşiş aýratynlyklarynyň görnüşleri

Suw saklamak we akymy sazlamak maksady bilen akarda (derýada, nowhanada) bendiň kömegi bilen döredilen emeli köle suw howdany diýilýär. Bentden ýokarda suwuň derejesi ýokary galýar we köp göwrümde suw ýygnaýar, ol desgalaryň (böwetleriň, agyzýapylaryň, bent gädikleriniň) kömegi arkaly sazlanýar we hojalyk maksatlary üçin ulanylýar. Suw howdanynyň uzynlygy bentden suw çişgininiň ýaýran aralygyna deň bolýar. Suw howdanlary birnäçe alamatlar boýunça tapawutlandyrylýar. Olar ýerleşiş ýerlerine baglylykda düzlükdäkiler, dag etegindäkiler, daglykdäkiler, köllükdäkiler, guýup doldurylýanlar diýen esasy baş görnüşe bölünýärler.

Düzlükdäki suw howdanlary beýlekilere garanynda suw ýüzüniň meýdanynyň ululygy, uly bolmadyk in uly (15-25 m) we ortaça (köplenç, 5-9 m) çuňluklary, gowzamasynyň az çuňlugy (2-7 m aralygynda), ýumşak ýuwulýan jynslardan bolan kenaryň üýtgäp durmagy ýaly alamatlar bilen häsiýetlendirilýär. Şol suw howdanlary, köplenç, uly göwrümlü bolýar we toplumlaýyn ulanylýar.

Düzlükdäki derýalarda bentler gurlandan soň, suwuň derejesiniň ýokary galmagy sebäpli tutuş giden meýdan suwuň astynda galýar, şol sanda oba hojalyk üçin örän gymmatly bolan arnalar, öri meýdanlary, şeýle hem az-owlak tokaýlar suwa basdyrylýar. Ondan başga-da suw howdanynyň guruljak ýerinden ilatly obalary, şäherleri we başga wajyp gurluşyklary göçürmek meselesi ýüze çykýar. Ýerasty suwlaryň derejesiniň galmagy sebäpli suw howdanynyň töweregindäki ýerleri suw basýar. Ondan başga-da düzlükdäki derýalarda suw howdany gurlanda howdanda ýalpak ýerleriň meýdany köpeliýär. Ol ýerleriň akymy sazlamakda ähmiýeti uly bol-

maýar, bugarma zerarly bolýan suw ýitgisini ep-esli köpeldýär, şeýle hem ol ýerler otuň köp gögermegine, batgalyga, gömülmäge sezewar bolýarlar, howdandaky suwuň hiline ýaramaz täsir edýärler. Şonuň üçin hem düzlükdäki howdanlaryň suwunyň kesgitlenen kadalyk derejeleri we göwrümleri dürli şertler bilen çäklendirilýär we tehniki-ykdysady seljermeler esasynda belleniýär. Türkmenistanda gurlan suw howdanlarynyň esasylyry düzlükde ýerleşýärler.

Dag etegindäki suw howdanlary uly çuňluklary (70-100 m-e çenli we ondan hem köp), gowzama çuňlugynyň ululygy (10-20 m-e çenli), kenarynyň az üýtgemegi, suwa doly we biraz basdyrylan ýerleriň meýdanyň azlygy bilen häsiýetlendirilýär.

Daglyk ýerlerdäki suw howdanlaryna umumy uly çuňluklar (köplenç, 100 m-den hem köp) we uly gowzama çuňlugy (100 m we ondan hem köp) mahsusdyr. Şeýle howdanlarda suwuň astynda galýan we biraz suwa basdyrylýan meýdan, kenaryň üýtgäp durmagy, howdandan ýere siňýän suwuň mukdary onçakly köp bolmaýar. Daglyk ýerlerdäki derýalaryň jülgesiniň kese kesigi, köplenç, hana bilen gabat gelýär, onuň derýa suwunyň emele getiren hanasy görnüşinde bolmagy mümkin; kenarlaryň ýapgytlygy kert, kähalatlarda basgançakly, hanasynyň egrembugramlygy uly däl, arnasy bolmaýar; howdan gowzanda suw ýüzüniň meýdany birsydyrgyn üýtgeýär. Şeýle şertlerde uly göwrümlü howdan döretmek üçin beýik bent galdyrmaly bolýar. Daglyk derýalarynyň hanasynyň ýapaşaklygy we suwunyň akys tizligi uly bolýar, şol sebäpli-de derýa akymy örän köp getirintgini alyp gelýär, ol bolsa howdanyň gömülmegini çaltlandyrýar.

Köllükdäki suw howdanlary gözbaşyny kölden alýan derýalarda bent gurmak arkaly döredilýär we bendiň täsiri bilen suwuň derejesi ýokary galyp, kölüň suwunyň derejesini ýokary galdyrýar. Şonuň ýaly suw howdanlarynyň artykmaçlygy şundan ybarat: suwuň derejesini şeýle bir ýokary galdyrmak, kiçiräk meýdany suwa basdyryp, uly göwrümlü howdanlary gurmaga mümkinçilik döredýär. Şeýle howdanlara Irkutskoýe (Russiýa), Ouen-Fols (ekwatorial Afrika) howdanlary we başgalar degişlidir.

Guýlup doldurylýan howdanlar, köplenç, tebigy çöketlikleri ulanyp gurulýar we derýanyň töweregindäki pes ýerleriň daşyna gaçy galdyrylýar. Adatça, şol suw howdanlary onçakly uly bolmaýarlar. Olar, esasan, ýerleri suwarmak we gidroakkumulirleýji elektrostansiýalar üçin ulanylýar. Garagum derýasyndaky Howuzhan, Zerewşan derýasyndaky Katta-Kurgan (Özbekistan) suw howdanlaryny nygtaýan pikirimize mysal hökmünde görkezmek bolar.

3.2. Howdanlaryň ululyklary boýunça toparlara bölünişleri

Suw howdanlary suwuň ýüzüniň meýdany we göwrümi boýunça özara toparlara bölünýärler (*6-njy tablisa*).

Suw howdanlarynyň ululyklary boýunça bölünişleri

Suw howdanlarynyň ölçegi	Doly göwrümi, km^3	Suw ýüzüniň meýdany, km^2
Has uly	> 50	> 5000
Örän uly	50-10	5000-500
Uly	10-1	500-100
Orta	1,0-0,1	100-20
Uly bolmadyk	0,1-0,01	20-2
Kiçi	$< 0,01$	< 2

Ululygy we suw ýüzüniň meýdany uly bolmadyk ($< 1 km^2$) emeli howdanlara howuz diýilýär.

Suw howdanlary çuňlugy, daş görnüşi, ýylylyk düzgüni we başgalar boýunça özara toparlara bölünýärler.

Bütin dünýä boýunça sygymy 1 mln m^3 -dan köp bolan 13000-den köpräk suw howdanlary gurlan. Olaryň umumy göwrümi, takmynan, 5500 km^3 , meýdany 600 müň km^2 . Şol sanlaryň ähmiýetine göz ýetirmek üçin bir zady bellemek gerek, ýagny bütin dünýädäki derýalaryň hanasynda şol bir wagtda ýyganan suwuň umumy göwrümi 2120 km^3 -a deň, Ýer togalagyndaky derýalaryň ýyllyk akymynyň jemi göwrümi bolsa 46800 km^3 . Şeýlelikde, suw howdanlaryndaky ýyganan suwuň göwrümi derýalaryň suw ätiýaçlygynyň göwrüminden iki esseden hem köp we bütin dünýädäki derýalaryň ýyllyk akymynyň jemi göwrüminiň 11 %-inden hem köpräk bolýar. Dünýädäki howdanlaryň suw ýüzüniň meýdany Gara deňziň umumy meýdanyndan (431 müň km^2) hem köpdür.

Dünýäniň iň uly howdanlary baradaky esasy maglumatlar aşakdaky ölçeg sanlary bilen anyk beýan edilýär.

Iň ululary:

a) göwrümi boýunça;

Nil derýasynda we Wiktoria kölüde Ouen – Fols (Tanzaniýa, Keniýa, Ugan-da): doly göwrümi 205 km^3 ; Angara derýasynda (Russiýa) Bratsk – doly göwrümi 169 km^3 ; Zambeziýa derýasynda (Zambiýa) Kariba – doly göwrümi 160 km^3 .

b) meýdany boýunça;

Wolta derýasynda (Gana) Wolta: suw ýüzüniň meýdany 8,5 km^2 ; Wolga derýasynda (Russiýa) Kuýbyşewskoýe: suw ýüzüniň meýdany 6,45 km^2 .

Suw howdanlary senagaty ösen we ösüş ýolundaky döwletlerde köp gurulýar. Afrikada 40-50 ýyl mundan ozal howdan ýok diýen ýalydy. Häzir ol ýerde dünýäniň iň uly suw howdanlarynyň 5-den 4-si ýerleşýär. Soňky 15-20 ýylyň dowamynda Türkmenistanda, Hindistanda, Braziliýada, Meksikada, Yrakda we beýleki döwletlerde birnäçe suw howdanlary guruldy. Suw howdanlarynyň gurluşygy dünýäniň hemme künjeginde yzygiderli dowam etdirilýär.

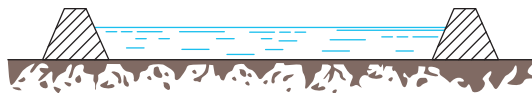
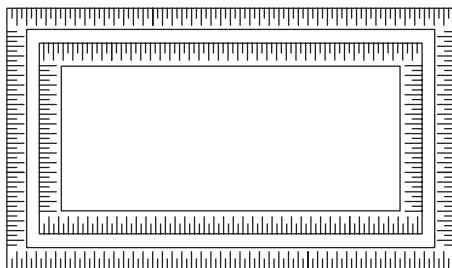
3.3. Howdanlaryň gurluşlary boýunça esasy görnüşleri

Howdanlar gurluşlary boýunça aşakdaky görnüşlere bölünýärler:

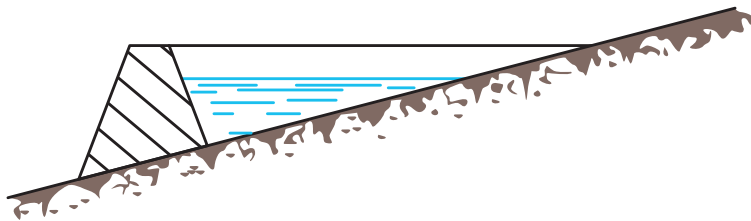
a) **ýapyk howdanlar** (howuzlar) metaldan, betondan, daşdan, demirbetondan we başga zatlardan gurulýar. Olary ýerde (bölekleyin ýa-da doly) ýa-da ýeriň üstünde, kähalatlarda ýeriň üstünden belli bir beýiklikde-de ýerleşdirýärler. Olar, esasan, suw üpjünçiliginde akymy gije-gündiz sazlamagyň howzy hökmünde ulanylýar; şol bir wagtda olaryň basyşly howuz bolup hyzmat edýän wagtlary hem az däl;

b) **açyk howzy** ýeri gazyp, suw geçirmeýän örtük bilen örtüp ýa-da örtmän gurýarlar, ony, esasan, gidroelektrostansiýalarda suw sowujy nowhananyň ahyrynda (turbinaryň önünde) basyş dörediji howuz hökmünde ulanýarlar; açyk howuzlar özüne birleşýän suw getiriji nowhanalar bilen bilelikde akymy gije-gündiz sazlamak üçin hyzmat edýärler;

ç) **kese ýa-da biraz ýapgyt ýerde gaçy galdyrylyp döredilýän howdanlar** (6-njy we 7-nji suratlar). Şol görnüş ýokarky *b* görnüş bilen deňeşdireniňde has amatly, sebäbi gaçynyň 1 m^3 göwrümine suw ätiýaçlygynyň birnäçe m^3 göwrümini alyp bolýar. Suw ýüzüniň meýdany örän uly bolan howdanlarda bugaryp we ýere siňip, örän köp mukdardaky suw ýitgileri emele gelýär; şonuň üçin hem uly, daşy gaçylan howdana taslama düzülende olaryň dürli çuňluklarynyň birnäçesini ykdysady taýdan deňeşdirip, olaryň içinden amatlysyny özüne saýlap almaly.



6-njy surat. Howdany tekiz ýerde gaçy galdyryp gurmak



7-nji surat. Howdany ýapgyt ýerde gaçy galdyryp gurmak

Ýapaşak ýerde gaçy galdyrylyp gurlan suw howdanlaryny doldurmak gaçylanan nowhananyň ýa-da suw sorujylaryň kömegi bilen amala aşyrylýar. Ýapgyt ýerde gurlan howdanlar ýokarda ýerleşýän meýdanlardan akyp gelýän suwy ýygnaýar ýa-da üstünden geçýän derýalaryň hasabyna ýa-da suw geçiriji nowhananyň kömegi bilen doldurylýar.

Howdanyň bu görnüşi liman usuly bilen ekinleri suwarmakda giňden ulanylýar, howdan ýazdaky suwlary wagtlaýyn saklamak üçin hyzmat edýär. Ýazda ýyganan suw aşakda ýerleşen meýdanlary suwarmak, şeýle hem howdanyň (limanyň) özündäki ekin meýdanlaryny suwarmak üçin ulanylýar.

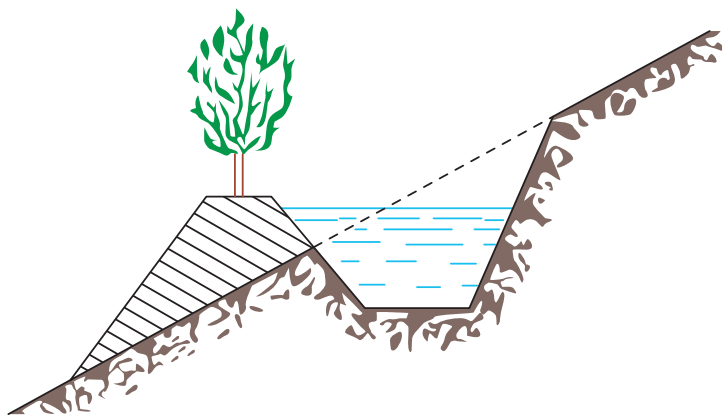
Eger-de howuz gazylandaky çykarylýan gumy, şol bir ýer işleriniň göwrümünde howzuň suwuny köpeltmäge mümkinçilik berýän gaçyny galdyrmak üçin ulansaň, howdanyň *b* we *ç* görnüşleriniň aralygy bolmagy mümkin (8-nji surat).



8-nji surat. Howdany gazyp we gaçy galdyryp gurmak

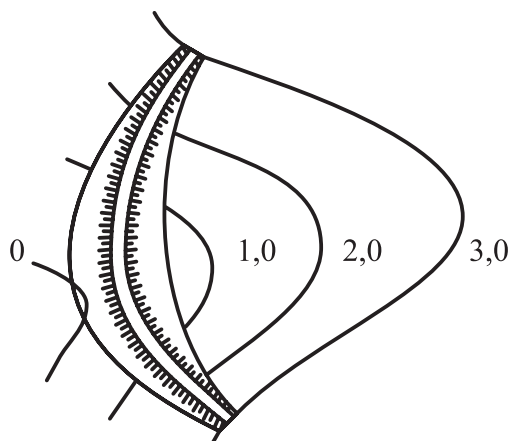
Howdanyň şol aralyk görnüşine daglyk ýerlerde ygallaryň ýagýan ýerinde dag akymalarynyň güýjüni gowşatmak maksady bilen ilkinji akymlary saklamak we ýapgytlyklaryň ýuwulmagyny hem-de opurylmagyny togtatmak üçin ulanylýan «Kese ganawlar» diýilýänleri hem degişli etmek bolar (9-njy surat).

Şol işleri ýerine ýetirmek ýapgytlyklary tokaýlaşdyrmak bilen baglanyşyklydyr.



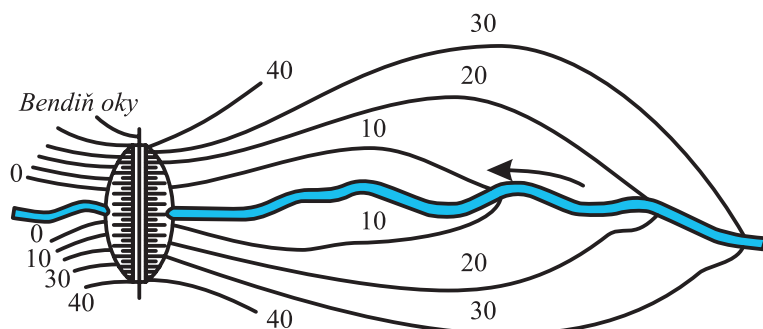
9-njy surat. Agaç ekilýän kese ganaw

Eger-de howdanyň gurulýan ýerinde tebigy çöketlikler bar bolsa, onda howdany gaçylap gurmak örän amatly bolýar (10-njy surat), çöketlik bar ýerinde galdyrylýan gaçynyň uzynlygy gysgalýar; şeýle ýagdaýda ýuwaş-ýuwaşdan bentli howdanlaryň görnüşine geçilýär.



10-njy surat. Çöketlikde gaçy galdyrylyp gurlan howdan

d) **bentli howdan** (11-nji surat) howdanyň iň köp ýaýran görnüşidir, ýerli şertlere baglylykda ol birnäçe görnüşlere bölünýär; şol görnüşler howuzdan başlap, uly derýalardaky ägirt uly desgalara çenli üznüksiz hatardan ybaratdyr.



11-nji surat. Bentli howdan

Bentler ýa-da derýanyň keseligine gurlan, suw çişginini döredýän desgalar ýerine ýetirýän wezipeleri boýunça özara toparlara bölünýärler:

1. Suw çişiriji, bütin ýylyň ýa-da ýylyň belli bir böleginiň dowamynda ýokarky býefde suwuň derejesini ýokarlandyrmak üçin hyzmat edýär; suwuň derejesi şeýle maksatlar üçin ýokarlandyrylýar:

a) derýada gämi gatnawy üçin gerek bolan çäge çenli çuňlugy köpeltmek;

b) gidroelektrostansiýanyň işlemegi üçin basyş döretmek;

ç) suw üpjünçiligi, suwaryş ýa-da suw energiýasyny ulanmak üçin gazylan nowhana derýadan suw almagy aňsatlaşdyrmak.

2. Suw saklaýjy bentleriň kömegi bilen döredilen suw howdanynda suw ýygnamak, ýagny akymy sazlamak üçin hyzmat edýärler. Bentleriň şeýle iki görnüşi hem seýrek duş gelýär, köplenç ýagdaýlarda, bent iki wezipäni hem ýerine ýetirýär; hakykatdan-da, takmynan, hemme beýik suw saklaýjy bentleriň ýanynda bent arka-

ly döredilen gidroelektrostansiýalar gurulýar; beýleki tarapdan, hatda kiçi basyşly gämi gatnawly we gidroelektrostansiýaly bentler hem akymy gije-gündizlik, kāmahallar bolsa bölekleyin ýyllyk sazlamaga-da mümkinçilik berýärler.

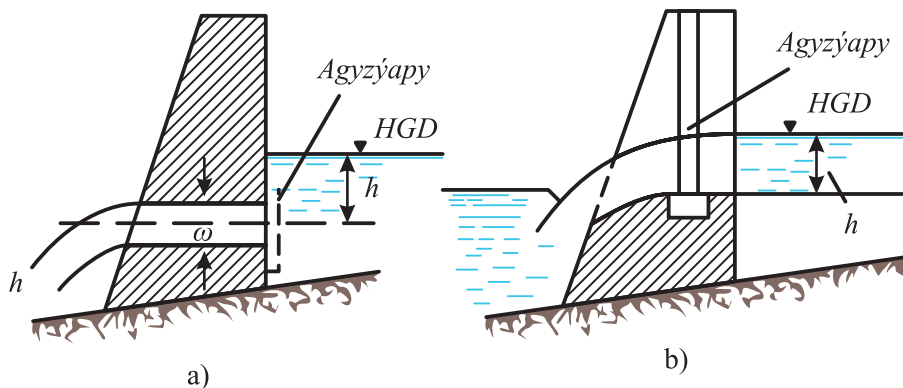
3.4. Bentli howdanlaryň elementleri

Bentli howdanlaryň esasy elementlerine we şonuň bilen baglanyşykly ony hasaplamagyň esasy wezipelerine seredip göreliň:

1. Howdanda suw ýygnaýar we suw sarp edijileriň talaplaryna laýyklykda howdandan suw alynýar; howdandan suw almak üçin hyzmat edýän desgalara suw alyjy desgalar (gatla) diýilýär.

Käbir ýagdaýlarda howdandan suwy suw sorujynyň kömegi bilen alýarlar; şeýle ýagdaýlarda suw alyjy desga bolup suw sorujy stansiýalar hyzmat edýär, olar bentde ýa-da howdanyň kenarynda ýerleşdirilýärler; bendiň özünde başga suw alyjy desga gerek bolmaýar.

Köplenç ýagdaýlarda, howdan suwy öz akymyna bentden aşaklygyna derýa ýa-da ýörite nowhana, suw kabul edijä we ş.m. akdyrylýar. Suwy akdyrmagy üpjün etmek üçin howdanyň aşaky býefinde deşik bolmaly, onuň haýsy hem bolsa biri agyzýapy bilen ýapylmagy mümkin; şol agyzýapyly deşik (suw akdyryjy), köplenç, howdanlaryň ilkinji esasy elementidir. Suw akdyryjy desga basyşly (bentdäki deşik ýa-da bendiň gabarasyndaky turbalar görnüşinde) ýa-da erkin akymly (bent gädikleri görnüşinde) bolýarlar. Suw akdyryjylaryň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary, esasan, onuň kese ölçegleri (agyzýapy doly açyk bolanda) we basyş bilen, ýagny howdanda deşiğiň üstündäki suwuň derejesi bilen kesgitlenilýär; deşik suwa basdyrylanda suwuň mukdary, şeýle hem aşaky býefdäki suwuň derejesi bilen kesgitlenilýär. Suw akdyryjynyň işleýşiniň iki ýönekeý ýagdaýlary (*12-nji a we b suratlar*) üçin hem suwuň mukdaryny kesgitlemegiň aňlatmasyny şeýle ýazmak bolar:



12-nji surat. Suw alyjy desgalaryň görnüşleri:

a – suw akdyryjy deşikli; b – bent gädikli

a) suw diwardaky deşigiň üstünden akyp geçende

$$q = m_1 \omega h_q^{1/2}, \quad (8)$$

bu ýerde ω – deşigiň meýdany; h_q – deşigiň merkeziniň üstündäki basyş we m_1 – suw mukdarynyň köpeldijisi;

b) suw bent gädiginiň üstünden akyp geçende:

$$q = m_2 b h_q^{3/2}, \quad (9)$$

bu ýerde b – bent gädiginiň giňligi (bosaganyň uzynlygy).

Agyzýapylar bölekleyin ýapyk bolan ýagdaýynda ω we b , şeýle hem m_1 we m_2 ululyklar agyzýapylaryň ýapylyş derejesi boýunça kesgitlenilýär. Howdanyň işleýän islendik pursadynda suwy ulanyş grafige laýyklykda q suw mukdaryny aşaky býefe akdymagy üpjün etmeli, ony suw alyjy desganyň agyzýapysynyň açylyşyny sazlap amala aşyryp bolýar.

2. Az suwly döwrüň ahyrynda howdanyň boşaýan, ýagny howdanda suwuň derejesiniň örän pese düşýän pursatyna aýratyn üns bermeli. Şol pursatda suwy ulanyş grafik boýunça q suw mukdaryny bermek talap edilýär diýip hasap edeliň. Onda agyzýapylar doly açylanda 8-nji we 9-njy deňlikler berjaý edilmeli. Diýmek, ol deňlikler desgalaryň kese ölçeglerini (ω ýa-da b) we howdana taslama düzülen-de göz önünde tutulýan howdandaky iň pes suw derejäniň (H_q) arasyndaky baglanyşygy kesgitleýärler. 8-nji ýa-da 9-njy deňlikleriň her birinde iki sany üýtgeýän ululyklar bar (berlen q -da) we şonuň üçin hem deňlikler entäk ol iki ululyklary kesgitlemäge mümkinçilik bermeýär; ýöne eger-de ol ululyklaryň biri bellenen bolsa, onda ol deňlikler beýleki üýtgäp durýan çäklendirilen ululygy kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Mysal üçin, aşaky býefe suw akdyryjynyň kese ölçegleri saýlanyp alnan bolsa, şeýle hem suw akdyryjynyň belentlikde ýerleşşi bellenen bolsa, onda 8-nji ýa-da 9-njy deňlikler h_q -y, ýagny howdandaky suwuň iň pes çäklendirilen derejesini kesgitlemäge mümkinçilik berýärler. Howdandaky suwuň derejesini, suwuň çäklendirilen şol pes derejesinden aşak düşürmeli däl, çünki suwy ulanyjylary berlen q suw mukdary bilen üpjün etmekde bökdençligiň ýüze çykmagy mümkin. Suwuň çäklendirilen iň pes derejesinden aşakda ýerleşen suwuň göwrümini howdandan alyp peýdaly maslahatlar üçin ulanyp bolmaýar; şonuň üçin hem ol göwürüme howdanyň hemişelik göwürümi (HG ýa-da V_h) diýilýär, oňa laýyk gelýän suwuň derejesine bolsa hemişelik göwürümiň derejesi (HGD ýa-da H_h) diýilýär.

Hemişelik göwürüm (V_h) suw howdanynyň doly göwürüminiň hemişelik bölegi, ol adaty şertlerde ulanylmaýar we akymy sazlamaga gatnaşmaýar. Bendiň düýbünde aşaky býefe suw akdyryjy deşik bar bolsa, onda hemişelik göwürüm iki bölege bölünýär: ulanylmaýan göwürüm (öz akymyna akmaýan), ol aşaky býefe suw akdyryjy deşigiň bosagasyndan aşakdaky göwürüm we deşigiň ýokarsyndaky göwürüm, munuň ýokarky bölegini gerek bolsa (adaty bolmadyk şertlerde) ulanyp bolýar. Hemişelik göwürüm ýa-da onuň belentlik bellikleri bellende birnäçe ýagdaýlary hasaba almaly, aşakda olaryň üstünde durup geçeris.

Howdanyň gömülmegini hasaba almak. Eger-de ulanylyş şertleri boýunça howdany wagtal-wagtal ýuwup bolmaýan bolsa (mysal üçin, akym doly sazlanýan bolsa), onda howdanyň iş möhletini köpeltmek üçin diňe onuň hemişelik uly göwrümini alyp, örän köp ýyllaryň dowamynda getirintgileri toplar ýaly etmeli. Suwaryş üçin niýetlenen howdanlaryň birnäçesi ýazdaky joşguny az suwly ýyllarda-da aşaky býefe akdyрмаýarlar ýa-da artykmaç bolaýanda-da suw joşgunynyň ahyrynda akdyrylýar. Howdanyň şol görnüşine biziň ýurdumyzda gurlan howdanlaryň birnäçesi degişli; şeýle howdanlar örän uly hemişelik göwrümi talap edýärler.

Basyşy üpjün etmek. Eger-de gidroelektrostansiýa howdanyň döreden basyşyny ulanýan bolsa, onda hemişelik göwrümiň belligi (*HGB*) gidroelektrostansiýadaky iň pes belligi kesgitleýär; bellik näçe ýokary bolsa, şonça-da gidroelektrostansiýanyň kuwwaty uly bolýar. Şeýle ýagdaýda *HGB* gidroelektrostansiýanyň iň köp energiýa işläp çykmak şertinden ugur alyp kesgitlenilýär. Eger-de şeýle bolanda *HGB* haýsy hem bolsa bir sebäp bilen çäklendirilýän bolsa (mysal üçin, geologik şertler, ilaty köp bolan uly obalary suwa basdyrmazlyk we ş.m.), *HGB*-ni ýokarlandyrmak üçin peýdaly göwrümi, diýmek, howdanyň sazlaýjy ukybyny azaltmaly bolýar. Şonuň üçin hem *HGB*-ni bellemek işi örän çylşyrymly mesele we saýlanyp alnanda birnäçe görnüşli deňeşdirmeleri talap edýär.

Gämi gatnawyny üpjün etmek. Eger-de howdan şol bir wagtda gämi gatnawy üçin hem ulanylýan bolsa, onda *HGB*-ni bellemäge uly talap bildirilýär. Howdanyň kömegi bilen gämi gatnawynyň ýoluny sazlaýarlar, ýagny gerek bolanda suwuň derejesini ýokary galdyryýarlar ýa-da pese düşürýärler. Howdandaky suwuň iň pes çuňlугy bolsa *HGB*-niň iň pes ýagdaýyny kesgitleýär.

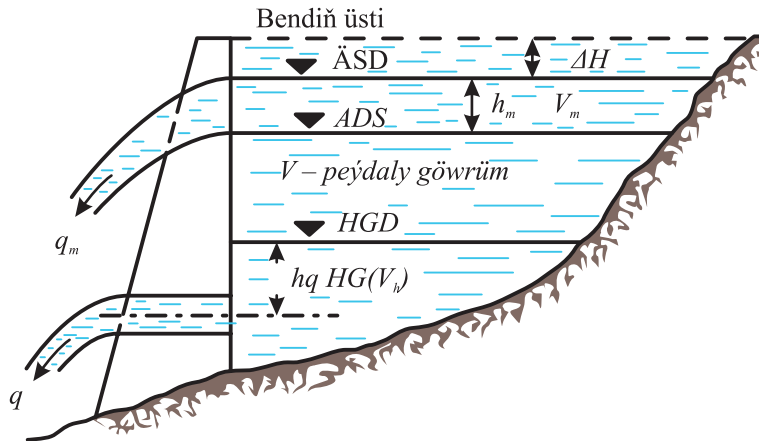
Suwuň amatly akýan beýikligini üpjün etmek. Suwarylýan meýdana howdandan suw öz akymyna akdyrylanda meýdanyň belligi (howdandan suwarylýan meýdana çenli ýitýän basyşy hasaba alyp) *HGB*-ni kesgitleýär.

Suwuň galdyrylýan beýikligini hasaba almak. Haçan-da suw howdandan suw sorujy stansiýanyň kömegi bilen alnanda we ýokarda ýerleşen ýerlere berlende (mysal üçin, suwarmak ýa-da suw üpjünçiligi üçin), *HGB*-ni saýlap almak gös-göni suw sorujy stansiýanyň kuwwatyna bagly bolýar. *HGB*-gi näçe ýokary alynsa, şonça-da suw sorujy stansiýanyň kuwwaty pes bolýar.

Sanitar-gigiýena şertler. Eger-de howdanyň düýbi kiçi bellikli we uly giňişlikleri öz içine alýan bolsa, onda *HGB*-gi örän pes bolýar. Şeýle bolanda gyzzyrma (ysytma) we beýleki keselleriň ýaýramagy üçin şert döreýär: suwuň hili içmek we hojalykda ulanmak üçin ýaramsyz bolmagy mümkin. Şonuň üçin *HGB*-niň şeýle bir belligini bellemeli, ol suwuň iň pes derejesinde ýeterlik çuňlугy üpjün eder ýaly bolmaly.

Balyk hojalygy. Howdanlaryň hemmesinde diýen ýaly balykçylyk hojalyklary döredilýär, ol şeýle hem bolmaly. Howdan *HGB*-ne çenli boşadylanda, bellenen hemişelik göwrüm howdandaky hemme balyklary howa we iýmit bilen doly üpjün eder ýaly bolmaly.

3. Howdanda hemişelik göwrümiň derejesinden ýokarda (13-nji surat) ýerleşen göwrüme peýdaly göwrüm (V_p) diýilýär. Peýdaly göwrüm (V_p) akymy sazlamak üçin ulanylýan howdanyň esasy göwrümidir. Ol HGD -sinden ýokarda ýerleşýär we onuň ýokarsy suwuň adaty derejesi (ASD) bilen çäklendirilýär. ASD gidrotehniki desgalaryň adaty şertlerde ulanylandaky ýokarky býefiň suwunyň iň ýokary derejesidir. Suwuň adaty derejesine (ASD) kähallatlarda howdanyň suwunyň işçi derejesi hem diýilýär.



13-nji surat. Howdanyň esasy elementleriniň çyzgysy

Suw howdanyň doly göwrümi ASD -niň beýikligine laýyk gelýär we peýdaly hem-de hemişelik göwrümleriň jemine deň bolýar:

$$V_{doly} = V_{ASD} = V_{hem} + V_{peý}. \quad (10)$$

4. Howdana suwuň gelşi hemişe endigan bolmaýar (derýanyň tebigy akymynda) we köplenç ýagdaýlarda, howdan doldurylandan soň (ASD -e çenli) joşgun suwuň gelmek ähtimallygy bolýar. Howdanyň bolmalysyndan artyk dolmagyna ýol bermezlik üçin, adaty, aşaky býefe suw akdyryjy desgalar göz önünde tutulýar, olar suwy zyýansyz aşaky býefe geçirmäge mümkinçilik berýärler.

Gidrotehniki desgalar adaty şertlerde ulanylanda ýokarky býefde suwuň adaty derejesinden ýokarda suwuň wagtlaýyn rugsat berilýän derejesi bellenilýär, oňa ätiýaçlyk suw derejesi (\bar{ASD}) diýilýär. Ol ASD -den ýokardaky suwuň göwrümini çäklendirýär, şol göwrüme bolsa howdanyň ätiýaçlyk göwrümi (V_a) diýilýär.

Howdanyň suw akdyryjy desgalarynyň iki görnüşü bolýar:

a) düýpki suw akdyryjy, ol bendiň gabarasynda deşik ýa-da turba görnüşinde bolýar: ol, köplenç, basyşy köpeltmek, howdandaky hemme suwy akdyrmak we howdandaky getirintgileri ýuwmak üçin howdanyň iň aşaky böleginde ýerleşýär. Käbir ýagdaýlarda suw akdyryjy desgalaryny bendiň beýikligi boýunça dürli derejelerde gurýarlar. Şeýle suw akdyryjylaryň her biri laýyk agyzapylyr bilen ýapylyar.

Suw akdyryjynyň üstünden aşaky býefe akyp geýýän suwuň mukdary aşakdaký aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$q_{\max} = m_1 \omega h_{\max}^{1/2}; \quad (11)$$

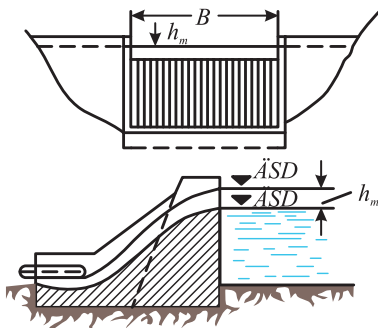
suw akdyryjynyň üstünden akdyrylyp geçirilmeli iň köp suwuň mukdaryny q_{\max} anyklap we suw akdyryjy deşigiň meýdanyny ω kabul edip, iň uly basyşy h_{\max} we $\ddot{A}GD$ -niň belligini tapýarys. $\ddot{A}GD$ -däki basyşy ulanyp, suwuň derejesini ASD -den ýokary galdyрман suwuň iň köp mukdaryny q_{\max} geçirip biljek suw akdyryjynyň meýdanyny kabul etmek bolýar (elbetde, agyzýapylary seresaplylyk bilen işletmeli);

b) bosagasy ASD -niň belliginde ýerleşen howdanyň ýokarky býefindäki ýapyk suw akdyryjy bent gädigi (13-nji surat). Suw akdyryjynyň giňligi B we suwuň derejesi ASD -niň üstünde h_{\max} ululykly bolanda suw akdyryjynyň üstünden akyp geýýän suwuň mukdaryny aşakdaký aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

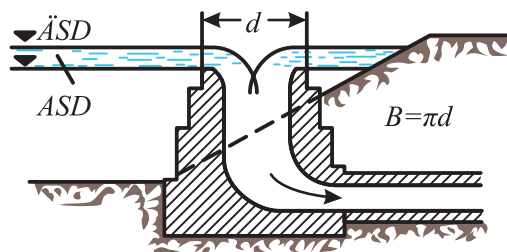
$$q_{\max} = m_2 B h_{\max}^{3/2}. \quad (12)$$

Suwuň iň köp mukdaryny q_{\max} bilip we bent gädiginiň giňligini B kabul edip, suwuň ASD -niň üstündäki iň ýokary beýiklik derejesini h_{\max} diýmek, $\ddot{A}GD$ -ni kesgitlemek bolýar.

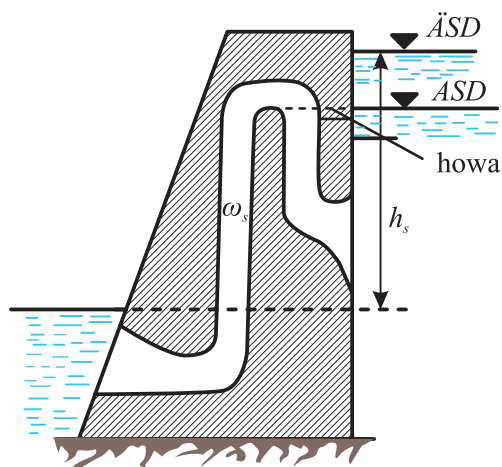
Ýapyk suw akdyryjy suw akdyryjy desgalaryň iň köp ýaýranydyr; hemme uly howdanlar diýen ýaly ýeke-täk suw akdyryjy, ýa-da suw akdyryjy desgalaryň beýleki görnüşlerine goşmaça hökmünde ýapyk suw akdyryjylar bilen enjamlaşdyrylýar. Ýapyk suw akdyryjylaryň gurluşynda we ýerleşişinde uly dürli-dürlülük bardyr; köplenç, ýapyk suw akdyryjy daşdan we betondan gurlan bendiň gabarasyndy (14-nji surat), ýa-da bendiň daşyndan aýlanyp geýýän suw akdyryjy nowhanadaky bosaga görnüşinde, ýa-da ýerasty suw akdyryjy görnüşinde (15-nji surat) gurulýar. h_{\max} basyşy peseltmek üçin sifonly suw akdyryjy (16-njy surat) ulanylýar, ol aşakdaký deňleme boýunça işleýär:



14-nji surat. Bendiň gabarasyndaky ýapyk bent gädigi



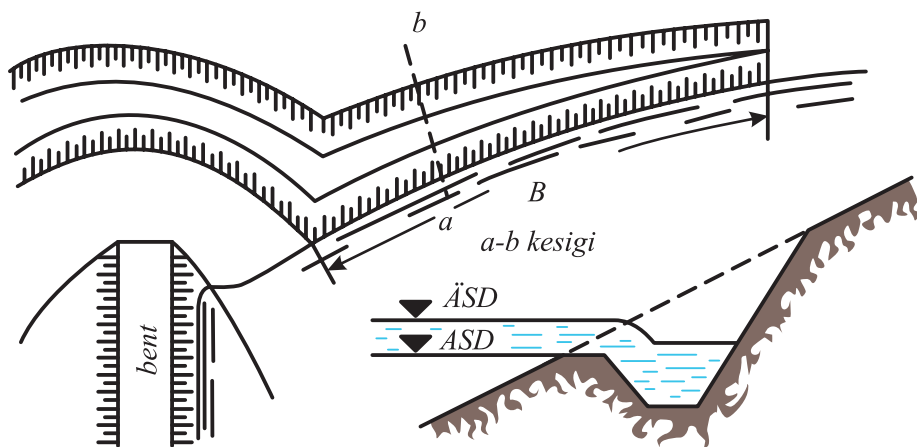
15-nji surat. Şahta görnüşli bent gädiginiň çyzgysy



16-nji surat. Sifon görnüşli bent gädigi

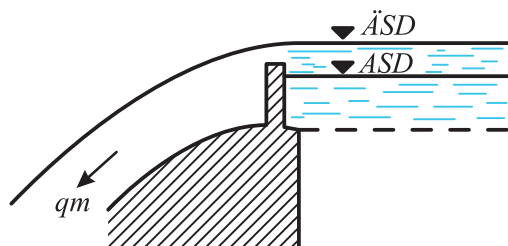
$$q_{\max} = m\omega_s h_s^{1/2}, \quad (13)$$

ýagny örän uly basyşy ulanýan, ýa-da bent gädiginiň giňligi B köpelyär. Bent gädiginiň giňligini köpeltmegi garymly suw akdyryjyny (17-nji surat) ulanyp amala aşyrmak bolýar, üstesine-de suw geçiriji garymyň bosagasy ASD -iň beýikliginde suwuň gyrasy boýunça uly aralyklara uzalyp gidip biler. Hatda suw geçirijiniň uly giňliginde-de suwuň iň köp mukdary akdyrylanda uly basyş h_{\max} döreýär, ol howdanyň edil şol peýdaly göwrümünde bendiň beýikligini köpeltmegi talap edýär.



17-nji surat. Garym görnüşli suw akdyryjy desga

Diňe işçi suw derejesini ASD -iniň deňinde saklaýan we uly suw mukdarlary geçende açylýan, ýapyk bent gädiginiň depesinde ýerleşen agyzýapylary (18-nji surat) ulanyp, ondan dynmak bolýar.



18-nji surat. Depesi germewli bent gädigi

18-nji suratda görnüşi ýaly, ASD -niň we \dot{ASD} -niň aralygynyň tapawudyny şeýle ýol bilen iň az ululyga ýetirmek boljak; ýapyk bent gädiginiň depesindeki agyzýapylar gurluşlary boýunça dürli-dürli bolup bilerler; ýasy germewler, şandorlar, sektorly we klapanly agyzýapylar we ş.m., olaryň käbirleri awtomatlaşdyrylan, ýagny aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryna garamazdan, suwy şol bir ASD -de saklaýarlar.

Bent gädiginiň depesinde agyzýapylar bar bolsa, bent gädigi dürli bellikli bolup biler, mysal üçin, bendiň aşaky býefinde ýerleşmegi mümkin.

Bendiň ýokarky býefinde akyp gelýän buzy aşaky býefe geçirmek üçin hem suw akdyryjy deşik gurýarlar; beýle şertler agyzýapylaryň gurluşyna hem täsir edýärler.

Bendiň özüniň we onuň bilen baglanyşykly desgalaryň depesi \dot{ASD} -den belli ätiýaçlykly ΔH beýiklikde ýerleşýär, ol, esasan, howdan dolanda ýeliň täsiri bilen emele gelýän tolkunynyň beýikligi bilen kesgitlenilýär; tolkunynyň beýikligi laýyk aňlatmalar boýunça kesgitlenilýär.

3.5. Howdanyň suw hojalyk hasaplamalarynyň tertibi

Ýokarda agzalyp geçilen bentli howdanyň esasy elementleri howdana taslama düzülende esasy suw hojalyk hasaplamalaryň düzümini kesgitleýärler. Şol hasaplamalara aşadakylyk deňişlidir:

- 1) HGD -ni bellemek we HG -iň ululygyny kesgitlemek;
- 2) suw alyjy desganyň görnüşini, ýerleşişini, beýikligini we kese ölçeglerini kesgitlemek;
- 3) ASD -sine çenli howdanyň gerek bolan peýdaly göwrümini kesgitlemek; ol bölek bolsa suw hojalyk hasaplamalaryň iň esasy we uly bölegi hasap edilýär;
- 4) aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň görnüşini, ölçeglerini we ýerleşiş beýikligini kesgitlemek, şeýle hem q_{\max} -my we \dot{ASD} -ni kesgitlemek;
- 5) ΔH ätiýaçlygy we bendiň depesiniň belligini kesgitlemek.

Bu ýerde howdana taslama düzmäniň iň ýönekeý ýagdaýlaryna deňişli esasy hasaplama meseleler sanalyp geçildi; köplenç ýagdaýlarda, hasaplamalar birnäçe sebäplere baglylykda kynlaşýar, olar barada kitabyň öz deňişli bölümlerinde aýratyn nygtalýar.

Suw howdanlarynyň suw hojalyk hasaplamlarynyň esasylyryna peýdaly göwrümi (V_p) kesgitlemek we *ASD*-niň belligini anyklamak degişlidir. Peýdaly göwrüm suw sarp edijileriň talaplaryna laýyklykda suw bilen üpjün etmek mak-sady bilen akymy sazlamak üçin niýetlenen suw howdanlaryň işçi göwrümidir. Onuň ululygy suw howdanynyň maksadyna, akymy sazlamagyň dowamlylygyna (gije-gündizlik, pasyllyk, köpýyllyk) bagly we hasaplama akym bilen umumy sarp edilýän suwuň göwrümini deňeşdirmek arkaly tapylýar. Peýdaly göwrüm suwuň adaty derejesiniň belligi bilen bilelikde uly ähmiýete eýedir. Suwuň adaty dereje-sine baglylykda suw howdanyň işini, onuň göwrümini we ýerleşişini üpjün edýän gidrotehniki desgalar hasaplanylýar, akymy sazlamagyň ykdysady görkezijile-ri, ýerleri suwa basdyrmagyň halk hojalygyna zyýany we kenarlaryň üýtgemegi anyklanylýar. Gutarnykly adaty suw derejesi (*ASD*) dürli görnüşli tehniki-ykdysady deňeşdirmeleriň netijesinde kabul edilýär.

Hemişelik göwrüm (V_h) we oňa laýyk suw derejesi (*HGD*) birnäçe şertleri we pikirleri hasaba alyp kesgitlenilýär. Getirintgileri köp bolan derýalarda suw how-danlarynyň hasaplama işleýiş döwrüniň içinde peýdaly göwrümiň azalmagynyň önüni almak bilen getirintgileri saklamak üçin hemişelik göwrüm gerek bolýar.

Kommunal-durmuş suw üpjünçiligi we balyk hojalygy üçin ulanylýan suw howdanlarynda *HGD*-niň belligini kesgitleýji esasy sebäpler bolup, sanitar-tehniki talaplar we suwuň gerek bolan hilini üpjün ediji şertler hyzmat edýärler. Şol şertlere görä suw howdanynyň ortaça çuňlugy 2,5 *m*-den az bolmaly däl, çuňlugy 2 *m*-den az bolan ýalpak meýdan suw howdanynyň ýüzüniň 30-35%-den köp bolmaly däl. Suw howdany gämi gatnawy üçin ulanylanda *HGD* gämi gatnawy üçin gerek bolan çuňlugy üpjün edýän suwuň derejesi görnüşinde kesgitlenilýär.

Kommunal we senagat suw üpjünçiligi, suwaryş, *GES* (gidroelektrostansiýa) we *AES* (atomelektrostansiýa) üçin ulanylýan suw howdanlarynda *HGD*, iň az suw derejede gatlalaryň amatly işleýiş şertleri esasynda bellenilýär. Gidroelektrostan-siýalar üçin ulanylýan howdanlaryň *HGD*-si köp energiýany işläp çykarmagy üpjün edýän suw howdanyň boşaýan çuňlugyna gabat gelýär.

Ätiýaçlyk göwrüm (V_a) derýa joşan wagtynda aşaky býefi suwa basdyrma-dan goramak maksady bilen howdandaky suwuň derejesini *ASD*-den ýokary gal-dyrmagyň netijesinde döreýär. Şonuň üçin hem ona käwagtlar joşgunyň garşysyna göreşýän göwrüm hem diýilýär. Ätiýaçlyk suw derejesiniň (*ÄSD*) belligi iň köp suwuň mukdarynyň kabul edilen üpjünçiligine, suw akdyryjy desgalaryň ululygyna we ýerleşişine bagly bolýar. Adaty şertlerde ätiýaçlyk beýiklik *ASD*-niň üstünden 20-70 *sm* bolýar; haçan-da ätiýaçlyk üpjünçiligi 1000 ýylda bir gezek ($P = 0,1 \%$) ýa-da 10000 ýylda bir gezek ($P = 0,01 \%$) bolanda, ätiýaçlygyň ululygy 1-3 *m*-e hem ýetmegi mümkin. Esaslandyrylman köpeldilen ätiýaçlyk suw derejesi (*ÄSD*)

gysga wagtylyk bolsa-da goşmaça meýdany suwa basdyrýar, oba hojalygyna zyýan ýetirýär, suw howdanynyň täsiriniň ýetýän ýerinde ýerleşen gidrotehniki desgalaryň we halk hojalygyň işine ýaramaz täsir edýär. Şonuň üçin hem suw howdanyndaky suwuň derejesiniň belligi we ätiýaçlygyň dowamlylygy ykdysady taýdan esaslandyrylan bolmaly.

Akym sazlananda akaryň düzgüni diňe bir bendiň ýokarky býefinde üýtgemän, ol aşaky býefde-de üýtgeýär; az suwly döwrüň suwy köpeliýär we joşgun döwründe suwuň mukdary we derejesi azalýar, suwuň derejesiniň gerimi we üýtgeýiş tizligi artýar. Ol has hem akym gije-gündizlik we hepdelik sazlananda şeýle bolýar, bentden aşakda suwuň ýylylyk we şonuň bilen baglylykda buz düzgüni üýtgeýär, derýanyň hanasynda bolup geçýän hadysalar güýçlenýär we ş.m. Şonuň bilen baglylykda suw hojalyk hasaplamalar geçirilende, şeýle hem howdanyň aşaky býefinde suwuň mukdary we derejesi kadalaşdyrylýar.

Joşgun suwlary aşaky býefe geçirilýän döwürde, aşaky býefde suw alma howpunyň önüni almak maksady bilen suwuň iň ýokary derejesi kesgitlenilýär. Edil şol döwürde aşaky býefe belli bir wagtyň içinde arnadaky otlary ormagy, şeýle hem balyklaryň işbil taslaýan ýerlerini suwa basdyrmagy üpjün edip bilýän suwuň mukdary geçmeli.

Bendiň yzynda senagat-agyz suw we suwaryş üçin suw alynýan ýerlerde gije-gündizdäki iň az suwuň derejesi bellenilýär, şonda diňe bir bökdençsiz suw almak üpjün edilmän, eýsem onuň gerek bolan hili hem üpjün edilýär.

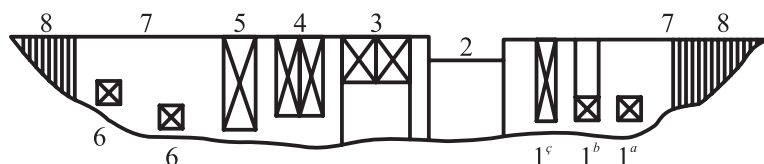
Suw howdanyndan köp suw almak, onuň işindäki gije-gündizlik we hepdelik endigansyzlyk netijesinde ýerleri oba hojalyk üçin ulanmak şertlerini ýaramazlaşdyrýar we balykçylyk hojalyklaryna uly zyýan ýetirýär, gämi gatnawynyň işini kynlaşdyrýar, aşaky býefiň hanasynda bolup geçýän hadysalary güýçlendirýär. Şol ýaramaz netijeleri düzetmek üçin aşaky býefde suwuň derejesiniň gije-gündiziň dowamynda üýtgäp durmagyny we akdyrylýan suwuň mukdaryny çäklendirmek göz önünde tutulýar.

Suw howdanynyň ölçegini kesgitleýji esasy ululyklary tehniki we ykdysady nukdaýnazardan esaslandyrmaly. Amatly ululyklary saýlap almak, akymy sazlamagyň halk hojalygy üçin peýdalylygy bilen baglanyşykly gidrotehniki desgalary gurmak, howdan guruljak ýerleri inženerçilik taýdan taýýarlamak boýunça çäreleri geçirmek, suwa basdyrylýan ýerleriň bahasyny tölemek we başgalar üçin çykarylýan çykdajylary deňeşdirmek esasynda amala aşyrylýar. Şonuň bilen birlikde suw serişdelerini toplumlaýyn ulanmaga we goramaga, akymy sazlamagyň netijesiniň ýaşayyş we tebigaty goramak nukdaýnazaryna, geljekde howdanyň düzgüniniň üýtgemek we ýerine ýetirýän wezipesini giňeltmek mümkinçiliklerine degişli soraglary çözmek hökmany ýagdaýda hasaba alynmalydyr.

3.6. Howdan bentleriniň görnüşleri

Howdan bentleriniň gurluşy dürli hilli we görnüşli bolýar. Olar barada aşakda has giňişleýin maglumat berilýär.

19-njy suratda suw alyjy we aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň hemme görnüşleri bilen bilelikde bendiň ön tarapynyň çyzgysy görkezilen, ol çyzgyda belenen: 1 – suw alyjy desgalar: ýapyk [deşik ýa-da basyşly turba hilli (1^a)], suw alyjy diwarly (1^b) we açyk (1^c); 2 – üsti açyk bent gädigi; 3 – bosagaly agyzýapyly ýapyk bent gädigi; 4 – esasy sökülýän deşik; 5 – bosagasy peseldilen getirintgileri ýuwmak üçin deşik; 6 – dürli beýikliklerdäki düýpki suw akdyryjylar; 7 – aralyklardaky direkler görnüşinde kenar ýa-da gaçy (8) bilen birleşýän, bendiň suwa basdyrylmaýan bölegi.



19-njy surat. Aşaky býefe dürli suw akdyryjy deşikli bendiň umumy görnüşü

Howdanyň ýokarda sanalyp geçilen esasy elementlerini göz önünde tutup, howdanyň bentleriniň in köp ulanylýanlaryny sanap geçeliň: sonuň bilen birlikde soragy has aýdyňlaşdyrmak üçin bentleriň sanawyna elektrik energiýasyny öndürmek üçin suwuň derejesini ýokary galdyryjy stansiýalary hem goşýarys. Howdan bentleriniň esasy görnüşlerine seredip görelin.

a) *Sökülýän derýa bendi*, esasan, ýokarky býefde suwuň derejesini galdyrmak üçin niýetlenen; 19-njy suratyň çyzgysy boýunça diňe 4-nji bölek galýar, galanlary bolmaýar.

Ulanylyş şertleri: derýanyň tebigy suw derejesi az-owlak bozulanda joşgunlaryň in köp suw mukdarlaryny aşaky býefe akdyrmak, derýanyň alyp gelýän köp mukdardaky duzlaryny we getirintgilerini aşaky býefe geçirmek. Akyp gelýän suwuň mukdary bilen deňşdireniňde peýdaly göwrüm uly bolmaýar, sonuň üçin howdanyň sazlaýjy ukyby hem uly bolmaýar.

b) *Derýanyň dürli görnüşli suw ugrukdyryjy bentleri* suwy suwaryş we gidroelektrostansiýalaryň nowhanalaryna ugrukdyrmak üçin hyzmat edýärler. Suw alyjy desga bolup, nowhananyň baş desgasy hyzmat edýär, onuň bosagasy (h_q basyşy hasaba alyp) hemişelik göwrümiň suw derejesini kesgitleýär. Bendiň aşaky býefe suw akdyryjy deşigi, adatyça, açyk suw akdyryjy (19-njy suratda 4-nji bölek), ýa-da düýpki suw akdyryjy görnüşe geçelge bolýan suw alyjy diwarly suw akdyryjy görnüşinde gurulýar; agyzýapylar, köplenç, şandorlar, ýasy germeçler görnüşinde ýa-da silindr, şeýle hem segment agyzýapy görnüşinde ulanylýar. Aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň görnüşleri boýunça suw ugrukdyryjy bentler aşakdakylara bölünýärler:

b₁) ýapyk suw akdyryjy bent (19-njy suratda 2-nji bölek);

b₂) getirintgileri ýuwujy deşikli (düýpki suw akdyryjyly) ýapyk suw akdyryjyly bent (19-njy suratda 2-nji we 5-nji bölekler);

b₃) ýapyk bent gädiginiň üstünde ýapyk germeçli ýapyk suw akdyryjy bent (19-njy suratda 3-nji we 5-nji bölekler);

b₄) doly sökülýän bent (19-njy suratda 4-nji bölek) 1-nji bendiň görnüşine laýyk gelyär we 1-nji bentden diňe aýratyn suw alyjy desganyň bolmagy bilen tapawutlanýar.

Bendiň suw sazlaýjy ähmiýeti örän az bolýar ýa-da düýbünden bolmaýar. Gid-roelektrostansiýa üçin akymy gije-gündizlik sazlamak deriwasion nowhananyň ahyrynda ýörite gurlan howzuň kömegi bilen amala aşyrylýar.

ç) Joşguny uly bolmadyk, kiçi eňňitlikli we giň arnaly derýalarda gurulýan suw saklaýjy ýönekeý bent. Ony gaçylary (19-njy suratdaky 8-nji bölek) beýgeltme we suw akdyryjy deşikleri (19-njy suratdaky 4-nji ýa-da 5-nji bölekleri) azaltma ýoly bilen bentleriň “a” görnüşinden almak bolýar. Howdanyň şol görnüşine degişliler: suwaryş we hojalyk maksatlar üçin ýönekeý howuzlar; gämi gatnawly derýalarda az suwly döwrüň suw mukdaryny köpeltmek üçin howdan; suwy güýç berýän desga äkidýän nowhana bar bolanda adaty degirmen ýa-da zawod howzy. Howdan gaçy galdyrylyp gurlanda onuň gaçysynda hem suw akdyryjy gurulýar; şeýle howdanlar şu görnüşe degişli bolýarlar.

d) Bendiň beýikligi orta (15-20 m), aşaky býefe akdyrylýan suwuň we getirintgileriň mukdary köp bolanda 19-njy suratdaky 7-nji bölek aýratyn görnüşe eýe bolýar, ýagny bent, esasan, daşdan, betondan ýa-da demir betondan gurlan diwara meňzeş bolýar. Şol diwarda bütin joşgunyň suwuny aşaky býefe geçirip biljek birnäçe suw akdyryjylar gurulýar. Beýle görnüşe Nil derýasyndaky ady belli suw akdyryjylar (Assuan, Assiut we ş.m.) degişli.

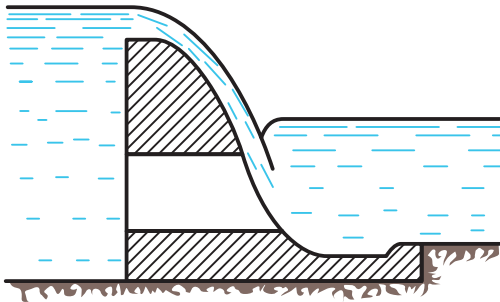
e) Köp joşgunly uly derýalarda suwuň derejesini ýokary galdyryjy bentler gurlanda, joşgun suwlary şol bir wagtda energetika we gämi gatnawy üçin ulanylanda, bentde 19-njy suratdaky 3-nji bölek has güýçlendirilýär, ýagny bendiň bosagasy agyzýapyly suw akdyryjy görnüş bilen enjamlaşdyrylýar. Suw alyjy desganyň bosagasy (gidrostansiýanyň awankameralary) gurlanda basyşyň ululygynyň we howdanyň peýdaly boşaýan göwrüminiň beýikliginiň arasynda has amatly utgaşmanyň bolmagyny üpjün etmeli; şeýle talaplar özara garşylykly bolýarlar, bent, adatça, akymy diňe gije-gündizlik we az-kem pasyllyk sazlamagy üpjün edýär. Şeýle görnüşe örän uly derýa gidrostansiýalaryň bentleri degişli.

ä) Akymy pasyllyk, aýratyn-da köpýyllyk sazlamak üçin göwrümi derýanyň sazlanýan ýyllyk akymynyň göwrümine deň bolan howdany gurmaly. Howdanyň şeýle uly göwrümi beýik we uzyn bendi gurmaýy talap edýär we ykdysady nukdaý-nazardan işi diňe amatly topografik we geologik şertler bolan ýagdaýda amala aşyrmak bolýar: kenarlary ýakyn ýerleşen we bentden ýokarda göwrümi uly bolan jülge, howdanyň hanasynyň suw geçirijiligi pes, bendiň esasyň aşagyndaky toprak

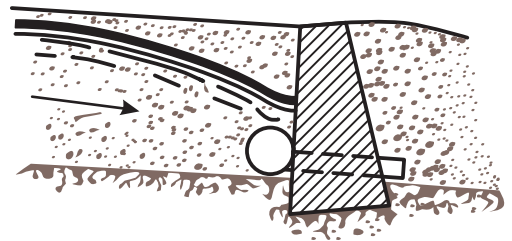
berk we durnukly bendiň esasy bölegi, adaty, belli bir beýiklikde ýerleşdirilen ýa-da bent gädikli (19-njy suratda 2-nji bölek) we düýpki suw akdyryja meňzeş, suw alyjy desgaly gaçydan ýa-da diwardan (19-njy suratdaky 7-nji we 8-nji bölekler) ybarat bolýar: düýpki suw akdyryjylar (19-njy suratdaky 6-njy bölek) hemişe gurulmaýar, olar bolanda-da howdany doly boşatmak üçin (abatlaýyş işleri geçirilende) we getirintgileri ýuwmak üçin hyzmat edýärler.

f) Joşgun suwlaryny saklamak üçin ýörite niýetlenen howdanlaryň bentleriniň beýikligi beklenýän derýanyň häsiýetine baglylykda dürli gurluşly bolmalary mümkin.

Suw akdyryjy desgalaryň dürli sazlanýan agyzýapyly bolmalary ýa-da olaryň düybünden bolmazlygy hem mümkin. Sazlanýan agyzýapynyň bolmadyk ýagdaýynda, howdan awtomatik düzgünde işleýär. Ýokarky býefden aşaky býefe suw akdyryjy desgalar bent gädigi ýa-da düýpki suw akdyryjy ýa-da garyşyk görnüşinde (20-nji surat) işleýärler.



20-nji surat. Düýpki deşikli we bent gädikli joşgunly howdanyň bendi



21-nji surat. Ýerasty gurlan howdan

g) Has uly suw howdanlaryny (akymy köpýyllyk sazlaýan) döretmek üçin käwagtlar tebigy suw çeşmelerini (kölleri) ulanmak bolýar. Onuň üçin şol tebigy suw çeşmelerinden akyp gelýän derýanyň öňi bent bilen beklenilýär. Muňa mysal hökmünde dünýäniň iň uly howdanlarynyň biri bolan Ouen-Fols howdanyny (ekwatorial Afrika) görkezmek bolar. Şeýle hem mysal hökmünde Ermenistanda ýerleşen Sewan kölüni görkezmek bolar, onuň suw ýüzüniň meýdany 1413 km^2 . Köle 28 sany kiçik derýajyklar öz suwuny guýýarlar, kölden bolsa ýekeje Langa derýasy öz gözbaşyny alýar.

h) Toprakdan galdyrylan howdanlar (21-nji surat). Olar suw geçirijiligi örän pes bolan jynslardan, çäge-çagyly allýuwial we buzluk döwründe emele gelen çökündilerden doldurylan we ýerasty suwlary örän köp bolan jülgerlerde gurulýar. Şeýle suw howdanlaryny döretmek üçin jülgede esasy topraga çenli gazylan garym geçirilýär, onda daşdan, betondan we şuna meňzeşlerden suw geçirmeýän diafragma gurulýar: suw alyjy desgalar deşikli turbalar görnüşinde gurulýar, turbalar diafragmanyň ýokarsynda goýulýar we suw ýygnaýjy guýujyklara ýetirilýär,

guýulardan bolsa suw öz akymyna ýa-da suw sorujylaryň kömegi bilen suw sarp ediljilere ýetirilýär. Toprakdan gurlan howdanyň işleýşi adaty howdanyňkydan tapawutly bolmaýar; howdanyň peýdaly göwrümi ýeriň üsti we suwuň iň köp sarp edilendäki ýerasty akymyň depression (pese düşme) egri çyzygynyň arasyndaky aralyk boýunça kesgitlenilýär we şol göwrümiň 20-30%-ine deň bolýar. Toprakdan gurlan howdanlaryň çuňlugy 15 m-e çenli bolýar.

Howdanlaryň köpsanly görnüşlerini gözden geçirmek şeýle netijä getirýär. Howdanlaryň görnüşleri dürli-dürli bolup, gurluşlary boýunça biri-birinden örän tapawutlanýan bolsalar hem, olar öz aralarynda biri-biri bilen özara baglanyşykly bolýarlar. Howdanlaryň bir görnüşiniň suw akdyryjysy ýa-da stansiýasy, howdanyň beýleki görnüşiniňkä meňzeş bolýar. Wagtyň geçmegi bilen howdanyň gurluşy gitdigiçe kämilleşýär, ozalky gurlan howdanlardaky elementleriň käbiri soňkularda bolmaýar.

Howdanyň taslamasyny düzýän hünärmenler, desganyň iň oňaly görnüşini saýlap almaly we olaryň ölçeglerini bellemeli. Şonuň üçin taslama düzülende aşakdaky şertleri:

- howdanyň guruljak ýeriniň topografik we geologik şertlerini;
- gurluşyk şertlerini (çig mallaryň bardygyny we bahasyny, işçi güýjüniň we maşynlaryň hem-de mehanizmleriň ýeterlikdigini we ş.m.);
- howdanyň taslama boýunça iş düzgünini hasaba almaly.

IV BAP

SUW HOWDANLARYNYŇ HÄSIÝETLENDIRIJILERI

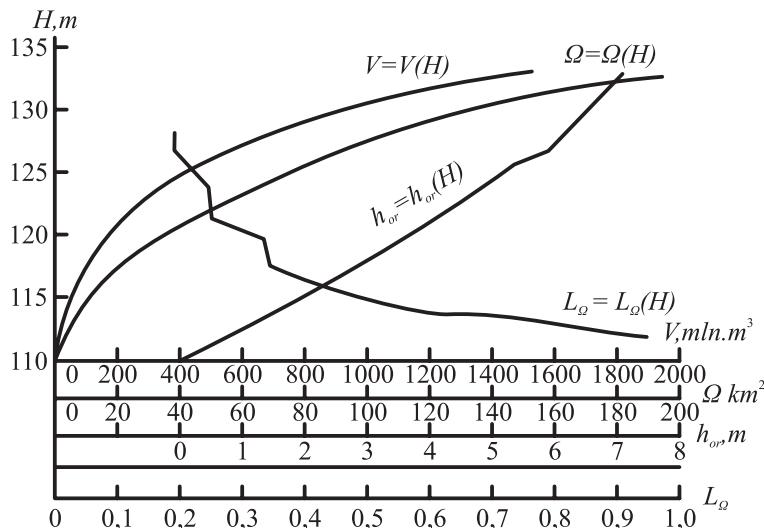
4.1. Howdanlaryň batigrafik häsiýetlendirijileri

Suw howdanynyň guruljak ýeri (bendiň oky) belleneniden soň, suw hojalyk hasaplamalaryny örän ýenilleşdirýän howdanyň esasy häsiýetlendirijileriniň çyzygy çyzylýar.

Suw howdanynyň esasy häsiýetlendirijilerine howdanyň suw ýüzüniň meýdanynyň Ω we suwuň göwrüminiň V suwuň derejesine H ýa-da çuňlugyna h baglanyşygy degişli (22-nji surat).

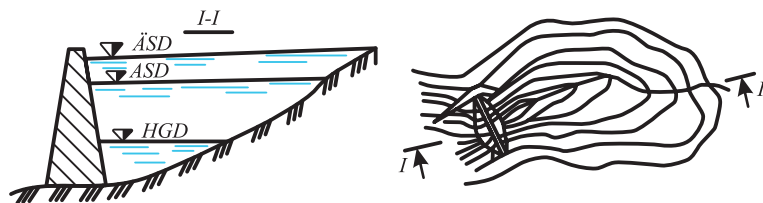
$\Omega = \Omega(H)$ ýa-da $\Omega = \Omega(h)$ egri çyzyga howdanyň suw ýüzüniň meýdanynyň egri çyzygy, $V = V(H)$ ýa-da $V = V(h)$ egri çyzyga howdanyň göwrüm egri çyzygy, ikisiniň birleşmesine bolsa batigrafik egri çyzyklar diýilýär.

Göwrüm hasaplanyş usullary boýunça ikä bölünýär: statik we dinamik göwürimler. Howdandaky suwuň ýüzi kese göz önünde tutulyp, hasaplanan suwuň göwürimine statiki göwürüm diýilýär. Eger-de göwürüm hasaplananda howdanyň erkin suw ýüzüniň egrî çyzyklylygy hasaba alynsa, onda ol göwürüme suw howdanyň dinamiki göwürümi diýilýär.



22-nji surat. Howdanyň batigrafik egrî çyzyklary

Suw ýüzüniň meýdanynyň egrî çyzygyny gurmak üçin ilkinji maglumatlar bolup, iri masştably topografik kartalar hyzmat edýärler. Suwuň dürli derejesine H laýyk gelýän howdanyň suw ýüzüniň meýdanyny Ω (suwuň ýüzi kese diýip kabul edilýär) gorizontallaryň arasyndaky meýdany hasaplamak ýoly bilen (23-nji surat) kesgitleýärler. $\Omega = \Omega(H)$ egrî çyzygy gönüburçly koordinatda gurýarlar; dik ok boýunça suwuň derejesini H , ýa-da çuňlugyny h , kese ok boýunça howdanyň suw ýüzüniň meýdanyny goýmaly. Suwuň derejesiniň ýokary galmagy bilen suw ýüzüniň meýdany köpeliýär we $\Omega = \Omega(H)$ egrî çyzygyň güberçek tarapy, köplenç, dik ok tarapda bolýar.



23-nji surat. Howdanyň uzaboýunyň çyzgy görnüşindäki meýilnamasy

Howdandaky suwuň bölekleyin göwürümi aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$\Delta V = \Omega \Delta H \text{ ýa-da } \Delta V = \Omega \Delta h. \quad (14)$$

Diýmek, suwuň derejesine H laýyk suwuň göwrümini aşakdaky deňleme boýunça kesgitlemek bolýar:

$$V = \int_{H_0}^H \Omega \Delta H, \quad (15)$$

ýagny göwrüm dik ok we $\Omega = \Omega(H)$ egri çyzygyň arasyndaky meýdana deň; bu ýerde: H_0 – bendiň ýanynda howdanyň düýbüniň belligi.

$\Omega = \Omega(H)$ egri çyzyk çylşyrymly, nädogry görnüşli bolany sebäpli, köplenç, 15-nji deňleme ulanylmaýar, howdandaky suwuň göwrümi bolsa goňşy beýiklik derejeleriň arasyndaky aýratyn göwrümleri yzygiderli jemlemek ýoly bilen kesgitlenilýär.

Suwuň derejesiniň ahyrky köpelmesinde ΔH , goňşy suw derejeleriň arasyndaky göwrümi ýönekeýleşdirilen aňlatma boýunça kesgitlemek mümkin:

$$\Delta V = (\Omega_i + \Omega_{i+1}) \Delta H_{i,i+1} / 2, \quad (16)$$

bu ýerde Ω_i we Ω_{i+1} – H_i we H_{i+1} suw derejelerine laýyk gelýän suw ýüzüniň meýdanlary; $\Delta H_{i,i+1} = H_{i+1} - H_i$ – suw derejesiniň artmagy.

Eger-de $\Omega = \Omega(H)$ egri çyzyk çylşyrymly häsiýete eýe bolsa we goňşy suw derejeleriň arasyndaky meýdanlaryň gatnaşygy $\frac{\Omega_{i+1}}{\Omega_i} > 1,5$ bolsa, onda kesilen piramidanyň aňlatmasyny ulanmak bolýar:

$$\Delta V = 3^{-1} (\Omega_i + \Omega_{i+1} + \sqrt{\Omega_i \Omega_{i+1}}) \Delta H_{i,i+1}. \quad (17)$$

Howdanyň düýbüne ýakyn ilkinji gatlagyň göwrümi kesilen paraboloýdyň aňlatmasy boýunça kesgitlenilýär:

$$\Delta V_1 = \Omega_1 \Delta H_1 \cdot 2 / 3. \quad (18)$$

Belli bir suw derejesine H laýyk gelýän howdandaky suwuň göwrümi, şol derejeden aşakdaky bölekleyin göwrümleri yzygiderli jemleme esasynda tapylýar:

$$V_H = \sum_{H_0}^H \Delta V_i. \quad (19)$$

Dinamiki göwrüm hasaplananda howdandaky suwuň ýüzüniň egri çyzyklydygyny hasaba almaly. Şonuň bilen birlikde gidrawlika dersinde beýan edilýän suwuň erkin ýüzüniň egri çyzygyny gurmak usuly ulanylýar. Ýöne ýuwuş akymly uly howdanlarda suw ýüzüniň eňňitligi uly bolmaýar we suwuň göwrümi hasaplananda suwuň ýüzi kese diýlip kabul edilýär.

Suw howdanlaryň wajyp häsiýetlendirijileri: ortaça çuňluk

$$h_{ori} = V_{Hi} / \Omega_{Hi} \quad (20)$$

we litoralyň (howdanyň ýalpak ýeriniň) meýdanynyň ölçegi

$$L_{\Omega i} = \Omega_{Li} / \Omega_{Hi}, \quad (21)$$

bu ýerde: Ω_{Hi} we V_{Hi} – suwuň belli bir derejesindäki H_i suw ýüzüniň meýdany we suwuň göwrümi; $\Omega_{Li} - H_i$ suwuň derejesine laýyk ýalpaklygyň meýdany.

Ýalpak ýeriň meýdany, ýagny howdanyň çuňlugy $h \leq 2 m$ bolan kenarýaka bölegiň suw ýüzüniň meýdany $\Omega = \Omega(H)$ egri çyzygyň kömegi bilen kesgitlenilýär, ol howdanyň suw ýüzüniň H_i we $2 m$ -den pes bolan suw derejeleriniň meýdanlarynyň tapawudy görnüşinde kesgitlenilýär:

$$\Omega_{Li} = \Omega_{Hi} - \Omega_{H_i-2}.$$

$h_{or} = h_{or}(H)$ we $L_{\Omega} = L_{\Omega}(H)$ baglanyşyk egri çyzyklar, köplenç, suw howdanyň batigrafiki häsiýetlendirijileri bilen utgaşdyrylýar. Şonuň bilen birlikde bir zady göz önünde tutmaly, ol hem ortaça çuňlugyň ululygy suwuň derejesiniň galmagy bilen köpeliş hem, azalyp hem biler. Ýalpaklygyň meýdanynyň ölçegi 1 bilen 0 arasynda bolup biler.

Howdany ulanmak üçin käwagtlar howdanyň gowzamagynyň (boşamagynyň) egri çyzygy çyzylýar. Ilkinji suw derejesi diýlip, *ASD* ulanylýar: diýmek,

$$h_{gi} = H_{ASD} - H_i. \quad (22)$$

Howdanyň gowzamagynyň iň köp ululygy hemişelik göwrümiň derejesinde (*HGD*) bolar, *ASD*-de bolsa gowzamak nola deň bolýar.

ASD-den ýokardan aşaklygyna bölekleyin göwrümleri ΔV yzygiderli jemlemek ýoly bilen howdanyň gowzan göwrümi kesgitlenilýär:

$$V_g = \sum_{ASD}^{HGD} \Delta V_i. \quad (23)$$

$V_g = V_g(H)$ baglanyşyk boýunça gurlan egri çyzyga howdanyň gowzamasynyň egri çyzygy diýilýär.

7-nji tablisada howdanyň häsiýetlendirijileriniň esasy koordinatlaryny hasaplamagyň mysaly getirilen, olaryň esasynda 22-nji we 24-nji suratlarda egri çyzyklar çyzylan.

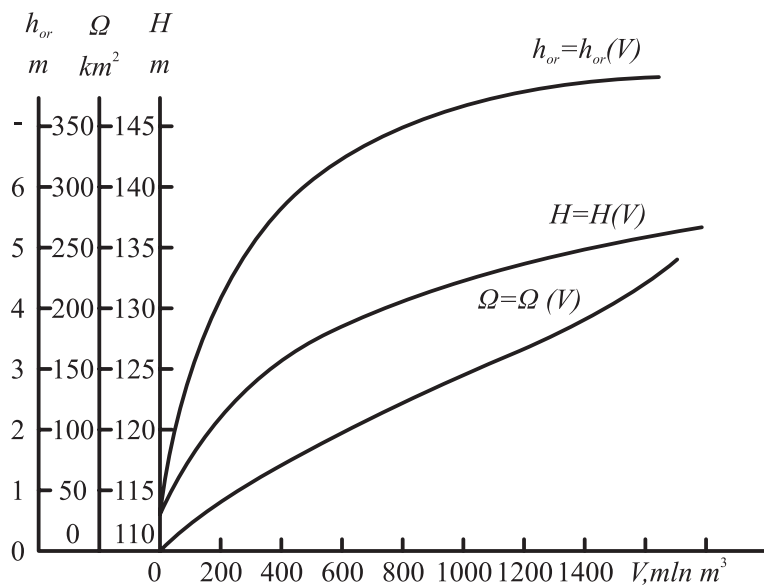
**Howdanyň batigrafik we göwrüm egri çyzyklarynyň
koordinatlaryny hasaplamak**

Suwuň derejesi H, m	Suwuň derejeleriniň tapawudy $\Delta H, m$	Howdanyň suw ýüzüniň meýdany Ω, km^2	Suw ýüzüniň ortaça meýdany Ω_{or}, km^2	Suw gatlagynyň göwrümi $\Delta V, mln\ m^3$	Howdanyň göwrümi $V, mln\ m^3$	Suwuň ortaça çuňlugy h_{or}, m	Howdanyň ýalpaklygy	
							meýdany Ω_L, km^2	ölçegi I_Ω
1	2	3	4	5	6	7	8	9
110		0			0			
	2		1	2				
112		2			2	1	2	1
	2		5	10				
114		8			12	1,5	6	0,75
	2		11	22				
116		14			34	2,4	6	0,43
	2		18	36				
118		22			70	3,2	8	0,36
	2		28	56				
120		34			126	3,7	12	0,35
	2		40	80				
122		46			206	4,5	12	0,26
	2		54	108				
124		62			314	5,1	16	0,26
	2		71	142				
126		80			456	5,7	18	0,22
	2		90	180				
128		100			636	6,36	20	0,20
	2		113	226				
130		126			862	6,8	26	0,21
	2		143	286				
132		160			1148	7,2	34	0,21
	2		181	362				
134		202			1510	7,5	42	0,20

Seredilip geçilenler bilen bir hatarda howdany doldurmagyň H , suw ýüzüniň meýdanynyň Ω we ortaça çuňlugyň h_{or} howdandaky suwuň göwrümüne baglylykda-
ky egri çyzyklarynyň gurulýan wagtlary seýrek bolmaýar:

$$H = H(V), \Omega = \Omega(V) \text{ we } h_{or} = h_{or}(V).$$

Görkezilen egri çyzyklara (24-nji surat) howdanyň göwrüm häsiýetlendirijileri diýilýär.



24-nji surat. Howdanyň göwrüm häsiýetlendirijileri

Morfometrik nukdaýnazardan çylşyrymly we birnäçe özboluşly böleklerden ybarat bolan howdanlar üçin howdanyň her bir böleginiň meýdanynyň we göwrüminiň egri çyzyklary gurulýar. Howdanyň umumy meýdany ýa-da belli bir suw derejesine laýyk gelýän her bir aýratyn bölegiň meýdany ýa-da göwrümi jemlemek ýoly bilen kesgitlenilýär.

Getirintgileriň çökmegi, kenarlaryň täzeden emele gelmegi we başga sebäpleriň netijesinde howdanyň hanasynyň özgermegi mümkin. Şonuň üçin hem howdan ulanylyp başlananda taslama düzülen döwürdäki meýdanyň, göwrümiň egri çyzyklaryna we beýleki baglanyşyklara düzediş girizmeli.

4.2. Howdanyň ykdysady häsiýetlendirijileri

Howdanyň batigrafik we göwrüm egri çyzyklaryny gurmak soňky hemme suw hojalyk hasaplamalar üçin örän wajyp bolýar, ýöne howdanyň ýerleşjek ýerini we onuň esasy elementlerini gutarnykly saýlap almak üçin howdanyň umumy bahasyny hem-de ondaky 1 m³ suwuň düşýän bahasyny kesgitlemek zerur bolýar.

Suw howdanlary dürli maksatlar üçin gurulýar, olaryň desgalaryny gurmaga örän köp möçberde pul serişdesi harçlanýar. Şol puluň esasy bölegi gysga möhletli dowamynda harçlanýar, şeýle etmek akymy sazlamak boýunça hemme desgalary gysga wagtyň içinde ulanmaga bermegi we howdanyň gerek bolan göwrümini

döretmäge mümkinçilik berýär. Ondan başga-da howdany hem-de onuň desgalaryny gurmak we ulanmak üçin harçlanýan pul serişdeleri özüni gysga wagtyň içinde ödemelidir. Eger-de howdanyň gurluşygy uzak wagtlap dowam edip, özüne harçlanýan pul serişdelerini gysga möhletde ödäp bilmese, onda howdany gurma-
gyň netijeliligi peselýär.

Howdanyň umumy bahasy bendiň we bende degişli hemme desgalaryň bahasyndan hem-de howdanyň hanasyny taýýarlamaga sarp edilýän maýa goýumlardan ybaratdyr, ol aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$K = K_d + K_k, \quad (24)$$

bu ýerde K_d – desgalary gurmak we akymy sazlamak boýunça gurluşlara goýulýan düýpli maýa goýumlary; K_k – kompensasion (öwezini dolmak) goýumlar, ýagny howdanyň gurulmagy netijesinde halk hojalygynyň dürli pugaklaryna ýetirilen zy-
ýanlaryň öwezini dolmak üçin niýetlenen goýumlar.

Bendiň bahasy, onuň berlen beýikliginde we uzynlygynda bütinleý onuň gurluşyna we ýerli şertlerine (geologiki, gurluş, ulag we ş.m.) bagly bolýar. Bendiň görnüşini hem-de suw alyjy we aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň esasy ölçeglerini anyklap, bendiň dürli beýikliklerindäki gurluşynyň takmynan bahasyny hasaplamaly. Deslapky hasaplamalar üçin esasy işleriň (gaýa, beton, metal we ş.m.) möçberini kesgitlemek we ş.m. şertlerde gurlan desgalaryň tejribesini ulanyp, şol işleriň ulaldylan baha görkezijilerini kesgitlemek ýeterlik bolýar.

Gumdan gurlan bentler üçin adaty orta şertlerde, ýagny güýçlendirilen suw akdyryjy desgalary gurulmadyk ýagdaýynda we ýakyn aralykda gerek bolan toprak bar bolanda iň ýönekeý baha görkeziji bolup, bendiň gabarasynyň 1 m^3 bahasy hyzmat edýär. Ony häzirki döwürüň nyrhy boýunça (bu nyrha bentdäki hemme emeli desgalaryň nyrhy degişli) 5-den 10 manada çenli kabul etmek bolýar.

Eger-de bendiň oky boýunça ýeriň uzaboýuna kesigi bar bolsa, onda bendiň göwrümini kesgitlemek aňsat bolýar. Deslapky hasaplamalar üçin 25-nji we 26-njy aňlatmalary ulanmak bolar. Onuň üçin gözçaky bilen jülgäniň kese-kesigini ýönekeýleşdirmeli, ýagny ony parabolanyň ýa-da trapesiýanyň görnüşine (25-nji surat) getirmeli.

Derýa jülgesiniň kese kesigi parabola görnüşinde bolanda, gumdan gurlan bendiň göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$W_b = 2/3 L_b H_b (b + 0,8 K H_b). \quad (25)$$

Derýa jülgesiniň kese kesigi trapesiýa görnüşinde bolanda, gumdan gurlan bendiň göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$W = 1/2 (L_b + l_b) H_b (b + m_{or} K H_b), \quad (26)$$

bu ýerde L_b – bendiň üsti boýunça uzynlygy, m ; l_b – bendiň aşagy boýunça uzynlygy, m ; H_b – bendiň beýikligi ($H + \Delta H$), m ; b – bendiň üstüniň ini, m ; m_{or} – bendiň

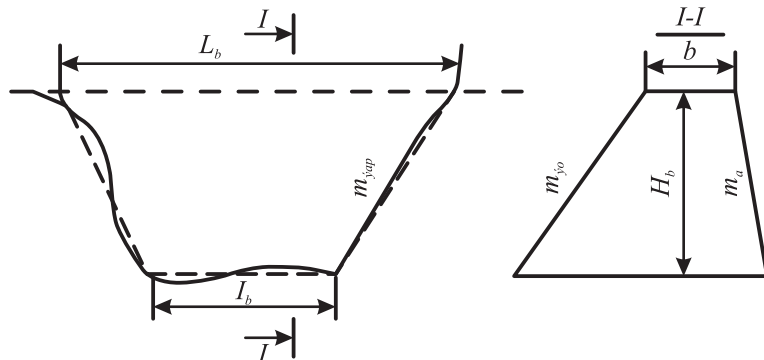
ortaça ýapgytlygy ($m_{or} = \frac{m_{yo} + m_a}{2}$, bu ýerde m_{yo} we m_a – laýyklykda bendiň ýokarky we aşaky ýapgytlarynyň ýapgytlygy); $K - l_b / L_b$ baglanyşyga bagly hananyň görnüşiniň köpeldijisi aşakdaky tablisa boýunça kesgitlenilýär:

l_b / L_b	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	0,67	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,0

Bendiň üstki uzynlygyny L_b aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolar (25-nji surat):

$$L_b = l_b + 2m_j H_b, \quad (27)$$

bu ýerde m_j – derýa jülgesiniň ýapgydynyň ýapgytlygy.



25-nji surat. Gumdan gurlan bendiň göwrümini hasaplamagyň çyzgysy

Başlangyç hasaplamalarda desgalary gurmak we akymy sazlamak boýunça gurluşlara goýulýan düýpli maýa goýumlaryny K_d aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

$$K_d = 0,001 S_b W_b \text{ mln manat}, \quad (28)$$

bu ýerde S_b – gumdan gurlan bendiň hemme desgalary we akymy sazlamak boýunça gurluşlary bilen bilelikdäki 1 m^3 gumunyň bahasy, manat; W_b – gumdan gurlan bendiň göwrümi, m^3 .

Howdanyň gurulmagy netijesinde ýetirilen zyýanyň öwezini dolmagyň maýa goýumlary aşakdaky maksatlar üçin harçlanýar:

1. Jaýlary, desgalary, maşynlary, ulag serişdelerini, ýagny esasy fondy göçürmäge ýa-da dikeltmäge – K_h^{ef} ;

2. Howdan heniz gurulmanka, derýanyň kenarýaka zolagynda ýerleşen şäherleri, obalary, aýratyn kärhanalary inžener desgalar bilen suw almadan goramaga – $K_h^{i.g.}$;

3. Howdan gurulmagy sebäpli suwa basdyrylan oba hojalyk meýdanlaryny täze ýerde dikeltmäge – $K_h^{o.h.}$;

4. Howdany balyk hojalygy üçin özleşdirmäge, balyklaryň işbil taşlamaklary üçin derýanyň ýokarky akymyna geçmegini üpjün edýän desgalary gurmaga; ýerini üýtgedýän balyklaryň täzeden tebigy köpelmegini dikeltmäge, balyklaryň işbil taşlaýan ýerini täzeden döretmäge we balyk ýetişdirýän hojalygy gurmaga, howdanyň hanasyny balyk tutmak üçin taýýarlamaga – $K_h^{b.h.}$;

5. Howdany gämi gatnawy üçin özleşdirmäge – $K_h^{g.g.}$;

6. Howdanyň hanasyny oňa suw goýberilmänkä, sanitar taýdan taýýarlamaga (suwa basdyrylan önki obalaryň ýerlerini we ölen mallaryň gömlen ýerlerini dermanlamaga, hapadan arassalamaga) – $K_h^{s.t.}$;

7. Suwa basdyryljak zolakdan tokaýy aýyrmaga we täze ýerden tokaý döretmäge – $K_h^{t.h.}$;

8. Suwa basdyryljak zolakda ýerleşen taryhy ýadygärlikleri gorap saklamaga, olary göçürmäge ýa-da daşyna germew aýlamaga – $K_h^{ýa.}$

Başlangyç hasaplamalarda howdany gurmagyň ýetirýän zyýanyňyň öwezini dolmak üçin umumy düýpli maýa goýumynyň 25%-ini kabul edýärler.

Ýerleri suwa basdyrmak we howdanyň hanasyny taýýarlamak bilen baglanyşykly maýa goýumlary aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$K_k = 0,0001 S_k \Omega, \text{ mln manat,} \quad (29)$$

bu ýerde S_k – suwa basdyrylan 1 gektar meýdanyň bahasy, manat.

Howdanlara taslama düzülende, adatça, taslamanyň birnäçe wariantlary ýerine ýetirilýär we olaryň içinden has amatlylary saýlanyp alynýar. Olaryň ykdysady netijeliligine baha bermek üçin udel bahalarynyň görkezijileri hasaplanylýar: howdanyň doly göwrüminiň 1 m^3 suwunyň bahasy

$$S_1 = \frac{K}{V_{doly}} 100, \text{ teň/m}^3; \quad (30)$$

peýdaly göwrümiň 1 m^3 suwunyň bahasy

$$S_2 = \frac{K}{V_{peý}} 100, \text{ teň/m}^3 \quad (31)$$

we suw sarp edijileriň howdandan alýan 1 m^3 suwunyň özüne düşýän gymmaty

$$S = \frac{I}{U_y} 100, \text{ teň/m}^3, \quad (32)$$

bu ýerde I – her ýylky harajatlar; U_y – howdandan her ýylda alynýan suwuň göwrümi, m^3 .

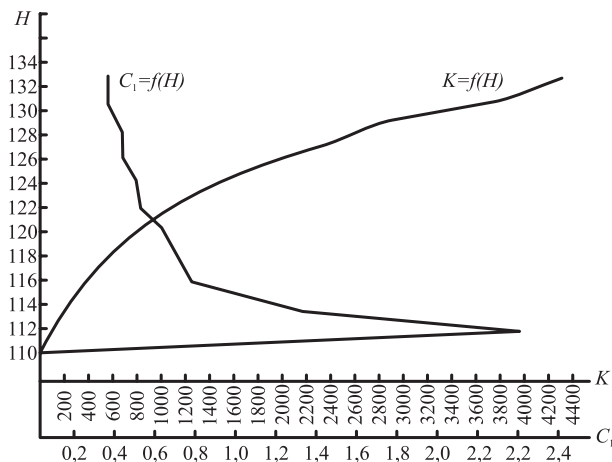
Eger-de her ýylky amortizasion tutumy we howdany ulanmagyň harajatlaryny, gidrouzeliň umumy bahasynyň 10%-ine deň diýip kabul etsek, ýagny $I = 0,1K$, onda ýokarky aňlatmany aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$S = \frac{0,1K}{U_y} 100, \text{ teň/m}^3. \quad (33)$$

Howdany gurnagyny ykdysady netijeliligini esaslandyrmak boýunça tehniki-ykdysady hasaplamalar örän köp zähmeti talap edýärler we olary hemişe anyk kesgitläp bolmaýar. Bendiň desgalarynyň we dürli maksatly wezipeleri ýerine ýetirýän howdanyň bahasyna hem-de netijeliligine köp sebäpler, mysal üçin, gurluşyk çözgütleri, bendiň ugruny saýlap almak, bendi we howdany döretmän, suw talap edijileri suw bilen üpjün etmek mümkinçiligi, ulag şertleri we ş.m. täsir edýärler.

Ýokarda aýdylanlary howdanyň ykdysady häsiýetlendirijilerini kesgitlemegiň we olaryň grafigini gurnagyny mysalynyň üsti bilen düşündirýäris, onuň üçin aşakdaky ilkinji maglumatlary kabul edýäris: derýa jülgesiniň kese kesigi trapesiýa görnüşli; bent gumdan gurulýar; bendiň aşagy boýunça uzynlygy $l = 40 \text{ m}$; bendiň üstüniň ini $b = 10 \text{ m}$; bendiň ýokarky ýapgydynyň ýapgytlygy $m_{yo} = 4$; bendiň aşaky ýapgydynyň ýapgytlygy $m_a = 3$; derýa jülgesiniň ýapgydynyň ýapgytlygy $m_i = 4$; bendiň 1 m^3 gumunyň bahasy $S_b = 8$ manat; suwa basdyrylan 1 gektar meýdanyň bahasy $S_k = 100$ manat.

Ähli hasaplamalar 8-nji tablisada ýerine ýetirildi we şol tablisanyň maglumatlary boýunça howdanyň doly we udel bahalarynyň egri çyzyklary çyzyldy (26-njy surat).



26-njy surat. Howdanyň ykdysady häsiýetlendirijileriniň grafigi

Howdanyň ykdysady häsiýetlendirijilerini gurmagyň maglumatlary

Howdanyň doldurylan çuňlugy H , m	Bendiň beýikligi $H_0 = H + d$, m	Bendiň uzynlygy L , km	bendiň doly göwrümi W_d müň m^3	Howdanyň bahasy, mln manat			Howdanyň $1 m^3$ suwunyň bahasy $S_1 = \frac{K}{V}$, teňňe/ m^3
				bendiň bahasy K_d	suwa basdyrylan meýdanyň bahasy K_n	howdanyň umumy bahasy K	
0	0	0	0	0	0	0	0
2	3,10	0,065	3,25	0,026	0,020	0,046	2,30
4	5,20	0,082	8,31	0,066	0,080	0,146	1,21
6	7,30	0,098	15,72	0,125	0,140	0,265	0,77
8	9,40	0,115	26,94	0,215	0,220	0,435	0,62
10	11,50	0,132	41,74	0,333	0,340	0,673	0,53
12	13,60	0,149	61,18	0,489	0,460	0,949	0,46
14	15,70	0,166	84,59	0,676	0,620	1,296	0,41
16	17,80	0,182	112,10	0,896	0,800	1,696	0,37
18	19,90	0,199	146,35	1,170	1,000	2,170	0,34
20	22,00	0,216	186,44	1,491	1,280	2,771	0,32
22	24,10	0,232	234,60	1,876	1,600	3,476	0,30
24	26,20	0,250	271,40	2,171	2,020	4,191	0,27

4.3. Howdanda suwuň derejesiniň beýgelip-peselip üýtgäp durmagy

Ýeliň täsiri netijesinde howdanda tolkunlar, suwuň derejesiniň üýtgäp durmagy ýel we tolkun akymlary emele gelyärler. Suw toplumlary ýeliň ugry boýunça süýşýärler. Howdanda suwuň derejesi ýeliň öwürýän tarapynyň kenarynda peselýär, garşysyndaky kenarda bolsa beýgelýär. Suwuň derejesiniň beýgelip-peselip, üýtgäp durmak hadysasynda suwuň ýüzünde gysyklyk we suwuň ýapyk aýlanyşykly akymy döreýär. Howdanda ýeliň täsiri bilen suwuň derejesiniň beýgelmegin-den başga-da kenarlaryň we desgalaryň ýapgytlaryna suwuň derejesini beýgeldýän ýelden dörän tolkunlaryň ýaýramasy ýüze çykýar.

Suwuň derejesiniň beýgelip-peselip üýtgäp durmagyny suw çişginini dörediji desgalaryň (bentleriň) üstüniň bellikleri we desgalara tolkundan dörän güýjüň edýän täsiri kesgitlenende hasaba almaly. Hasaplamalary howdanyň adaty we adatdan daşary ulanylyş şertleri üçin ýerine ýetirýärler.

Bendiň üstüniň belligini howdanda suwuň derejesiniň beýgelip-peselip, üýt-gäp durmak hadysasyny hasaba alyp, aşakdaky aňlatmalar boýunça kesgitlemek bolýar:

– howdan adaty şertlerde ulanylanda

$$H_s = H_{ASD} + h_{ng} + h_{nk} + a; \quad (34)$$

– howdan adatdan daşary şertlerde ulanylanda

$$H'_s = H_{ASD} + h_f + h'_{ng} + h'_{nk}, \quad (35)$$

bu ýerde h_{ng} we h'_{ng} – laýyklykda ýeliň hasaplama we ortaça köpýyllyk iň uly tizligindäki tolkunyny suwuň derejesini beýgeltmesiniň (nagonyň) beýikligi, m ; h_{nk} we h'_{nk} – laýyklykda ýeliň hasaplama we ortaça köpýyllyk iň uly tizligindäki tolkunyny kenarlara ýa-da desgalaryň ýapgydyna ýaýramasynyň beýikligi (nakat), m ; h_f – suwuň forsirlenen (artdyrylan) gatlagy, m ; a – desgalaryň berklik derejesine baglylykda beýiklik ätiýaçlygy, m .

Bendiň üstüniň gutarnykly hasaplama belligi hökmünde iň uly H_s kabul edilýär. Howdanda suwuň derejesiniň beýgelmeginiň ululygyny h_{ng} (howdanyň suw ýüzüniň ýeliň täsiri bilen gyşarmasyny), düzgün bolşuna görä, tolkunyny howply ugry üçin hakyky gözegçilik maglumatlar boýunça kabul etmek maslahat berilýär.

Gözegçilik maglumatlary bolmadyk ýagdaýda h_{ng} -nyň ululygyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek maslahat berilýär:

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{U_{10}^2 D}{gh} = \cos a_b, \quad (36)$$

bu ýerde D – tolkunynyň badynyň ýetýän aralygy, m ; U_n – suwuň ýüzünden 10 m beýiklikde ýeliň iň ýokary hasaplama tizligi, m/s ; h – hasaplanýan nokatda howdanyň çuňlugy (aňlatmada ASD bilen howdanyň düýbünüň tapawudy), m ; a_b – howdanyň uzaboýuna oky bilen ýeliň ugrunyň arasyndaky burç, gradusda; g – erkin gaçmanyň tizlenmesi, m/s^2 .

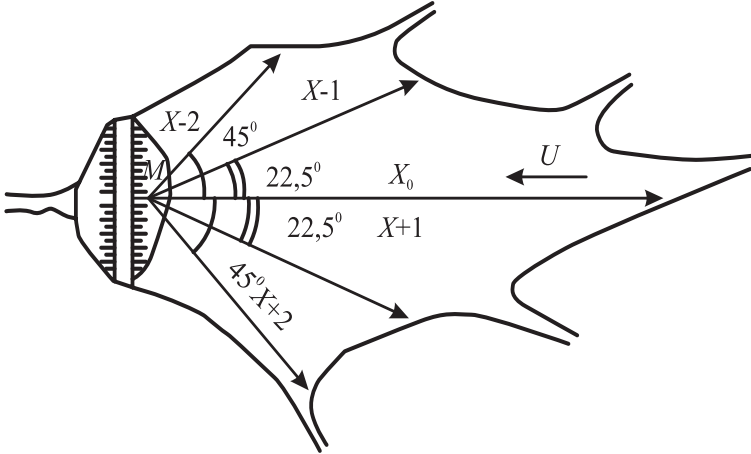
Tolkunyny we ýelden dörän nagonyň häsiýetlendirijilerini hasaplamak üçin şeýle tizlik, ugur, tolkunynyň badynyň ýaýraýan aralygy we hasaplama nokatda ýeliň täsir etmesiniň dowamlylygy kabul edilýär, şol kabul edilen ululyklar hasaplama üpjünlikli gomuň bolýan döwründe iň uly tolkunlary emele getirýärler. Kadalara laýyklykda I we II berklik derejeli desgalar üçin hasaplama üpjünlik 2 % (50 ýylda 1 gezek), III we IV berklik derejeli desgalar üçin bolsa 4 % (25 ýylda 1 gezek) kabul edilýär.

Suwuň derejesiniň beýgelip-peselip üýtgäp durmagynyň hasaplamalarynda ýeliň tizligi suwuň hasaplama derejesinden 10 m beýiklikde alynýar:

$$U_{10} = K_z U_z, \quad (37)$$

bu ýerde U_z – suwuň derejesinden z beýiklikde ýeliň tizligi, m/s; K_z – köpeldiji, ol $z = 5$ m bolanda 1,1-e deň, $z = 10$ m bolanda $k = 1,0$ we $z = 20$ m bolanda $k = 0,9$ -a deň.

Kenar çyzygynyň görnüşi çylşyrymly bolanda tolkunynyň badynyň ýetýän aralygyny (D) şeýle kesgitleýärler (27-nji surat).



27-nji surat. Tolkunlaryň häsiýetlendiriji elementlerini hasaplamagyň çyzgysy

Hasaplama nokadyndan tolkunynyň has howply ugrunyň garşysyndaky ugra tarap esasy şöhläni x_0 -y geçirýärler, iki gapdaldaky x_{+1} we x_{-1} şöhleleri $22,5^\circ$ -dan we iki x_{+2} we x_{-2} şöhleleri 45° -dan esasy şöhleden iki tarapa geçirýärler, olary kenaryň çyzygy bilen kesişýänçä dowam etdirýärler. Şöhleleriň uzynlygyny ölçeyärler, tolkunynyň badynyň ýetýän aralygyny aşakdaky aňlatma boýunça hasaplaýarlar:

$$D = 0,27[x_0 + 0,85(x_{+1} + x_{-1}) + 0,5(x_{+2} + x_{-2})]. \quad (38)$$

Kenaryň çyzygynyň görnüşi çylşyrymly bolmasa, $x_0/x_i > 2$ bolanda, bu ýerde x_i – gapdaldaky islendik şöhläniň uzynlygy, tolkunynyň badynyň ýetýän aralygynyň hasaplama uzynlygyny kabul edýärler, $D = X_0$.

Ýelden dörän nokat h_{nk} hasaplananda howdany birnäçe zolaklara bölýärler:

- çuň zolak $h > 0,5\bar{\lambda}_\zeta$ çuňlukly; suwuň düýbi tolkunma täsir etmeýär; $\bar{\lambda}_\zeta$ – ýelden dörän tolkunynyň ortaça uzynlygy, m ;
- ýalpak zolak $0,5\bar{\lambda}_\zeta > h$ h_h çuňlukly; suwuň düýbi tolkunynyň ösüşine we onuň häsiýetlendirijilerine täsir edýär; howply çuňlukda h_h ýelden dörän tolkunlar bozulyp başlanýarlar;

- tolkun urýan kenar zolagy – h_h -dan h_{gm} çenli çuňlukly, bu zolagyň çäginde tolkunlaryň bozulmagy başlanýar we gutarýar; h_{gm} çuňlukda iň soňky tolkunlar inýärler;
- suwuň gyrasynyň zolagy – h_{gm} -dan az çuňlukly, bu zolagyň çäginde bozulan tolkunlaryň akymy wagtal-wagtal kenara ýaýraýar.

Ýelden dörän tolkunlaryň berkidilen ýapgyda galmasynyň beýikligini $1 \leq m \leq 5$ bolanda, takmynan, B.A.Pyşkynyň aňlatmasy boýunça hasaplamak bolýar:

$$h_{nk} = 2 \frac{K_{b-s}}{m} h_i^3 \sqrt[3]{\frac{\lambda}{h_i}}, \quad (39)$$

bu ýerde $K_{b-s} = K_{\Delta} K_{gm}$; K_{Δ} – bűdür-sűdűrlük köpeldijisi; K_{gm} – ýapgydyň suw geűirmezlik köpeldijisi (9-njy tablisa); m – ýapgydyň ýapgytlyk köpeldijisi; h_i – ýelden dörän tolkunynyň hasaplama beýikligi, m ; λ – ýelden dörän tolkunynyň ortaça uzynlygy, m .

9-njy tablisa

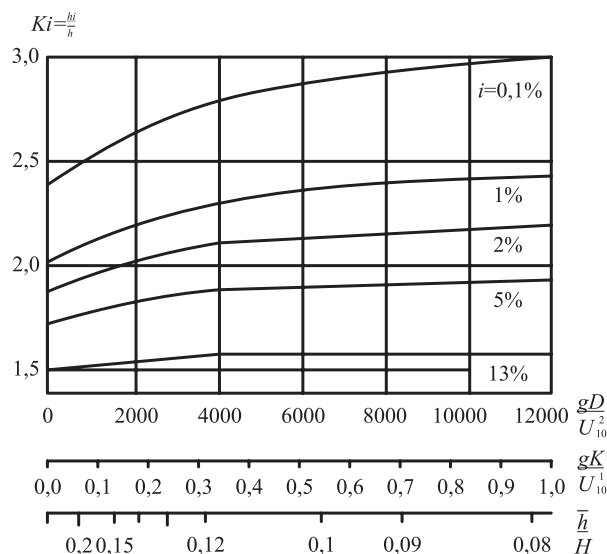
Ýapgytlaryň otnositel bűdür-sűdűrligi we K_{Δ} we K_{gm} köpeldijiler

Ýapgytlaryň berkitmesi	Otnositel bűdür-sűdűrlük $\Delta/h_{1\%}$	Bűdür-sűdűrligiň köpeldijisi K_{Δ}	Suw geűirmezlik köpeldiji K_{gm}
Beton, demirbeton plitalar	—	1	0,9
Çagyl, daş ýa-da beton (demirbeton) bloklar	0,002-den az	1	0,9
	0,05...0,01	0,95	0,85
	0,02	0,9	0,8
	0,05	0,8	0,7
	0,1	0,75	0,6
	0,2-den köp	0,7	0,5

Ýeliň doredýän tolkunynyň tötänleýin häsiýete eýe bolýar, şonuň üçin hem bir nokatdan yzygiderli geűýän tolkunlaryň beýikligi ýeliň şol bir tizliginde we ugrunda üýtgeşik bolýar. Ýeliň doredýän tolkunynyň hasaplama beýikligini, adatça, 1% üpjűnlikli tolkunynyň beýikligine deň diýip kabul edýärler, ýagny howdanyň berlen nokadynyň üstünden geűýän 100 tolkunynyň iň uly beýikligini kabul edýärler:

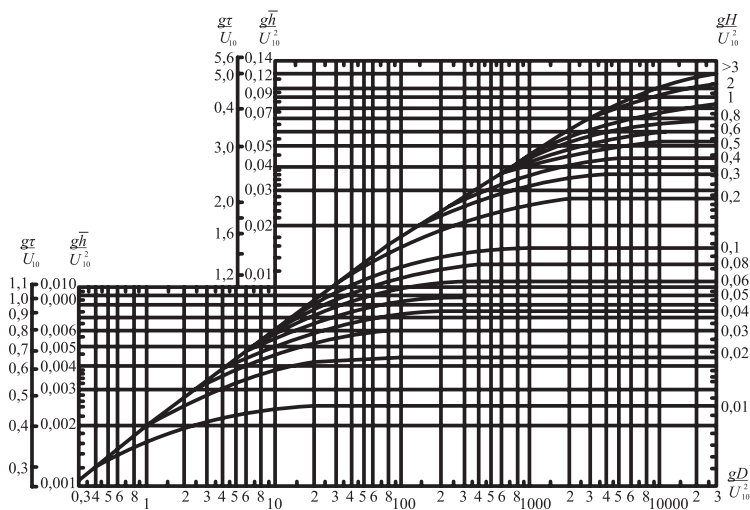
$$h_i = h_{1\%} = K_{1\%} \bar{h}, \quad (40)$$

bu ýerde \bar{h} – tolkunynyň ortaça beýikligi, m ; $K_{1\%}$ – 28-nji surat boýunça kabul edilýän köpeldiji.



28-nji surat. K köpeldijiniň ululyklarynyň grafigi

Uly çuňlukly zolak üçin ýelden dörän tolkunynyň ortaça beýikligini $h_{\bar{\epsilon}}$, şeýle hem tolkunlaryň beýleki häsiýetlendirijilerini 29-njy surat boýunça kesgitlemek bolýar. Hasaplamanyň tertibi aşakdaky ýaly:



29-njy surat. Suwuň çuň we ýalpak zolaklarynda ýelden dörän tolkunlaryň elementlerini kesgitlemegiň grafigi

gt/U_{10} we gt/U_{10}^2 deňölçeşsiz ululyklary kesgitleýärler, bu ýerde D – ýelden dörän tolkunynyň ýaýraýan aralygy, m ; t – ýeliň yzygiderli öwüsmeginiň dowamlylygy, sekuntda.

Maglumatlar bolmadyk ýagdaýynda howdanlar we köller üçin $t = 6$ sagat kabul edilýär. 1 sagatda bolsa 3600 sekunt bolýar, onda $t = 6 \cdot 3600$ sekunt.

Şeýle ölçegsiz ululyklar üçin 29-njy suratdaky grafiğiň ýokarky aýlanyp geçýän çyzygy boýunça olara laýyk gelyän gh_{ζ}/U_{10}^2 we g_{τ}/U_{10} ululyklary tapýarlar. Olaryň kiçi ululyklary boýunça tolkunýň ortaça beýikligini h_{ζ} we ortaça döwrüni τ kabul edýärler.

Tolkunýň ortaça uzynlygyny λ_{ζ} aşakdaky aňlatma boýunça hasaplaýarlar:

$$\bar{\lambda}_{\zeta} = g\tau^2/2\pi. \quad (41)$$

Çuň zolakda dörän tolkunlaryň ortaça beýikliginiň \bar{h}_{ζ} alnan ululygyny 40-njy aňlatma goýup we 28-nji surat boýunça gD/U_{10}^2 ölçegsiz ululyk üçin $K_{1\%}$ -iň ululygyny kesgitlep, ýelden dörän tolkunýň hasaplama beýikligini h_{ζ} tapýarlar. Howdanyň çuň zolagyndaky tolkunýň bendiň ýokarky ýapgydyna ýaýramasynyň beýikligini h_{nk} 39-njy aňlatma boýunça hasaplaýarlar.

Şeýle hem howdanyň düýbünüň eňňitligi 0,001 we ondan hem az bolan ýalpak zolagyň tolkunlarynyň häsiýetlendirijilerini 29-njy suratyň grafikleri boýunça anyklaýarlar. Ölçegsiz bolan gD/U_{10}^2 we gH/U_{10}^2 ululyklary hasaplaýarlar, grafikden gh/U_{10}^2 we g_{τ}/U_{10}^2 -ny alýarlar we tolkunlaryň ortaça beýikligini \bar{h} , ortaça döwrüni τ we ortaça uzynlygyny $\bar{\lambda}$ kesgitleýärler. Şol zolak üçin $i\%$ üpjünlikli tolkunýň beýikligini hasaplamak üçin tolkunýň ortaça beýikligini \bar{h} , K_i köpeldijä köpeldýärler. K_i köpeldijini gH/U_{10}^2 we gD/U_{10}^2 ölçegsiz ululyklara baglylykda, K_i -iň iň kiçi ululygyny kabul edip, 28-nji suratyň grafikleri boýunça kesgitleýärler.

Ondan başga-da ortaça beýiklikden 1 %-li üpjünlikli tolkuna geçmegiň köpeldijisini $K_{1\%}, \frac{gD}{U_{10}^2}$ ölçegsiz ululyga baglylykda 10-njy tablisa boýunça kesgitlemek bolýar.

10-njy tablisa

$K_{1\%}$ köpeldijiniň ululyklary

$\frac{gD}{U_{10}^2}$	$K_{1\%}$	$\frac{gD}{U_{10}^2}$	$K_{1\%}$
1	2,15	500	2,23
50	2,16	600	2,24
100	2,17	700	2,26
200	2,18	800	2,27
300	2,20	900	2,28
400	2,22	1000	2,30

Indi bolsa howdanda suwuň derejesiniň beýgelip-peselip durmagyny hasaba alyp, gumdan gurlan bendiň beýikligini kesgitlemegiň mysalyna seredip göreliň. Ilkinji maglumatlar: bent gumdan gurulýar; howdanyň suwunyň adaty derejesi $H(ASD) = 132 \text{ m}$; bendiň düýbünüň belligi $H_0 = 110 \text{ m}$; bendiň ýokarky ýapgydynyň ýapgytlyk köpeldijisi $m_{y0} = 4$; bendiň aşaky ýapgydynyň ýapgytlyk köpeldijisi

$m_a = 3$; ýapgydyň berkitmesi – beton plitalary; suwuň derejesinden 10 m beýiklikde ýeliň iň ýokary tizligi $U_{10} = 20 \text{ m}$; ýelden dörän tolkunynyň badynyň ýetýän aralygynyň uzynlygy $D = 5 \text{ km}$.

Hasaplamalar ýöriteleşen tertipde alnyp barylýar.

1. Ýeliň täsiri bilen howdanyň ýokarky ýapgydynda suwuň derejesiniň galan beýikligi (nagon) 36-njy aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{U_{10}^2 \cdot D}{gh} \cos a_b = 2 \cdot 10^{-6} \frac{20^2 \cdot 5000}{9,81(132 - 110)} \cdot 1 = 0,02 \text{ m}.$$

2. Ölçeşsiz A we B ululyklary kesgitleýäris:

$$A = \frac{gt}{U_{10}} = \frac{9,81 \cdot 6 \cdot 3600}{20} = 10600; \quad B = \frac{gD}{U_{10}^2} = \frac{9,81 \cdot 5000}{20^2} = 122.$$

3. 29-njy suratynyň ýokarky aýlanyp geçýän çyzygy boýunça A -nyň ululygy üçin tapýarys:

$$W_1 = \frac{g\bar{h}}{U_{10}^2} = 0,09 \text{ we } G_1 = \frac{g\bar{\tau}}{U_{10}} = 4,3;$$

B -niň ululygy üçin:

$$W_2 = \frac{g\bar{h}}{U_{10}^2} = 0,0195 \text{ we } G_2 = \frac{g\bar{\tau}}{U_{10}} = 1,64.$$

4. Soňky hasaplamalar üçin ölçeşsiz ululyklaryň iň kiçi ululyklaryny kabul edýäris:

$$W = \frac{g\bar{h}}{U_{10}^2} = 0,0195 \text{ we } G = \frac{g\bar{\tau}}{U_{10}} = 1,64.$$

5. Tolkunyň ortaça beýikligini kesgitleýäris:

$$\bar{h}_c = \frac{W \cdot U_{10}^2}{g} = \frac{0,0195 \cdot 20^2}{9,81} = 0,79 \text{ m}.$$

6. Tolkunyň hasaplama beýikligini, ýagny tolkunynyň $P = 1 \%$ üpjünlikli beýikligini kesgitleýäris: $h_{1\%} = K_{1\%} \bar{h}_c$. 10-njy tablisa boýunça $\frac{gD}{U_{10}^2} = 122$ üçin $K_{1\%} = 2,17$ -ni tapýarys, onda $h_{1\%} = 2,17 \cdot 0,79 = 1,71 \text{ m}$.

7. $\bar{\tau} = \frac{GU_{10}}{g}$ aňlatma we $G = \frac{g\bar{\tau}}{U_{10}} = 1,64$ -iň kabul edilen iň kiçi ululygy boýunça tolkunýň ortaça döwrüni tapýarys:

$$\bar{\tau} = \frac{GU_{10}}{g} = \frac{1,64 \cdot 20}{9,81} = 3,34 \text{ sekunt.}$$

Onda 41-nji aňlatma laýyklykda tolkunýň ortaça uzynlygy deňdir:

$$\bar{\lambda}_c = \frac{g\bar{\tau}^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 3,34^2}{2 \cdot 3,14} = 17,4 \text{ m.}$$

8. 9-njy tablisa laýyklykda bendiň ýokarky ýapgydynyň бүдүр-сүдүрлігі şeýle kesgitlenilýär: $K_{b-s} = K_{\Delta} K_{gm} = 0,9$. Belli we tapylan ululyklary 39-njy aňlatma goýup alýarys:

$$h_{nk} = \frac{2 \cdot 0,9}{4} \cdot 1,71 \sqrt[3]{\frac{17,4}{1,71}} = 1,64.$$

9. Bendiň üstüniň belligi şeýle kesgitlenilýär:

$$\nabla H_b = ASD + \Delta h + h_{nk} + a = 132 + 0,02 + 1,64 + 0,5 = 134,16 \text{ m.}$$

10. Bendiň beýikligi şeýle kesgitlenilýär:

$$H_b = \nabla H_b - H_0 = 134,16 - 110 = 24,16 \text{ m.}$$

V BAP

HOWDANYŇ SUW ÝITGILERI

Suw howdany gurlandan soň onuň töweregindäki ýerleriň bir bölegini suwuň basmagy, ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokarlanmagy netijesinde howdan heniz gurlmanka öňki tebigy şertler bilen deňeşdireniňde suw deňagramlylygyny düzüjileriň arasynda üýtgeşiklik ýüze çykýar, olaryň esasyly: bugarma we ýere siňmäge (filtrasiýa) bolýan suw ýitgileri. Ondan başga-da wagtlaýyn häsiýetli ýitgilere hemişelik

göwrümi doldurmak we howdan işläp başlan döwründe ýerasty suwlaryň üstüni doldurmak, şeýle hem gyşyna howdandan suw alnanda kenaryň gyrasynda doňup galýan buza we gara bolýan ýitgiler üçin gerek bolýan göwürümler hem degişli.

Suw ýitgisini hasaba almak göwrümi dogry kesgitlemek we akym sazlananda suw deňagramlylygyny düzmek üçin gerek bolýan howdanyň suw hojalyk hasaplamalarynyň esasy bölegidir.

5.1. Howdandan bugarma sebäpli bolýan suw ýitgileri

Howdanyň döremegi netijesinde, howdan gurulýan ýeriň esli bölegi suwuň astynda galýar we gury ýeriň bir bölegi suwly ýere öwürülýär, şonuň netijesinde bugarma üçin suwuň goşmaça ýitgileri ýüze çykýar. Eger-de howdan heniz gurulmanka suwuň astynda galan ýerden bolýan akym aşakdaky ýaly bolsa

$$y = X - E_g,$$

onda şol suwa basdyrylan ýerden howdan gurlandan soňky akym aşakdaky mukdara deň bolar:

$$y_{s.b} = X - E_s,$$

bu ýerde X – ýagan ygalyň galyňlygy, mm; E_g we E_s – laýyklykda gury ýerden we suwuň ýüzünden bolýan bugarmanyň galyňlygy, mm.

Howdan gurulmanka we gurlandan soňky akymalaryň tapawudy bugarma gidýan goşmaça suw ýitgilerini berýär:

$$E_{goş} = y - y_{s.b} = E_s - E_g. \quad (42)$$

Şonuň bilen birlikde, suwuň ýüzünden bugarýan suw howa akymlyry bilen başga ýerlere doly äkidilýär we howdanyň dördilmegi ygalyň ýylyň dowamynda paýlanylyşyna täsir etmeýär diýmäge mümkinçilik berýär.

42-nji deňlemeden görnüşi ýaly, bugarma bolýan suw ýitgisini kesgitlemek üçin howdanyň ýüzünden bolýan bugarmany E_s we edil şol ýerden suwa basdyrylmadan öňki bugarmany E_g hasaplamaly bolýar.

Suwuň ýüzünden bolýan bugarmany E_s howdanyň ululygyna we bar bolan gözegçilik maglumatlara baglylykda kesgitleýärler.

Jülgäniň suwa basdyrylan böleginden bugarmanyň galyňlygyny ortaça ululyk görnüşinde aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$E_g = \frac{\Omega_s E_s + \Omega_g E_g + \Omega_a E_a}{\Omega_s + \Omega_g + \Omega_a}, \quad (43)$$

bu ýerde E_s , E_g , E_a – laýyklykda suwuň ýüzünden, gury ýerden we arnadan bolýan bugarmanyň galyňlygy, mm ; Ω_s , Ω_g , Ω_a – suw ýüzüniň, suwa basdyrylan gury ýeriň we arnanyň meýdany, km^2 .

Gury ýerden bolýan bugarmany kesgitlemek üçin, köplenç, gury ýerden bugarmanyň galyňlygynyň ortaça ýyllyk kartasyny ulanýarlar.

A.W.Ogiýewskiý E_g -iň ululygyny, takmynan, hasaplamak üçin aşakdaky gatnaşygy ulanmagy teklipe etdi:

$$E_g = x (1 - a_{\text{ýap}}), \quad (44)$$

bu ýerde x – ygalyň galyňlygy, mm ; $a_{\text{ýap}} = y/x$ derýanyň jülgesiniň ýapgytlaryndan akyp gelýän akymyň köpeldijisi.

Köpeldiji $a_{\text{ýap}}$ ýa-da $\beta_{\text{ýap}} = 1 - a_{\text{ýap}}$ -gy akymyň şertlerine baglylykda 11-nji tablisa boýunça kesgitlemegi maslahat berýärler.

43-nji aňlatma girýän arnadan bolýan bugarmany E_a ýörite gözegçilikleriň maglumatlary boýunça kesgitleýärler ýa-da çyglylygy ýeterlik bolmadyk etraplar üçin, takmynan, $2/3 E_s$ kabul edilýär, çyglylygy ýeterlik we artykmaç bolan etraplar üçin bolsa suwuň ýüzünden bolýan bugarma E_s -e deň diýlip kabul edilýär.

11-nji tablisa

A.W.Ogiýewskiniň aňlatmasy boýunça köpeldiji $a_{\text{ýap}}$ -gyň (sanawjyda) we $\beta_{\text{ýap}} = 1 - a_{\text{ýap}}$ -gyň (maýdalawjy) ululyklary

Akymyň şertleri	$a_{\text{ýap}}$ we $\beta_{\text{ýap}}$			
Arna çägeden ýa-da beýleki suwy gowy siňdiriji jynslardan, ot basan we seýrek gyrymsy agaçly	Ýaz	Tomus	Gyş	Ýyl (gyşdan başgasy)
	$\frac{0,20}{0,80}$	$\frac{0,05}{0,95}$	$\frac{0,10}{0,90}$	$\frac{0,10}{0,90}$
Uly eňňitlikli toýunly, daşly we beýleki suwy haýal geçirijili jynslar	$\frac{0,80}{0,20}$	$\frac{0,40}{0,60}$	$\frac{0,60}{0,40}$	$\frac{0,60}{0,40}$
	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,20}{0,80}$	$\frac{0,40}{0,60}$	$\frac{0,35}{0,65}$

Akym köpýyllyk sazlananda goşmaça bugarmanyň ortaça galyňlygy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$E_{goş} = \overline{E_s} - \overline{E_g}, \quad (45)$$

bu ýerde $\overline{E_s}$ – suwuň ýüzünden bugarmanyň ortaça köpýyllyk galyňlygy *mm*; $\overline{E_g}$ – suwa basdyrylýan ýeriň üstünden (gury ýeriň üstünden, arnadan, derýanyň hana-syndan) bugarmanyň köpýyllyk ortaça galyňlygy, *mm*.

Eger-de howdanyň boşamasy yzly-yzyna birnäçe ýyllap dowam edýän bolsa, suwuň ýüzünden bugarmany az suwly ýyllaryň toparlary üçin aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$E_s^{(n)} = K_{PE} \overline{E_s} = \left(S_{vE} F_P / \sqrt{n} + 1 \right) \overline{E_s}, \quad (46)$$

bu ýerde S_{vE} – suwuň ýüzünden bugarmanyň durnuksyzlyk köpeldijisi; F_P – üpjünlik egri çyzygynyň ordinatasynyň ortaça ululykdan adatylaşdyrylan (normirlenen) gyşarmasy, ol S_{vE} we bugarmanyň üpjünligine $PE = 100 - P$ baglylykda tablisalar boýunça kesgitlenilýär; p – howdandan suw sarp etmäniň üpjünligi.

Akym pasylyk (ýyllyk) sazlananda suwuň ýüzünden bugarmanyň hasaplama üpjünligini PE , takmynan, $PE = 100 - P$ deň diýip kabul edýärler, bu ýerde p – ygalyň hasaplama üpjünligi. Şeýle ýagdaýlarda howdandan bolýan goşmaça bugarmanyň galyňlygyny W.I.Moklýagyň aňlatmasy boýunça kesgitlemek bolýar:

$$E_{goş} = K_{100-P} \overline{E_s} - K_p \overline{X} (1 - a_{yap}), \quad (47)$$

bu ýerde K_{100-P} – suwuň ýüzünden bugarmanyň galyňlygynyň modul köpeldijisi; K_p – hasaplama üpjünlikli ygalyň galyňlygynyň modul köpeldijisi.

Modul köpeldijini K_p durnuksyzlyk köpeldijä S_{vx} , deň dällik köpeldijä S_{sx} , şeýle hem hasaplama üpjünlige P baglylykda S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň üç parametrlil gamma-paýlanyş tablisasy (*I-nji goşmaça*) boýunça alýarlar.

Hasaplamalar buzsuz döwür üçin aýlyk wagt aralygy boýunça ýerine ýetirilýär; buzly aýlarda $E_s = E_g$ kabul edilýär we goşmaça bugarma hasaplanylmaýar. Goşmaça bugarmanyň galyňlygynyň ýyl içinde paýlanyşyny dürli suwlulykly 3-5 ýyl üçin tapýarlar, şonuň bilen birlikde, goşmaça bugarmanyň galyňlygy aýyň dowamynda üýtgemeyär we howdanyň doldurylmagyna bagly bolmaýar diýlip hasap edilýär.

Hasaplama wagt aralygynda suwa basdyrylan meýdandan goşmaça bugarma zerarly howdandan ýitýän suwuň göwrümini aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

$$V_{s-b} = 10^{-3} E_{goş} \Omega_{s-b}, \quad (48)$$

bu ýerde $E_{goş}$ – suwa basdyrylan meýdandan goşmaça bugarmanyň galyňlygy, *mm*; Ω_{s-b} – suwa basdyrylan meýdan, *km*².

Suwa basdyrylan meýdan aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\Omega_{s.b} = \Omega_s - \Omega_d, \quad (49)$$

bu ýerde Ω_s – howdanyň suw ýüzüniň meýdany, km^2 ; Ω_d – tebigy ýagdaýda derýanyň hanasynyň meýdany km^2 .

Howdan gurlanda ýerleri suwa basdyrmak bilen bir hatarda, howdanyň töwereginiň käbir bölegi suwuň astynda galýar. Şonuň bilen birlikde ýerasty suwlaryň derejesi ýokary galýar, käbir oý ýerlerde kiçiräk köller emele gelýär. Oňa mysal hökmünde Hanhowzuň töwereginde emele gelen köljagazlary görkezmek bolar. Ýokarda bellänip geçilen özgerişleriň netijesinde bugarma zerarly bolýan suw ýitgileriniň mukdary artýar. Biraz suwa basdyrylan ýerleriň meýdany $\Omega_{s.a}$ howdanyň töweregindäki gury ýeriň bölegi ýaly kesgitlenilýär, şol ýerlere ýerasty suwlaryň çuňlугy 2-2,5 m-den az bolan ýerler degişlidir.

Biraz suwa basdyrylan zolakdan goşmaça bugarma bolýan suw ýitgileri aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$V_{s.a} = 10^{-3} (E_{s.a} - E_g) \Omega_{s.a}, \quad (50)$$

bu ýerde $E_{s.a}$ – birneme suwa basdyrylan zolakdan bolýan bugarma, mm .

$E_{s.a}$ -nyň ululygyny gözegçilik maglumatlary boýunça kesgitleýärler ýa-da çyglylygy ýeterlik bolmadyk etraplar üçin, takmynan, $2/3 E_s$ kabul edýärler, çyglylygy ýeterlik we artyk etraplar üçin bolsa suwuň ýüzünden bolýan bugarma E_s -e deň diýlip kabul edilýär.

Ýerleriň birneme we doly suwa basdyrylmagy netijesinde bugarma bolýan suw ýitgisiniň umumy göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$V_b = V_{s.b} + V_{s.a}. \quad (51)$$

Goşmaça bugarma dürli tebigy zolaklarda birmeňzeş bolmaýar. Demirgazyk etraplar üçin goşmaça bugarma az bolýar we ony, takmynan, hasaplap hem bolýar. Gurak zolak üçin bugarma bolýan suw ýitgisi örän köp bolýar we ony hasaba almasaň, howdanyň suw berijiligi ep-esli azalýar.

5.2. Suwuň ýere siňmegi (filtrasiýa) sebäpli howdanda bolýan suw ýitgileri

Howdanyň bendi bilen döredilýän suw çişgini, esli meýdany suwa basdyrmak we biraz meýdany suwa aldyrmak howdanyň täsiriniň ýetýän zolagynda ýerasty suwlarynyň düzgüniniň üýtgemegine, suwuň ýere siňme ýitgileriniň köpelmegine sebäp bolýar. Ýere siňýän suw ýitgileri, esasan, howdanyň düýbünden we kenarlaryndan, şeýle hem bendiň gabarasyndan, esasyndan hem-de bendiň daşyndan aýlanyp geçýän suwlardan ybaratdyr. Ondan başga-da howdan doldurylanda ýerasty suwlar ýokary galýar we howdanyň ýerasty suwlardan iýmitlenmegi azalýar.

Bendiň gabarasyndan, esasyndan we bendiň daşyndan aýlanyp geçýän suw ýitgisi onçakly uly bolmaýar. Olary gidrotehniki gurluşyklarda ulanylýan ýere siňýän suwuň mukdaryny azaldyýjy gurluşlaryň (ponurlaryň, ekranlaryň, ýadrolaryň, diafragmalaryň we ş.m.) kömegi bilen azaldyp bolýar.

Suw ýitgisiniň şol görnüşiniň hasaplama usullary gidrotehnikanyň we gidrawlikanyň çözümlerine esaslanýarlar we gidrotehnika desgalary diýen dersde öwrenilýär.

Howdanyň düýbünden we kenarlaryndan ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgileri suwuň basyşyna, ýerleriň gidrogeologik şertlerine (derýanyň jülgesini emele getirýän jynslara, olaryň suw geçirijiligine, ýerasty suwlaryň ýerleşiş häsiýetlerine, suwuň derejesine we düzgünine) bagly bolýar.

Eger-de howdanyň hanasy esli çuňluklara çenli suw geçirmeýän jynslardan (toýundan, jaýryksyz dykyz çökündilerden ýa-da uly kristal jynslardan) ybarat bolsa, şeýle hem howdanyň töwereginde ýapgytlyklarda ýerasty suwuň derejesi ASD-den ýokary bolsa, onda şeýle ýer howdan gurmak üçin amatly hasap edilýär. Tersine, eger-de howdanyň hanasy we kenarlary çägeden, hek daşyndan we başga suwy güýçli siňdiriji toprakdan ybarat bolsa, şeýle hem derýanyň jülgesiniň käbir gatlagynda karst gatlagy bar bolanda suwuň ýere siňýän ýitgisi uly bolýar.

Birmeňzeş gidrogeologik şertlerde ýere siňýän suw ýitgisi howdandaky suwuň derejesine we hananyň meýdanyna bagly bolýar. Diýmek, suwuň derejesi näçe ýokary we howdanyň hanasynyň meýdany uly bolsa, şonça-da ýere siňýän suw ýitgisi köp bolýar.

Howdanda iň köp suw ýitgi onuň işläp başlan ilkinji ýyllarynda bolýar. Onuň şeýle bolmagynyň esasy sebäbi, howdan doldurylýan döwründe we ulanylyp başlananda hanany emele getirýän toprak suwdan doýunýar we ýerasty suw ätiýaçlygynyň üsti doldurylýar. Durnuklylyk döwri 4-5 ýyldan soň başlanýar. Ondan hem giç bolýan wagtlary seýrek däl. Ýere siňýän suw ýitgileriniň azalmagynyň sebäbi howdanyň hanasynda topragyň öýjükleri dykylyp dykylanýar, şeýle hem howdanyň töweregindäki ýerde ýerasty suwlarynyň derejesi we düzgüni durnukly bolýar.

Suwuň howdandan ýere siňip ýitmegi çylşyrymly we ýeterlik öwrenilmedik hadysadyr. Oňa baha berlende gidrogeologik barlaglaryň we hasaplamalaryň netijelerine we öňden işledilip gelýän howdanlaryň ulanylyş tejribelerine esaslanylmalydyr.

Howdanyň ulanylýan şertlerinde, howdandan ýere siňýän suw ýitgisiniň göwrümini V_f belli bir wagt aralygy üçin suw deňagramlylygyny düzmek usuly boýunça kesgitlemek bolýar:

$$V_b + V_x - W_y - V_{bug} - U - V_{ak} - V_f = V_a, \quad (52)$$

bu ýerde V_b we V_a – gözegçiligiň başynda we ahyrynda howdandaky suwuň göwrümleri; V_x – gözegçilik geçirilen döwürde howdanyň üstüne ýagan ygalyň göwrümi; W_y – howdany iýmitlendirýän basseýniň akymy; V_{bug} – howdandaky suwuň ýüzünden bugarma; U – suwy sarp etmek; V_{ak} – aşakdaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi.

Eger-de şol ululyklary hakykatdan hem ölçeseň, onda ýere siňmä bolýan suw ýitgisini ýokarky deňlemäniň üsti bilen tapyp bolýar. Hasaplamanyň takyklygy suw deňagramlylygyň düzüjileri ölçenende bolýan ýalňyşlyklara bagly bolýar, ýalňyşlyklaryň has uly bolmaklygy hem mümkindir.

Deslapky hasaplamalarda howdandan ýere siňip ýitýän hemme suw ýitgilerine, takmynan, normatiwler boýunça howdandaky suwuň ýüzünden gatlak ýa-da gidrologik şertlere baglylykda hasaplanýan döwürdäki suwuň ortaça göwrüminiň görterimi görnüşinde baha berýärler (*12-nji tablisa*).

12-nji tablisa

Howdandan ýere siňýän suw ýitgisiniň ortaça möçberi
(Ý.F. Pleşkow boýunça)

Gidrogeologik şertler	Ýyllyk gatlak, <i>sm</i>	Ortaça göwrümiň %-i	
		ýyllyk	aýlyk
Gowy	0-50	5-10	0,5-1
Orta	50-100	10-20	1-1,5
Ýaramaz	100-200	20-40	1,5-3

Haçan-da howdanyň hanasy suw geçirmeýän jynslardan düzülen we ýerasty suwlaryň derejesi suwuň çişgin derejesinden ýokarda bolsa, gidrogeologik şertler gowy hasaplanylýar.

Orta gidrogeologik şertlerde howdanyň hanasy suwy az geçiriji topraktan düzülen bolýar; ýerasty suwuň derejesi hemişelik göwrümiň derejesinden ýokarda ýerleşýär.

Ýaramaz gidrogeologik şertlerde gurlan howdanyň hanasy suw geçiriji jynslardan düzülen bolýar. Şeýle ýagdaýda ýerasty suwlar howdandan iýmitlenýärler.

Taslama düzmäniň başynda ýere siňýän suw ýitgileriniň möçberi barlaglaryň we gidrogeologik hasaplamalaryň maglumatlary boýunça kesgitlenilýär.

5.3. Howdanda buz emele gelmegi sebäpli bolýan suw ýitgileri

Ýylyň gys paslynyň sowuk wagtynda howdan gowzanda buzuň emele gelmegi sebäpli suwuň bir bölegini ulanyp bolmaýar, ol buz görnüşinde kenarda galýar. Uly howdanlarda şeýle ýitgi 15-20%-e ýetýär, daglyk derýalarda gurlan howuzlarda we kiçi howdanlarda 80%-e çenli bolýar. Buz gatlagynyň döremegi üçin belli bir mukdarda suw sarp edilýär. Howanyň maýlamagy bilen buz ereýär we erän ähli suw howdanda galýar. Şonuň üçin hem buzuň emele gelmegi üçin howdandan hiç hili suw ýitgisi bolmaýar. Ýöne gysyna suw alynýan howdan gowzap, onuň suw ýüzüniň meýdany azalýan bolsa, buzuň belli bir bölegi kenarda galýar. Şol kenarda galan buzdan emele gelyän suwuň göwrümi wagtlaýynça ulanylman galýar. Gy-

şyna ol göwrüm suw deňagramlylygyň çykadjyly, ýazyna bolsa derýalar buzdan arassalanyp gar erände girdejili bölegine degişli bolýar.

Durnukly buz gatlagy emele gelende buzuň üstüne gar ýagýar, ol hem suw aýlanyşygyndan wagtlaýynça aýrylýar. Howdanyň gyşda gowzaýan döwründe kenarda duzuň galmagy sebäpli bolýan suw ýitgisi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$V_b = \rho_b (\Omega_b - \Omega_a) (h_b + h_a) / 2, \quad (53)$$

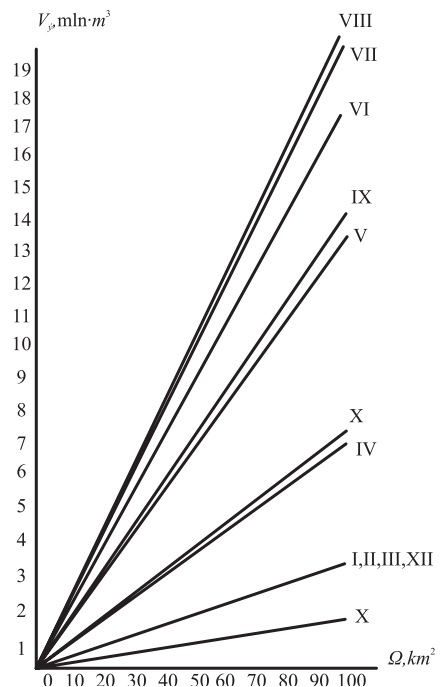
bu ýerde Ω_b we Ω_a – howdanyň gyşky boşamagynyň başlanýan we gutarýan döwürleriniň suw derejelerine laýyk gelýän suw ýüzüniň meýdanlary, m^2 ; h_b we h_a – hasaplanýan döwrüň başyndaky we ahyryndaky buzuň galyňlygy, m ; ρ_b – buzuň otnositel dykzlygy.

Ω_b we Ω_a meýdanlary howdanyň gyşky boşamasynyň taslama bellikleri üçin $\Omega = \Omega(H)$ meýdan egri çyzygy boýunça kesgitleýärler. Buzuň galyňlygyny, takmynan, aşakdaky tejribe aňlatmasy boýunça kesgitläp bolýar:

$$h_b = \varphi (\Sigma t)^n, \quad (54)$$

bu ýerde Σt – buzuň emele gelip başlan wagtyndan häzirki wagta çenli döwrüň dowamyndaky howdanyň ortaça gije-gündizlik aýyrmak almatly temperaturalarynyň jemi; n – dereje görkeziji; F.I.Bydin boýunça demirgazykdaky derýalar üçin $n = 0,5$; φ – Bydiniň aňlatmasyndaky 2-ä deň köpeldiji. Beýleki birnäçe alymlaryň teklipleri boýunça köpeldiji φ 1,2-2,0 aralygynda üýtgäp durýar.

Howdanlara taslama düzülýän döwürde suw hojalyk hasaplamlary geçirilende suw ýitgisiniň jemleýji grafigi gurulýar (30-njy surat), ol şeýle hem howdanyň işleýän döwründe-de ulanylýar.



30-njy surat. Howdandan bolýan jemi suw ýitgileriniň grafikleri: ýylyň I, II...XII aýlary

5.4. Howdanyň suw ýitgilerini azaltmak boýunça geçirilýän çäreler

Howdanlarda bolýan suw ýitgileri kähalatlarda umumy akymyň köp bölegini tutýar. Şonuň üçin hem howdana taslama düzülende we ulanylanda suw ýitgisini azaldýan çärelere üns bermeli bolýar.

Goşmaça bugarmany howdanyň töweregine beýik agaçlary ekmek, gaçy galdyrmak, howdanlary çuň we kenarlary kert çöketliklerde gurmak arkaly azaltmak

bolar. Geçirilýän şeýle çäreler ýeliň tizligini peseltmäge we howa akymynyň badynyň ýetýän aralygyny azaltmaga mümkinçilik berýär, netijede, bugarmanyň möçberi we depgini azalýar. Pes çuňlukly ýerleriň köpelmegi bilen bugarmanyň mukdary artýar. Bugarma sebäpli bolýan suw ýitgilerini tomsuna howdanyň has ýyly suwly ýokarky gatlagyndan suw akdyрма, suw çeşmesiniň suw akdyryjylygyny ýokarlandyрма, suwda ösýän ösümlikleri aýyrmak ýoly bilen hem azaltmak bolýar. Howdanyň suwunyň ýüzüni ösümlük we haýwan üçin zyýansyz bolan dürli plýonkalary örtüp tejribe geçirildi, ýöne ol usullar entäk giňden ulanylmaýar.

Suwuň ýere siňýän ýitgisini azaltmak üçin howdanyň hanasy dürli suw geçir-meýän örtükler (toýun beton, bitum, polietilen plýonkalar) bilen örtülýär, topraga duz guýma, aşgar maddalarynyň garyndysyny siňdirmе, topragy dykyzlandyрма usuly netijesinde hanada suwy haýal geçiriji gatlak döredilýär. Ondan başga-da suwuň ýere siňmeginiň garşysyna göreşmek üçin birnäçe usullar ulanylýar.

Howdandan suw ýitgisini azaltmak üçin ulanylýan çäreler tehniki-ykdysady hasaplamalar arkaly esaslandyrylmalydyr.

VI BAP

HOWDANYŇ GÖMÜLMEGI

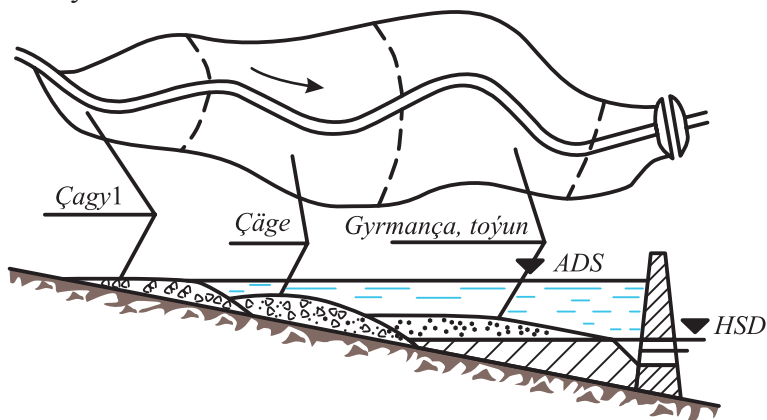
6.1. Derýa getirintgileriniň howdanyň düýbüne çöküşi

Howdanyň çäginde akymyň tizliginiň peselmegi netijesinde derýanyň düýbi boýunça hereket edýän getirintgileriň hemmesi we gaýýan getirintgileriň köp bölegi howdanyň düýbüne çökýär. Howdanyň getirintgiler bilen dolmagyna onuň gömülmegi diýilýär. Howdanyň gömülmegi zerarly dörän çökündilere gömülmäniň gabarasy diýilýär.

Getirintgileriň çökmegi we howdanyň gömülme gabarasynyň döremegi howdanyň ölçeglerine, derýa bilen gelýän getirintgileriň düzümine, howdanyň boşama we dolma düzgünine we ş.m. birnäçe sebäplere bagly bolýar. Howdanyň gömülmegi onuň uzynlygy boýunça birmeňzeş bolmaýar. Gömülmek ýokarky, aşaky we ortaky aýratynlykly üç bölege bölünýär.

Ýokarky böleginde çişgininiň kem-kemden azalýan ýerinde derýanyň düýbündäki getirintgiler we gaýýan getirintgileriň irileri howdanyň düýbüne çökýärler.

Getirintgiler ýygnanyp (31-nji surat) çökündi ulgamyny döredýärler, ol suwuň erkin ýüzüniň egri çyzygynyň üýtgemegine we gömülme gabarasynyň akym boýunça ýokarlygyna köpelmegine getirýär. Çökündiniň köpelmegi we akymyň kese kesiginiň kiçeldigiçe hanada akymyň tizligi artýar, ol getirintgileri bendiň ugruna süýşürmäge ýardam edýär. Ýokarky bölegiň gömülmegi netijesinde howdanyň peýdaly göwrümi azalýar, pes suwly ýeriň meýdany köpeliýär, suwa basdyrylýan ýerleriň meýdany artýar. Şol bölegiň uzynlygy, takmynan, çişginiň ýaýran uzynlygynyň $1/4$ bölegine deň bolýar.



31-nji surat. Howdanyň gömlüşiniň çyzgysy

Ortaky bölekde gömülmäniň depgini suwa basdyrylan arnanyň çäginde bolýar, ol ýerde kiçi çuňluklar we tizlikler sebäpli getirintgileriň çökmegi üçin amatly şert döredýär. Getirintgiler, esasan, jar-käl ulgamlaryndan we guýýan ýeri howdanyň çişginli zolagynda bolýan derýa goşantlaryndan gelýärler. Gömülme, esasan, gaýýan getirintgileriň hasabyna bolýar. Şol bölegiň uzynlygy edil ýokarkynyňky ýaly, ýagny çişgin uzynlygynyň $1/4$ bölegine deň bolýar.

Aşaky bölek gös-göni bent bilen utgaşýar, ol giňligiň hem-de çuňlugyň ululygy we suw ýüzüniň eňňitliginiň kiçiligi bilen häsiýetlendirilýär. Üstesine-de gidrografik ulgamlarynyň beýleki bölekleri hem çişginli zolakda ýerleşýärler we getirintgiler şolarda çöküp, howdana gelmeýärler. Ol bölek gömlende, esasan, ownuk toprak bölekleri ($0,01\text{ mm}$ -den kiçi diametrli) çökýärler, olar goýy akym görnüşinde bende ýetýärler. Bendiň ýanynda şol akym dargaýar, getirintgileriň köp bölegi howdana çökýär, beýleki bölegi bolsa bulançaklandyrylyp, bendiň aşaky býefine akdyrylýar. Kenarýaka böleginde ýelden dörän tolkunlaryň, suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň we beýleki hadysalaryň täsiri bilen kenaryň üýtgemeginiň önümleri (opurylma, dökülme, süýşme) ýuwaş-ýuwaşdan howdana çökýärler. Aşaky bölegiň uzynlygy çişginiň ýaýraýan aralygynyň $1/2$ bölegine deňdir.

Howdanyň gömülmegine howdan boşanda we dolanda suwuň derejesiniň üýtgäp durmagy uly täsir edýär. Howdan boşanda we suwuň derejesi peselende eňňitlik we akymyň tizligi artýar hem-de çöken getirintgiler hemişelik göwrümi yzygiderli

doldurmak bilen bende tarap hereket edýärler. Howdan doldurylanda we ondaky suwuň derejesi ýokary galanda çişginiň gutarýan ýeri bentden daşlaşýar we ýene-de getirintgileriň çökmegi üçin şert döreýär. Ýylyň ýa-da paslyň suwlulygynyň üýtgemegi hem gömülmäge täsir edýär. Wagtyň geçmegi bilen hemişelik göwrümiň doly gömülmegi mümkin. Hemişelik göwrümiň derejesiniň üstüne düşen getirintgiler peýdaly göwrümi azaldýarlar we howdanyň amatly iş düzgüni bozulýar. Howdanyň getirintgilerden dolmagyna görä, onda akymyň tizligi artýar, ol howdanyň üstünden geçýän getirintgileriň mukdaryny köpeldýär we netijede, getirintgileriň akys tizligi peselýär. Haçan-da çökündiler doly gömülme göwrüme ýetende, howdanyň gömülmesi hem togtýar.

Gömülme zerarly peýdaly göwrümiň 70-80%-ini ýitiren howdan öz wezipesini doly berjaý edip bilmeýär. Howdanlaryň az wagtyň içinde getirintgilerden dolan ýagdaýlary köp bolan. Mysal üçin, Koloroda derýasyndaky Ostin howdanynyň göwrüminiň 95%-i 13 ýylyň dowamynda gömlükdir. Murgap derýasyndaky 15 mln m^3 göwrümlü Hindiguş howdany 13 ýylyň dowamynda doly gömlükdir, edil şol derýadaky 73 mln m^3 göwrümlü Soltanbent howdanyň göwrümi 1910-1925-nji ýyllar aralygynda 75% gömlükdir. Şonuň üçin hem suw howdanlary gurlanda olaryň gömülmegini hasaba almak wajyp meseleleriň biri hasap edilýär.

6.2. Howdanyň gömülyän göwrümini we möhletini kesgitlemek

Howdanyň ASD -niň belligine çenli doly gömülmeginiň dowamlylygyna gömülmek möhleti diýilýär. Howdanyň gömülmek möhletiniň esasy häsiýetlendirijisi hökmünde gömülmeginiň şertli görkezijisi kabul edilýär:

$$t_{\text{ş}} = V_{ASD} / \bar{V}_g, \quad (55)$$

bu ýerde V_{ASD} – howdanyň ASD -däki göwrümi, m^3 ; \bar{V}_g – getirintgileriň howdana gelyän ortaça köpýyllyk göwrümi, m^3 /ýyl.

Şertli gömülmeginiň görkezijisi gelyän getirintgileriň howdana doly çökyän şertlerinde howdanyň ASD -niň belligine çenli gömülmeginiň dowamlylygyny häsiýetlendirýär.

Eger-de uly howdanlar üçin $t_{\text{ş}}$ -niň ululygy 200 ýyldan köp bolsa, howuzlar üçin bolsa 50 ýyldan köp bolsa, onda şol alnan ululyk howdanyň gömülme möhletiniň dowamlylygy diýlip kabul edilýär we goşmaça hiç hili hasaplamalar geçirilmeýär.

Galan ýagdaýlarda howdanyň gömülmek möhletiniň hasaplamalaryny howdandan çykarylýan getirintgileri (aşaky býefe we suw alyjy desgadan geçýän) hasaba alyp takykklamaly. Howdanyň gömülmegi hasaplananda M.W.Potapow tarapyndan teklipe edilen “howdanyň iş möhleti” diýen adalga hem ulanylýar. Howdanyň iş möhleti hökmünde hemişelik göwrümiň getirintgilerden dolýan wagty alynýar:

$$t_{i.m} = \frac{V_{HGD}}{\bar{V}_g}. \quad (56)$$

Howdana düşýän getirintgileriň ortaça köpýýlyk göwrümini suwda gaýýan $\bar{V}_{g.g}$ we derýanyň düýbünüň getirintgileriniň göwrüminiň $\bar{V}_{d.g}$ jemi görnüşinde göz önüne getirip bolar:

$$\bar{V}_g = \bar{V}_{g.g} + \bar{V}_{d.g}. \quad (57)$$

Uzak wagtylyk gözegçilikler (20 ýyldan az bolmasa) bar bolan ýagdaýda gaýýan getirintgileriň ortaça köpýýlyk göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\bar{V}_{g.g} = \rho_0 W_0 \rho_{\text{çök}}^{-1} 10^{-3}, \quad (58)$$

bu ýerde: ρ_0 – suwuň ortaça köpýýlyk bulançaklygy, g/m^3 ; W_0 – derýanyň ortaça köpýýlyk akymy, $m^3 / \text{ýyl}$; $\rho_{\text{çök}}$ – çökündileriň dykyzlygy, kg/m^3 .

Bir ýylyň dowamynda çöken düýpki getirintgileriň göwrümi aşakdaky baglanyşyk boýunça kesgitlenilýär:

$$\bar{V}_{d.g} = 31,56 \cdot 10^6 \cdot G_{d.g} \cdot \rho_{\text{çök}}^{-1}, \quad (59)$$

bu ýerde $G_{d.g}$ – derýanyň düýpki getirintgileriniň ortaça köpýýlyk mukdary, kg/s .

Getirintgileriň akymyna gözegçilik edilen hatar gysgarak (20 ýyldan az) bolsa, gaýýan we düýpki getirintgileriň adaty akymyny getirintgileriň akymynyň G_g we suwuň akymynyň ýyllyk $W_{\text{ýyl}}$ ululyklarynyň baglanyşygyny ulanyp, G.A.Alekseyewiň grafoanalitik usuly bilen tapýarlar. Gözegçilik geçirilen döwür gysga ýa-da gözegçilik düýpden geçirilmedik bolsa, onda meňzeşlik usulyny, suwuk we gaty akymalaryň özara baglanyşyk grafisini, derýalaryň bulançaklyk kartalaryny, empirik aňlatmalary ulanýarlar.

Düýpki getirintgileriň akymy, getirintgileriň umumy akymynyň 10%-inden az bolsa, onda howdana gelyän ortaça köpýýlyk getirintgileriň akymy diýlip, gaýýan getirintgileriň göwrümini kabul etmäge rugsat berilýär, ýagny, $\bar{V}_g = \bar{V}_{g.g}$.

Howdandan çykýan getirintgileri hasaba alýan ýyllyk gömülmäniň göwrümi kabul edilen wagt aralygynda howdanyň başyndaky we ahyryndaky ölçeg kesiklerdäki gelyän we gidýän getirintgileriň tapawudy görnüşinde deňagramlylyk usuly bilen tapylýar. Hasaplanýan wagt üçin gaýýan getirintgiler bilen gömülýän göwrüm aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$V_{g.g} = (G_{g.b} - G_{g.a}) \Delta t \rho_{\text{çök}}^{-1}, \quad (60)$$

bu ýerde $G_{g.b}$ we $G_{g.a}$ – laýyklykda kabul edilen wagt aralygy üçin howdanyň başyndaky we aýagyndaky gaýýan getirintgileriň ortaça mukdary, kg/s ; Δt – kabul edilen wagt aralygy, sekunt.

Derýanyň düýpki getirintgilerinden gömülýän göwrüm ýokarka meňzeş kesgitlenilýär:

$$V_{d.g} = (G_{d.b} - G_{d.a}) \Delta t \rho_{\text{çök}}^{-1}, \quad (61)$$

bu ýerde $G_{d.b}$ we $G_{d.a}$ – kabul edilen wagt aralygy Δt üçin howdanyň başyndaky we aýagyndaky ölçeg kesiklerde düýpki getirintgileriň ortaça mukdary, kg/s .

Gaýýan we düýpki getirintgileriň çökündileriniň göwrümlerini jemläp, kabul edilen wagt aralygy üçin howdanyň gömlen göwrümini kesgitleýärler.

Gaýýan we düýpki getirintgileriň hasaplama mukdarlaryny, olaryň ýylyň dowamynda üýtgäp durmaklaryny nusgalaşdyrylan görnüşli grafikler boýunça anyklaýarlar. Şonuň bilen birlikde nusgalaşdyrylan ýylyň gidrografyny 3-4 sany hasaplama aralyklara bölýärler we her bir aralyk üçin suwuň we getirintgileriň ortaça mukdaryny kesgitleýärler.

Takmynan hasaplamalarda gömülmäniň ýyllyk göwrümini aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

$$\bar{V}_g = \rho W_o (1 + m - \delta) \rho_{\text{çök}}^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (62)$$

bu ýerde m – çökündilerde düýpki getirintgileriň paýy; δ – howdandan aşaky býefe göni geçirilip goýberilýän gaýýan getirintgileriň paýy.

6.3. Howdanyň gömülmeginiň yzygiderliligini hasaplamak

Öňki beýan edilenlerde bellenilip geçilişi ýaly, eger-de şertli gömülmäniň görkezijisi $t_{i.m}$ uly howdanlar üçin 200 ýyldan we howuzlar üçin 50 ýyldan az bolsa, gömülmäniň hasaplamasyny akymyň elementleriniň yzygiderli üýtgemegini we gömülmäniň gabarasynyň getirintgileriň göni akyp geçmegine täsirini hasaba alyp ýerine ýetirýärler.

Ilkinji maglumatlara baglylykda howdanyň ýyllar boýunça gömülmeginiň hereketini G.I.Şamowyň ýa-da W.S.Lapşenkowyň usullary boýunça hasaplamak bolýar. Hasaplamaný howdanyň adaty suw derejesine ASD laýyk gelýän çişgin egri çyzygynyň ortaça ýagdaýynda, köpýyllyk döwür üçin suwuň we getirintgileriň ortalaşdyrylan mukdarlary boýunça ýerine ýetirýärler. Hasaplanyş aralyk diýlip ýyl alynýar. Howdanyň gömülmegi çylşyrymly bolsa, ony böleklere bölýärler we her bölek üçin gömülmäni aýratyn kesgitleýärler.

G.I.Şamowyň usuly boýunça t ýylyň dowamynda howdana çöken getirintgileriň göwrümi aşakdaky baglanyşyk boýunça hasaplanylýar:

$$V_{gt} = V_{g.ç} (1 - a_o^t), \quad (63)$$

bu ýerde $V_{g,\zeta}$ – getirintgileriň çökmegini çäklendirýän göwrüm, şondan soň howdanda gömülme bolmaýar, m^3 ; a_0 – ilkinji ýylda howdanyň gömülmeegini häsiýetlendirýän parametr, ol aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$a_0 = 1 - (V_{g_1} / V_{g,\zeta}), \quad (64)$$

bu ýerde V_{g_1} – birinji ýylda çöken getirintgileriň göwrümi.

V_{g_1} we $V_{g,\zeta}$ ululyklary, takmynan, aşakdaky aňlatmalar boýunça kesgitlemek teklipe edilýär:

$$V_{g_1} = \frac{W_{g,y}}{\rho_{\zeta\text{ök}}} \left[1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega_b} \right)^n \right], \quad (65)$$

$$V_{g,\zeta} = V_{ASD} \left[1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega_b} \right)^{1,7} \right], \quad (66)$$

bu ýerde $W_{g,y}$ – getirintgileriň ýyllyk hasaplama akymy, $kg/ýyl$; ω_b – ýokarky býefde bendiň ýanynda kese kesigiň iň uly meýdany, m^2 ; ω_p – adaty şertlerde suwuň mukdary hasaplama iň köp suwuň mukdarynyň $3/4$ deň bolan halatyndaky kese kesigiň meýdany, m^2 ; n – dereje görkeziji, ol derýanyň eňňitligine i baglylykda kabul edilýär ($i < 0,0001$ bolanda $n = 1 \dots 0,8$; $i = 0,0001 \dots 0,001$ bolanda $n = 0,8 \dots 0,5$; $i = 0,001 \dots 0,01$ bolanda $n = 0,50 \dots 0,33$).

65-nji, 66-njy we 64-nji aňlatmalara laýyklykda V_{g_1} , $V_{g,\zeta}$ we a_0 -y kesgitläp we t -niň ululygyny kabul edip, 63-nji aňlatma boýunça ýyllar boýunça howdanyň gömülmeeginiň hereketini hasaplamak bolýar. Haçan-da gömülmäniň göwrümi $V_{g,t}$ çäklendirilen gömülmäniň göwrümüne ýakyn bolsa, getirintgileri aşaky býefe göni geçirip biljek hananyň göwrümüne deň bolsa, hasaplamany bes edýärler.

Howdan gömlende akymyň getirintgi getirip bilijilik ukybynyň yzygiderli üýt-gäp durmagyny hasaba alyp, W.S.Lapşenkow t ýylyň dowamynda çöken getirintgileriň göwrümünü aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemegi teklipe edýär:

$$V_{g,t} = V_{g,\zeta} (1 - e^{-t/E}), \quad (67)$$

bu ýerde e – natural logarifmiň esasy; E – howdanyň gömülmeegini häsiýetlendiriji, onuň wagt ölçegligi bolýar.

Gömülmäniň häsiýetlendirijisi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$E = V_{g,\zeta} \rho_{\zeta\text{ök}} / \varepsilon' W_g, \quad (68)$$

bu ýerde W_g – howdana suwuň gelýän ýerindäki ölçeg kesikde getirintgileriň ortaça ýyllyk akymy, $t/ýyl$; $V_{g,\zeta}$ – howdanyň gömülmeegini çäklendirýän göwrüm, m^3 ;

ε' – gömülmäniň başlangyç döwründe çöken getirintgileriň paýy; $\rho_{\text{çök}}$ – çökündileriň dykzlygy, t/m^3 .

ε' ululygy aşakdaky gatnaşyk boýunça kesgitlemek bolýar:

$$\varepsilon' = (\rho_b - \rho_{a.o}) / \rho_b, \quad (69)$$

bu ýerde ρ_b – başlangyç ölçeg kesikdäki hasaplama bulançaklyk, g/m^3 ; $\rho_{a.o}$ – gömülmäniň başlanan wagtynda ahyrky ölçeg kesikdäki (gidrouzeliň ýanyndaky) bulançaklyk, g/m^3 .

Bulançaklygy ilkinji maglumatlaryň esasynda ýa-da howdanyň ulanylyp başlanan birinji ýylynyň maglumatlarynyň esasynda ýa-da akymyň getirintgi getirip bilijilik ukybynyň aňlatmalary boýunça kesgitleýärler.

67-nji aňlatmada gaýýan we düýpki getirintgileriň çöküşini hasaba alýan çäkli gömülmäniň göwrümini $V_{g,\text{ç}}$, howdanyň ASD-däki göwrümi bilen getirintgileri getirmegi üpjün edip bilýän durnukly hananyň göwrüminiň V_p tapawudy görnüşinde tapýarlar:

$$V_{g,\text{ç}} = V_{ASD} - V_p, \quad (70)$$

$$V_p = H_{or} B_{or} L_{or}, \quad (71)$$

bu ýerde L_{or} – gömülýän döwrüniň ahyrynda, bentden başlap, tä çişgin egri çyzygynyň gutarýan ýerine çenli howdanyň uzynlygy, m ; B_{or} we H_{or} – gömülmäniň ahyrynda dörän durnukly hananyň ortaça giňligi we çuňlugy. B_{or} -ny we H_{or} -ny S.T.Altuniniň we W.S.Lapşenkowyň aňlatmalary boýunça kesgitlemek bolýar.

t/E -niň kiçi ululyklarynda (0,02-0,10 aralykda) W.S.Lapşenkowyň usuly boýunça gömülmäniň göwrümini has ýönekeý baglanyşyk boýunça kesgitlemek bolýar:

$$V_{gt} = \varepsilon' G_g t / \rho_{\text{çök}}. \quad (72)$$

W.S.Lapşenkowyň usuly gerek bolan ýagdaýda, islendik wagt üçin gömülmäniň häsiýetlendirijilerini (getirintgileriň ownuklyk düzümini, howdanyň we onuň aýratyn bölekleriniň gömülýän göwrümini, howdanyň janly kesiginiň meýdanynyň we kese kesikler boýunça bellikleriň üýtgemegini we ş.m.) kesgitläp, howdanyň gömülmeginiň hasaplamalaryny jikme-jik ýerine ýetirmäge mümkinçilik berýär.

Suw ýüzüniň meýdany 2-4 km^2 -dan köp bolmadyk howzuň we kiçi howdanlaryň gömülmegi hasaplananda, getirintgileriň düzgüni we ownuklyk düzümi barada maglumatlar bolmadyk ýagdaýda gömülmäniň göwrümi takmynan hasaplanylýar, onuň üçin howdanyň getirintgi saklap bilijilik ukybyny \bar{P}_g we onuň oňnositel göwrüminiň arasyndaky baglanyşygy ulanmaly:

$$\beta = V / W_o, \quad (73)$$

bu ýerde V – howdanyň göwrümi, m^3 ; W_o – derýa akymynyň ortaça köpýyllyk göwrümi, m^3 .

Howdanyň otnositel getirintgi saklap bilijilik ukyby diýlip, howdanyň getirintgileriň ýyllyk akymynyň belli bir bölegini saklap bilijiligi diýip düşünilýär, ýagny:

$$\tilde{P}_g = G_{g,y} / \bar{G}_{g,y}, \quad (74)$$

bu ýerde $G_{g,y}$ – howdana bir ýylyň dowamynda ýygnanýan getirintgiler, $t/ýyl$; $\bar{G}_{g,y}$ – getirintgileriň ortaça ýyllyk akymy, $t/ýyl$.

Howzuň ýa-da kiçi howdanyň hasaplamalaryny desganyň ulanylýan birinji ýylyndan başlap, yzygiderli ýerine ýetirýärler.

74-nji aňlatmadan gelip çykyşyna görä, howdandaky getirintgileriň bir ýyldaky mukdary aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$G_{g,y} = \tilde{P}_g \bar{G}_{g,y}, \quad (75)$$

olaryň göwrümi

$$V_g = G_{g,y} / \rho_{\text{çök}}. \quad (76)$$

Howdanyň getirintgi saklap bilijilik ukybyny \tilde{P}_g Demirgazyk we Günbatar Gazagystanyň çägi, Russiýanyň Kursk welaýaty, Demirgazyk Kawkazyň we Günüorta Uralyň sähra zolaklary üçin 13-nji tablisa boýunça kesgitlemek bolýar. Beýleki ýerler üçin $\tilde{P}_g = f(\beta)$ baglanyşyk meňzeş howuzlaryň gömülmegine degişli maglumatlar boýunça anyklanylýar.

Meňzeş howuzlar boýunça gerek maglumatlaryň bolmadyk ýagdaýynda howdanyň getirintgi saklap bilijilik ukybyny A.W.Karauşewiň aňlatmasy boýunça hasaplamak bolýar:

$$\tilde{P}_g = 1 - (1 - \beta)e^{-\varphi\beta/(1-\beta)}. \quad (77)$$

Parametr φ aşakdaky baglanyşyk boýunça kesgitlenilýär:

$$\varphi = wT_{ak} / h_{or}, \quad (78)$$

bu ýerde w – getirintgileriň ortaça gidrawlik iriligi, m/s ; T_{ak} – joşgun döwründe howdandan suwuň we getirintgileriň aşaky býefe akdyrylýan döwrüniň dowamlylygy, sekunt; h_{or} – howdanyň ortaça çuňlugy, m ; β – howdanyň otnositel göwrümi; e – natural logarifmiň esasy.

T_{ak} -nyň ululygy aşakdaky gatnaşyk boýunça kesgitlenilýär:

$$T_{ak} \cong V_{ak} / Q_{j.or}, \quad (79)$$

bu ýerde V_{ak} – aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi, ol joşgun döwründe akyp gelen suwuň jemi göwrümi we joşgun başlan wagtyndaky howzuň göwrüminiň tapawudy görnüşinde kesgitlenilýär, m^3 ; $Q_{j.or}$ – suwuň joşgun döwründäki ortaça mukdary, m^3/s .

Howzuň soňky ýyllarda gömülmegini, getirintgileriň çökmegi zerarly onuň göwrüminiň azalmagyny göz önünde tutup hasaplaýarlar. Yzygiderli hasaplamalar arkaly howdanyň iş möhleti anyklanylýar.

Howuzlaryň we kiçi howdanlaryň gömülmegini hasaplamak boýunça başga-da birnäçe teklipler bar.

13-nji tablisa

**Demirgazyk we Günbatar Gazagystanyň, Russiýanyň Kursk welaýatynyň,
Demirgazyk Kawkazyň we Günorta Uralyň sähra zolaklary üçin
howdanlaryň otnositel getirintgi saklap bilijilik ukyby**

Suw ýygnaýan meýdan, km^2	Otnositel göwrüm β								
	0,025	0,05	0,10	0,30	0,50	0,70	0,80	0,95	1,0
5...8	0,03	0,06	0,11	0,32	0,58	0,78	0,87	0,96	1,0
30...40	0,04	0,06	0,12	0,40	0,65	0,85	0,95	1,0	1,0

6.4. Howdanyň kenarlarynyň täzeden emele gelmegi

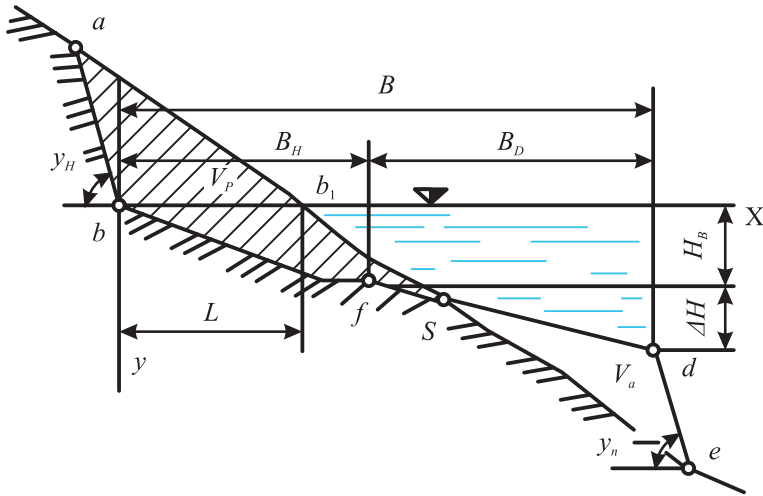
Howdanyň kenarlarynda durnukly kenar döreýänçä dowam edýän köwmek we opurylmak hadysalara kenarlaryň täzeden emele gelmegi diýilýär. Täzeden emele gelmegiň netijesinde howdanyň kert kenarlary has ýapgyt kenara öwrülýärler, şonuň bilen birlikde kenarýakasynyň belli bir zolagy ýuwulýar. Howdanlaryň kenarýaka zolaklary hojalyk üçin özleşdirilende, ulanylýan möhletlerde kenarlaryň täzeden emele gelmeginiň mümkindigini hasaba almaly, onuň üçin kenarlaryň täzeden emele gelmek hasaplamalaryny ýerine ýetirmeli.

Howdanyň kenarlarynyň täzeden emele gelmegi uzaga çekýär we çylşyrymly bolýar. Onuň depginine ýelden dörän tolkun, howdanyň boşaýan we doldurylýan wagtynda suwuň derejesiniň üýtgäp durmagy, topragyň düzümi we kenarýaka zolagynyň gidrogeologik şertleri, kenarýaka akymynyň tizligi, derýanyň düýbündäki getirintgileriň hereketiniň düzgüni we başgalar täsir edýärler. Kenarlaryň täzeden emele gelmek ýagdaýy, howdany ulanmagyň ilkinji ýylynda has güýçli depginde geçýär. Wagtyň geçmegi bilen dinamik deňagramlylyk başlanýar we kenary indiki köwmekden goraýan ýeterlik ýapgytlyk we giň kenar ýalpakylygyň durnukly görnüşini emele gelýär.

Howdanyň kenarlarynyň täzeden emele gelmegine çaklama düzmek üçin N.Ýe.Kondratýew, G.S.Zolotarew, N.G.Kaçugin we başgalar tarapyndan tekliplenen usullar durmuşda giňden ulanylýar.

N.Ýe.Kondratýewiň usulyna seredip göreliň, ol usul gidrodinamika esaslanýar we berlen möhlet üçin kenarlaryň täzeden emele gelmeginiň çaklamasyny has anyk

kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şol usul boýunça hasaplamalaryň çyzgysy 32-nji suratda görkezilýär. Hasaplama berlen tolkunynyň täsiriniň ýaýran çuňlugyny kesgitlemekden we kenaryň ýalpaklygynyň çäginini anyklamakdan ybaratdyr.



32-nji surat. Kenaryň täzeden emele gelmeginiň çyzgysy

Tolkunyň köwüji täsiriniň çuňlugy, takmynan, aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$H_t = 0,64 \cdot h_i \cdot \text{arsh}(8,1h_i), \quad (80)$$

bu ýerde h_i – tolkunynyň hasaplama beýikligi, m ; arsh – areasinus, ýagny $8,1 \cdot h_i$ -den ters giperbolik sinus.

Takmynan hasaplamalar üçin köwüji täsiriniň çuňlugyny H_t tolkunynyň hasaplama beýikligi h_i boýunça kesgitleýärler:

h_i, m	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
H_t, m	0,68	1,72	3,00	4,35	5,80	7,30	8,85	10,40

Tolkunyň hasaplama beýikligi hökmünde gös-göni kenaryň öwrenilýän bölegine ýakyn aralykda ýerleşen howdanyň aýyk böleginde bolup biljek tolkunynyň iň uly bölegi alynýar. Emele gelen ýalpaklygyň iki bölege bölünmegi mümkin: olaryň başlangyç kenar bilen utgaşýany egri çyzyk görnüşli kesige eýe bolýar (32-nji suratdaky fb), beýlekisi göni çyzyk görnüşli (fd çyzyk boýunça). Göni çyzykly bölek fd $H_b + \Delta H$ çuňluga çenli ýaýraýar, ol ýerde ΔH howdanyň boşan çuňlugydyr. Beýleki ölçegli tolkunlar bd çyzygyň ýerleşişini bozmaýarlar we çäklendiriji tolkuna laýyk gelýärler. Egri çyzyk bf aşakdaky tejribe deňleme boýunça gurulýar:

$$X = \frac{i_0 - i_{10}}{20 \cdot i_0 i_{10}} y^2 + \frac{1}{i_0} y, \quad (81)$$

bu ýerde – x, y 32-nji suratdaky koordinat ulgamyna laýyk gelýän koordinatlar; i_0 – suwuň gyrasyndaky kenar çyzygynyň eňňitligi; i_{10} – suwuň gyrasyndan 10 m daşlykdaky ýalpaklygyň eňňitligi.

i_0 we i_{10} ululyklar ýalpaklygy emele getirýän toprak bölejikleriniň iriligine bagly we 14-nji tablisa boýunça kesgitlenýärler.

14-nji tablisa

Topragyň iriligine baglylykda kenar ýalpaklygynyň durnuklylygynyň suwuň gyrasyndaky i_0 we suwuň gyrasyndan 10 m daşlykdaky i_{10} eňňitlikleri
(*N.Ý.Kondratýew boýunça*)

Toprak	i_0	i_{10}	Toprak	i_0	i_{10}
Çäge: ownuk	0,03	0,0015	Çagyl: ownuk	0,19	0,03
orta	0,07	0,01	orta	0,21	0,05
iri	0,14	0,02	iri	0,25	0,08

Kesigiň egri çyzykly böleginiň giňligi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$B_H = \frac{H_t^2 (i_0 - i_{10})}{20 \cdot i_0 i_{10}} + \frac{H_t}{i_0}, \quad (82)$$

kesigiň göni çyzykly böleginiň giňligi bolsa aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$B_D = \Delta H \left[\frac{2H_t (i_0 - i_{10})}{20 \cdot i_0 i_{10}} + \frac{1}{i_0} \right]. \quad (83)$$

Ýalpaklygyň doly giňligi deňdir $B = B_H + B_D$.

80-nji, 83-nji aňlatmalar boýunça kenar ýalpaklygynyň kesigi gurulýar. Bu kesigiň *ba, fd* çyzyklar bilen üsti doldurylýar, olar γ_H we γ_n ýapgytlyk burçlara laýyk gelýärler. Ürgün topraklar üçin ýapgydyň tangens burçy 0,5-e deň diýlip kabul edilýär, beýlekiler üçin bolsa şol sanda baglanyşykly topraklaryňky 0,1-e deň.

Soňra toplanan göwrümiň V_t ýuwlan göwrüme V_{yu} bolan gatnaşygyny tapmaly, ony ownuk bölejikler ($d < 0,05 \text{ mm}$) ýuwlandan soň galan fraksiýanyň göteriminiň

ýuwan umumy göwrümdäki hemme fraksiýanyň göterimdäki (100%) mukdaryna gatnaşygyna deň diýip kabul edýärler.

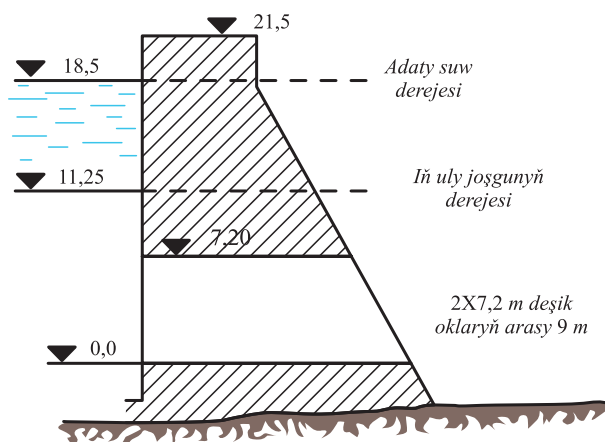
Hasaplanyp tapylan kenar çyzygynyň çaklanan durnukly kesigi $abfde$ ilkibaş-daky kesik ab -se bilen utgaşdyrylýar (32-nji surat) we kesigiň biri beýlekä garanyň-da kese çyzyk X boýunça ýuwan we çökündi göwürümler tapylan V_t/V_{yu} gatnaşykda bolar ýaly edilip süýşürilýär. Netijede, suwuň gyrasynyň çäklendirýän süýşmesini b_1b we kenar ýapgytlygynyň erneginiň a -nyň ýerleşişini kesgitleýärler.

N.Ý.Kondratýewiň usuly, şeýle hem kenarlaryň belli bir wagtyň dowamynda täzeden emele gelmeginiň hereketine takmynan baha bermäge mümkinçilik berýär.

6.5. Howdana çöken getirintgileri ýuwmak

Göwürümi uly bolmadyk howdanlaryň (ýyllyk sazlaýan, esasan-da, doly sazla-maýan howdanlar degişli) iş möhletini uzaltmak üçin ýörite çäreler kabul edilýär. Olaryň has arzanyna we ygtybarlysyna öz üstünden suw bilen örän köp getirintgi geçirip biljek suw akdyryjylar degişli.

Howdan dolup duranda getirintgileri çykaryp bolmaýar, sebäbi suwuň düýpki suw akdyryjy desga geliş tizligi, akdyryjynyň agzyndan daşlaşdygyňça azalýar we eýýäm 10-20 m aralykda ol tizlik çöken getirintgileri ýuwmak üçin ýeterlik bolmaýar; suw akdyrylýan döwürde getirintgileriň çökmegi dowam edýär, diňe bende çenli suw bilen gelýän gaýýan ownuk getirintgiler aşaky býefe akdyrylýar. Tersine, eger-de suw howdanyň boş wagty akdyrylsa, onda diňe bir suw bilen gelýän getirintgiler akdyrylman, ýeterlik tizlikde öň çöken getirintgiler hem akdyrylýar; şeýlelikde, kiçi howdanlaryň gömülmegine garşy ulanylýan esasy çäreleriň biri, mümkin boldugyça, maksimal suw mukdarynyň boş howdandan aşaky býefe akdyrylmagydyr.



33-nji surat. Müsürdäki Asuan bendiniň aşaky býefe suw akdyryjysy

Şeýle işi ýerine ýetirmek üçin iki şert gerek, olar aşakdakylardan ybarat:

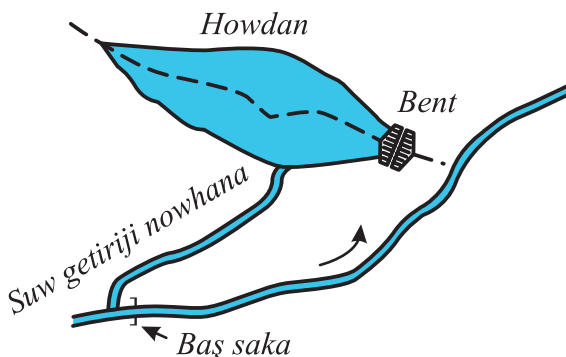
a) howdanyň göwrümine garanyňda joşgunyň göwrümi has uly bolmaly, ol hatda az suwly ýyllarda-da howdany dolduramazlyk howpy bolmazdan, joşgunyň birinji bölegini aşaky býefe akdyrmaga mümkinçilik bermeli;

b) bendiň önünde çişgin döretmän, uly joşgun suwuny geçirip biljek örän uly düýpki suw akdyryjy bolmaly: bendiň önündäki çişgin diňe örän köp suw geçende gysga wagtyk bolup biler, joşgun geçenden soň, çöken getirintgiler indiki joşgun suwy bilen ýuwulýar. Suw akdyryjynyň mysaly hökmünde Müsürdäki Asuan bendiniň çyzgysy getirilýär (33-nji surat).

6.6. Howdanyň gömülmeginiň depginini azaltmak boýunça geçirilmeli çäreler

Howdanlaryň gömülmegi barada aýdylanda iň amatsyz ýagdaýda orta göwrümlü howdanlar bolýar, olar köp ýylyň dowamynda getirintgileri toplamak üçin şeýle uly däl, edil şol bir wagtda-da birnäçe ulanyş we gurluş sebäplere görä (mysal üçin, gidroelektrostansiýalaryň ýanyndaky suw basyşyny döredýän howdan), düýpki suw akdyryjylaryň üsti bilen getirintgileri akdyrmaga mümkinçilik bolmaýar. Şeýle ýagdaýda howdana gelýän getirintgileriň mukdaryny azaltmak üçin birnäçe çäreler görülmelidir:

1. Howdany esasy jülgede ýerleşdirmän, suw ýygnaýan meýdany kiçi bolan gapdaldaky jülgede ýerleşdirmeli, suwy aýratyn nowhana arkaly howdana getirmeli (34-nji surat). Suwy getirintgilerden arassalamak işiň esasy bölegi baş desganyň gurluşynyň üsti bilen amala aşyrylýar: nowhanada ýuwujy gurluşlar, çäge saklaýjylar we ş.m. gurulýar. Howdany şeýle ýerleşdirmek gömülmeginiň garşysyna göreşmek bilen bir hatarda joşgun suwunyň iň köp mukdaryny geçirmegi ýeňilleşdirýär we bendiň ýanynda ýörite desgany gurmak zerurlygy aradan aýrylýar. Munuň esasy ýetmezçiligi suw getiriji nowhananyň suw geçirijilik ukybynyň has pes derejede bolmagydyr.



34-nji surat. Suw getiriji nowhanaly howdan

2. Howdanyň daşyndan aýlanyp geçýän nowhanany ýa-da ýeriň astyndan suw geçirijini (ýa-da ikisini hem bilelikde) gurmak (35-nji surat). Olaryň üsti bilen

howdanyň daşyndan aýlanyp köp getirintgili joşgunyň bir bölegi akdyrylýar, düýpki getirintgileriň bolsa hemmesi geçirilýär. Ol usul ýöne örän gymmat düşýär we diňe uly bolmadyk howdanlar gurlanda ýa-da örän amatly topografik şertlerinde ulanylýar. Aýlanyp geçýän nowhananyň deregine howdanyň düýbi boýunça goýlan we bentden geçirilen getirintgi akdyryjy turbany ulanmak maslahat berilýär.



35-nji surat. Aýlanyp geçýän nowhanaly howdan

3. Esasy jülgede ýa-da goşantda gurlan beýik bolmadyk ýörite bent bilen getirintgileri saklamak; ol bentler bilen döredilen howdanlar getirintgilerden dolandan soň, olar ulaldylýar ýa-da täze ýerde gurulýar.

4. Howdan gurulýan derýanyň suw ýygnaýan meýdanynda topragyň ýuwulmagyny gowşatmak hem-de esasy jülgä we goşanda barýan getirintgileriň mukdaryny azaltmak. Ähli görülyän çäreler topragyň ýuwulmagyny, akyp gelýän getirintgileriň döreýän ýerini üns berip öwrenmäge, derýalaryň ýeterlik suw şertlerini anyklamaga we ş.m. esaslanmaly. Ýuwulmanyň häsiýetine we sebäbine baglylykda, şeýle çäreleriň görülmekleri mümkin:

a) atmosfera ygallaryny ýagan ýerlerinde saklamaga gönükdirilen dürli yzgarlandyryjy işleri geçirmek, mysal üçin, gar saklamak, ýapgydy keseligine sürmek, joýajyklar we peljagazlar çekmek we ş.m.;

b) ýeriň üstüni ösümlik ekip berkitmek, dag ýapgytlyklaryny tokaýlyga we çemenzarlyga öwürmek, ýapgytlyklarda mal bakmagy gadagan etmek we ş.m.;

ç) dag ýapgytlyklaryny sekillendirmek;

d) ýapgytlyklarda keseligine ganawlar gazmak, ol iş, adatça, tokaýlaşdyrmak bilen birleşdirilýär (9-njy surat);

e) jarlary böwetlemek, düýbünü we kenarlaryny berkitmek, beýikliklerdäki suwlary saklamak we başga ýollar bilen berkitmek;

ä) howdan gurulýan derýanyň suw ýygnaýan meýdanyndaky medeni ýerleri oba hojalyk üçin ulanmagyň görnüşini üýtgetmeli, mysal üçin, sürülýän ýerleriň meýdanyny azaldyp, çemenlikleri we öri meýdanlaryny köpeltmek.

Howdanyň gömülmeginiň önüni alyp bolmaýan ýagdaýlarda getirintgileri läbik sorujylaryň kömegi bilen çykarýarlar. Ol örän gymmat düşýän çäre, kähalatlar-da suw getiriji nowhanalary läbik sorujylar bilen arassalanyňdan, amatly ýer bar bolsa, howdany başga ýerde täzedan guranyň arzan düşýär.

Howdanyň gömülmeginiň garşysyna haýsy usuly saýlap alsaň hem, onuň amatly boljakdygyny tehniki ykdysady hasaplamalar arkaly esaslandyrmaly.

VII BAP

HOWDANLARY HASAPLAMAGYŇ WAJYP USULLARY

7.1. Howdanlaryň suw hojalyk hasaplamalarynyň esasy elementleri

Howdanyň esasy häsiýetlendiriji ululyklaryny we onuň iş düzgünini anyklamak boýunça hasaplamalaryň jemine howdanyň suw hojalyk hasaplamalary diýilýär. Suw hojalyk hasaplamalar, adatça, howdanyň tehniki taslamasynyň ýa-da toplumlaýyn gidrouzeliň özbaşdak bölegi görnüşinde bölünýärler.

Olaryň düzümine:

- howdany döredýän akarlaryň esasy gidrologik häsiýetlendirijilerini anyklamak boýunça gidrologik hasaplamalar;
- howdandan suw sarp etmegiň göwrümlerini we düzgünini, şeýle hem howdan gurulmagy sebäpli ýüze çykýan suw ýitgilerini kesgitlemek;
- howdanyň kadaly suw derejelerini we göwrümlerini bellemek;
- akymy sazlamagyň ykdysady peýdalylygyna we halk hojalygy üçin ähmiýetliligine baha bermek;
- suw serişdelerini oýlanyşykly ulanmagy we goramagy üpjün edýän howdanyň ulanyş düzgünleri girýär.

Gidrologik hasaplamalar üçin ilkinji maglumat hökmünde Türkmenistanyň Gidrometgullugynyň gidrologik daýanç ulgamlarynyň maglumatlary ulanylýar. Gerek bolsa ýörite goşmaça gözegçilikler we barlaglar geçirilýär.

Suwy ulanmagyň we suwy sarp etmegiň mukdary, göwrümi, düzgüni, suwy ulanyjylaryň we suwy sarp edijileriň taslama düzümi, suwy sarp etmegiň hasaplama udel düzgünleri (önüm birligi, 1 gektar ýeri suwarmak, bir adam üçin we ş.m.) baradaky maglumatlar esasynda kesgitlenilýär. Howdanyň ölçeg kesigine degişli edilen suwy ulanmagyň göwrümlerine we mukdarlaryna peýdaly ýa-da göz önünde tutulan sarp etme diýilýär. Howdan gurulmagy sebäpli ýüze çykýan suw ýitgilerini peýdaly suw sarp etme bilen jemleýärler. Suw ýitgilerini hasaba alýan sarp etmä howdanyň doly suw sarp etmesi diýilýär. Howdanyň suw hojalyk hasaplamalary üçin gerek bolan beýleki ilkinji maglumatlar topografik, gidrologik, ekologik we başga barlaglaryň esasynda alynýar.

7.2. Akymy sazlamagyň hasaplamagyň esasy usullary

Howdanyň esasy häsiýetlendiriji ululyklaryny (göwrümini, sarp etmäni) we onuň iş düzgünini akymy sazlamagyň görnüşine bagly bolmadyk hasaplama akymy we meýilleşdirilen suw sarp etmäni deňeşdirmek we seljermek ýoly bilen anyklaýarlar. Ulanylýan hasaplama usullaryny iki topara bölmek bolýar: hakyky akym hatarlary boýunça hasaplamalar (deňagramlylyk hasaplamalary); matematiki statistika we ähtimallyk nazaryýetine esaslanýan umumylaşdyrylan usullar.

Usullaryň birinji toparyna suw hojalyk hasaplamalaryň esasy diýlip, ozal geçen uzak ýyllaryň dowamynda gözegçilik edilen akymyň ululyklaryny kabul edýärler. Hasaplamalar arkaly geçen döwriň dowamynda öwrenilýän akara mahsus bolan gidrologik düzgüniň häsiýeti anyklanylýar. Soňra ol geljekki hasaplama döwre ýaýradylýar. Şonuň bilen birlikde derýanyň ortaça köpýyllyk suwlulygy dürli bolan ýyllaryň we pasyllaryň gaýtalanmagy suw hojalyk desgalaryň geljekde ulanyljak döwründe birnäçe onýyllyklarda gözegçilik edilen döwriňki ýaly bolar diýlip çak edilýär.

Suw hojalyk hasaplamalaryň ikinji toparyna degişli usullary derýa akymynyň häzirki döwürdäki ýagdaýlaryna esaslanýar. Derýanyň akymy tötänden döreýär diýlip hasap edilýär, onuň kanunylyklaryny öwrenmek we aýdyňlaşdyrmak üçin ähtimallyk nazaryýetiniň we statistikanyň matematika enjamlaryny ulanmak bolýar. Şol nazaryýetiň nukdaýnazaryndan oň gözegçilik edilen köpýyllyk gidrograf tötänden bolýan hadysanyň iş ýüzüne geçmegidir diýseň hem bolar, ýöne ol mümkinlik edil şol görnüşde hiç haçan gaýtalanmaz. Ýöne öwrenilýän akar üçin ol hadysanyň esasy statistika kanunylyklary üýtgemän galýarlar we olary öwrenilýän suw hojalyk ulgamyň geljekdäki düzgünini aýdyňlaşdyrmak hem-de hasaplamak üçin ulanmak bolar. Ulgamyň ähli suw hojalyk häsiýetlendirijileri akymyň we howdanyň özara täsiriniň netijesi bolup, ähtimallyk görnüşinde aňladylýar. Umumylaşdyrylan usullar bilen suw hojalyk hasaplamalar geçirilende, yzygiderli gözegçilik hatary akymyň statistik häsiýetlendiriji ululyklaryny kesgitlemek üçin ulanylýar. Olaryň esasynda çyzylan üpjünçilik egri çyzyklary akymyň ähtimal ululygyny we olaryň baglanyşygyny almak üçin hyzmat edýärler, olaryň esasynda akymy sazlamagyň esasy häsiýetlendiriji ululyklary (howdanyň, sarp etmegiň, suw ýetmezçiligiň göwrümleri we ş.m.) kesgitlenilýär.

Seredilen suw hojalyk hasaplama usullaryň her bir toparynyň özüne mahsus bolan artykmaçlyklary we ýetmezçilikleri bolýar. Gös-göni geçen döwriň (yzygiderli hatarlary boýunça) akymy boýunça ýerine ýetirilen hasaplama akymy sazlamagyň islendik görnüşü ulanylanda aýdyňlygy we amatlylygy bilen tapawutlanýar. Onuň ýetmezçiligi, derýanyň akymyna dowamly gözegçilikler bolmadyk ýagdaýda ony ulanyp bolmaýanlygy we howdandan suw sarp etmegiň üpjünliginiň kesgitli däl digidir.

Derýanyň akymy umumylaşdyrylan häsiýetlendirijiler boýunça hasaplananda ýokarda görkezilen ýetmezçilikler bolmaýar. Ähtimallyk nazaryýetini we matematik

modelirlämäni ulanmak akymyň hemme bolup biljek ululyklarynyň utgaşmasyny, şol sanda yzygiderli hatardaky ýok gözegçiligi ýüze çykarmaga, şol ululyklary erkin üýt-gäp durýan hökmünde öwrenmäge, ilkinji maglumatlary doly ulanmaga mümkinçilik berýär. Şunluk bilen gidrometrik gözegçilikler geçirilýän döwürdäki tötänden ýüze çykýan täsirler aradan aýrylýar we akymy sazlamagyň görkezijileriniň kesgitlenme-giniň esaslanma derejesi ýokarlanýar. Umumylaşdyrylan usullaryň ýetmezçiliklerine olaryň ýeterlik aýdyň dældigi, şeýle hem suw hojalyk hasaplamalarynyň howaýylygy degişlidir. Ol usullarda çylşyrymly matematik gurluşlaryň aňyrsynda akymyň kanu-nylyklarynyň emele gelmegindäki genetiki faktorlaryň orny görünmeýär.

Şol sebäpli suw hojalygyna taslama düzülende hasaplamanýň iki usulyny hem ulanmak amatly bolýar. Olar biri-biriniň üstüni dolduryp, howdanyň hasaplama hä-siýetlendirijilerini we taslama iş düzgünini doly we dogry anyklamaga mümkinçilik berýär.

7.3. Suwy sarp etmegiň hasaplama üpjünligi

Derýanyň tebigy akymy ýyl-ýyldan we ýylyň dowamynda yzygiderli üýtgäp durýar. Şol üýtgäp durmaklyk suw howdanlarynyň kömegi bilen tekizlenýär, how-danyň göwrümi ortaça ýyllyk akyma garanyňda näçe uly bolsa, şonça-da tekizlen-me artýar. Ýöne howdanyň göwrümi näçe uly bolsa-da, akymyň üýtgäp durmagy-ny aradan aýryp bolmaýar. Akym howdanyň kömegi bilen sazlananda-da, tebigy şertler bilen deňeşdirilende, seýrek bolsa-da suwuň gerek bolan düzgüni bozulýar. Howdanyň göwrüminiň ulalmagy bilen suwuň düzgüniniň şeýle bozulmalarynyň sany azalýar. Ýöne gidrotehniki çäreleriň bahasy artýar, sebäbi bendiň beýikligi we göwrümi, suwa basdyrylýan ýerleriň meýdany köpeliýär we ş.m. Şonuň bilen baglylykda howdanlaryň taslamasy düzülende, suw üpjünçiligiň ygtybarlylygy bi-len howdany gurmaýyň baglanyşykly hemme çäreler toplumynyň arasynda belli bir amatly baglanyşygy saklamaga ymtylýarlar. Suw hojalyk desgalaryny akymy sazlamagyň kabul edilen düzgüni üçin belli bir ygtybarlylyk derejäni hasaba alyp gurýarlar. Gidrotehnikada suw talap edijileri, suw bilen üpjün etmegiň ygtybar-ly ölçegi hökmünde suw sarp etmegiň hasaplama üpjünligi ulanylýar. Suw sarp etmegiň üpjünligi diýlip, suw talap edijileriň doly göwrümde bökdençsiz suw bilen üpjün edilen bütün ýyllarynyň sanynyň ähtimallygynyň göterimdäki aňlatmasyna aýdylýar (bökdençsiz ýyllaryň sany boýunça üpjünlik), onuň aňlatmasy aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$P_a = N_{b-z} \cdot N^{-1} \cdot 100\%, \quad (84)$$

bu ýerde N_{b-z} – bökdençsiz bütün ýyllaryň sany; N – seredilýän köpýyllyk döwür-däki ýyllaryň sany.

Suw hojalyk hasaplamalarynda, suw sarp etmegiň üpjünliginiň şol düşünjesi bilen bir hatarda şeýle ölçegiň suw sarp etme göwrümi boýunça üpjünlik ýada wagt boýunça üpjünlik ýaly görnüşleri hem duş gelyärler. Sarp etme göwrümi boýunça üpjünlik sarp edijä ýetirilen göwrümiň U_h sarp etmek üçin göz önünde tutulan (kepillendirilen) göwrüme U_k bolan gatnaşygydyr (göterimde)

$$P_{a,u} = U_h U_k^{-1} \cdot 100\% . \quad (85)$$

Wagt boýunça üpjünlik – bu sarp edijiniň bökdençsiz üpjün edilýän umumy wagtyň T_{b-z} , seredilýän köpýyllyk döwrüň umumy dowamlylygyna T bolan gatnaşygy:

$$P_{a,t} = T_{b-z} T^{-1} \cdot 100\% . \quad (86)$$

Sarp etmegiň üpjünlik ölçegleriniň seljermesi, göwrüm boýunça $P_{a,u}$ we wagt boýunça $P_{a,t}$ üpjünlikler, ululyklary boýunça P_a -dan uly bolýandyklaryny görkezýär, sebäbi olar kesgitlenende bökdençli ýyllaryň sarp etmegi hem hasaba alynýar. Bökdençli ýyllaryň sany P_a boýunça üpjünlige baha berlende hemme bökdençli ýyllar, hatda bökdençlik dowamly bolmasa-da hasapdan çykarylýar.

Suw hojalygyna taslama düzülende sarp etmegiň üpjünliginiň ölçegi hökmünde, üpjünlik diýen düşüňjä doly laýyk gelyän has sada ölçeg hökmünde bökdençsiz ýyllaryň sany P_a boýunça üpjünlik ulanylýar. Beýleki iki düşünje bolsa akymy sazlamagyň netijesine tehniki-ykdysady taýdan doly baha berlende ulanylýar.

Sarp etmegiň hasaplama üpjünliginiň amatly ululyklary taslama düzmekde toplanan tejribeleriň esasynda bellenilýär. Ähli suw sarp edijiler bökdençsizlik derejesi boýunça üç topara bölünýär: arakesmä ýada suwy azaltmaga ygtyýar bermeýän; arakesmä ygtyýar bermeýän, ýöne berilýän suwy az wagtlyk azaltmaga rugsat berýän (önümçiligiň tehnologiýasy bilen kesgitlenýän); az wagtlyk arakesmä ýada berilýän suwy azaltmaga ygtyýar berýän. Birinji topara ýörite maksatly suw talap edijiler, iri senagat merkezleri we käbir kärhanalar, kommunal suw üpjünçilik ulgamlary degişli; şol topar üçin hasaplama üpjünlik 95-97 % we ondan hem köp, 99 %-e çenli kabul edilýär. Ikinji topara senagat kärhanalarynyň köpüsi girýär: şeýle ýagdaýda hasaplama üpjünlik 95 %. Üçünji topara suwaryş ulgamlaryny, gidroelektrostansiýalaryny (*GES*), gämi gatnawyny, balyk hojalygyny we beýlekileri degişli edýärler. Şol topar üçin hasaplama üpjünlik aşakdaky aralykda bolýar: *GES* üçin 90 %, suwaryş üçin 85 %, gämi gatnawy üçin 80-90 %, balyk hojalygy üçin 75-85 %.

Sarp etmegiň hasaplama üpjünligi örän wajyp ölçeg bolup, ol diňe howdanyň göwrümi we sarp etmäni kesgitlemän, howdany we desgalaryň umumy utgaşmasy gurmaga çykarylan maýa goýumlaryň möçberini, akymy sazlamagyň umumy ykdysady peýdalylygyny kesgitleýär. Mysal üçin, suwaryşda howdandan sarp edilýän suwuň üpjünlik göterimini köpeltseň, suwaryş ulgamlarynyň işleýşiniň

ygtybarlylygy ýokarlanýar. Ýöne şonuň bilen birlikde howdanyň ululygy artýar, diýmek, howdany gurmak üçin maýa goýumlaryň möçberi hem artýar we tersine, sarp etmegiň hasaplama üpjünligi peselse, howdanyň göwrümi we ony gurmaga çykdaýy azalýar, ýöne suw bermekdäki bökdençligiň köpelmegi hasylyň we oba hojalyk önüminiň umumy mukdarynyň azalmagyna getirýär. Howdan halk hojalygynyň beýleki pudaklary (gidroenergetika, senagat suw üpjünçiligi we ş.m.) üçin ulanylanda hem şoňa meňzeş bolýar. Şonuň üçin hem her bir anyk ýagdaý üçin sarp etmegiň hasaplama üpjünligi tehniki-ykdysady hasaplamalaryň we akymy sazlamagyň iň amatly häsiýetlendirijilerini we düzgünlerini saýlamaga mümkinçilik berýän dürli wariantlary deňeşdirmek esasynda belleniýär.

7.4. Tablisa-san deňagramlylyk usuly bilen akymy sazlamak

Akymy hakyky kalendar ýyllar boýunça sazlamagyň hasaplamalary, seredilýän döwrüň bölünen her bir wagt aralygy üçin suw deňagramlylygyny düzmekden ybaratdyr. Şonuň bilen birlikde suw deňagramlylygynyň deňlemesi aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$\Delta V = Q_h \Delta t - q \Delta t - V_y - Q_{ak} \Delta t, \quad (87)$$

bu ýerde $\Delta V - \Delta t$ – wagt aralygynda howdanyň göwrüminiň özgermegi, m^3 ; Q_h – hasaplama akym (akyp gelýän), m^3/s ; q – sarp edilýän suwuň mukdary m^3/s ; $V_y - \Delta t$ – wagt aralygyndaky howdandan bolan suw ýitgileriniň göwrümi, m^3 ; Q_{ak} – aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary, m^3/s .

Akymy sazlamagyň görnüşine we hasaplamalaryň gerek bolan takyklygyna baglylykda hasaplama wagt aralygy Δt hökmünde baş gün, on gün, aý, pasyl, ýyl alynýar. Şonuň bilen birlikde seredilýän hataryň hemme ýyllary üçin hasaplamalar görkezilen wagt aralyklaryndaky ortaça ululyklar boýunça alnyp barylýar.

Akymy sazlamagyň hasaplamalarynda göni we ters meseleleri tapawutlandyrylar.

Göni meselede hasaplama akymy we göz önünde tutulan sarp etmäni deňeşdirmek ýoly bilen howdanyň peýdaly göwrümini, şeýle hem akymy sazlamagyň berlen şertlerine baglylykda onuň iş düzgünini kesgitleýärler. Suw ulanyjylaryň suwa bolan talaby doly kanagatlandyrylýar. Akym doly ulanylmasa, artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagyň tertibi kesgitleniýär.

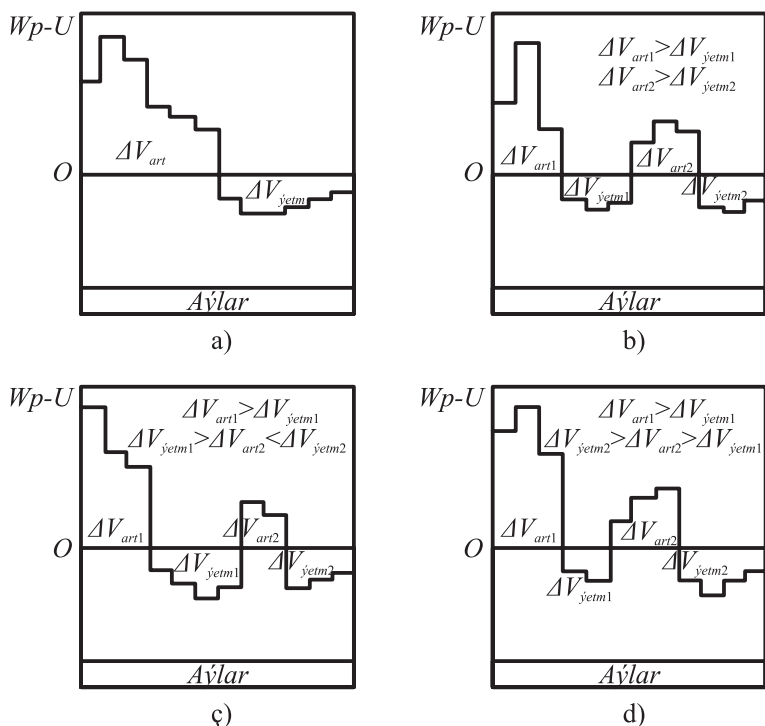
Ters meselede, taslama düzmäniň şertlerinde howdanyň berlen peýdaly göwrüminde hakyky sarp etmeli suwy kesgitleýärler. Göni meselede bolşy ýaly, ters meselede-de sarp etmegiň üpjünligi akymyň üpjünligine deň edilip alynýar.

Howdany göni mesele görnüşinde hasaplamak aşakdaky yzygiderlilikde ýerine ýetirilýär:

1. Hasaplanylýan suw hojalyk ýylyň başlanýan wagty bellenilýär we saýlanyp alnan wagt aralygynda hasaplanylýan akymy $W_{p,i}$ we sarp etmäni U_i yzygiderli deňşdirmek arkaly suw ýitgisini hasaba alman, deňagramlylyk tapawudy hasaplanylýar $\pm (W_p - U)_i$. Seredilýän wagt aralygynda deňagramlylyk tapawutlaryň goşmak alamatly ululyklary artykmaç akymyň göwrümine $\Delta V_{art,i}$ laýyk gelýär, aýyrmak alamatlylar akymyň ýetmezçilik göwrümine $\Delta V_{ýetm,i}$ laýyk gelýär.

Hasaplanylýan suw hojalyk ýylyň başlanýan wagty diýlip, köplenç, köp suwly döwrüň başlanýan wagty alynýar.

2. Suw ýitgileri hasaba alynman, howdanyň peýdaly göwrümi $V_{peý}$ kesgitlenilýär. Şonuň bilen birlikde deňagramlylyk tapawutlaryň bir aňlatmasynyň, ýagny artykmaçlygyň we ýetmezçiligiň ululygyna, yzygiderlilikine we gatnaşygyna baglylykda howdanyň iş düzgünleri aşakdaky ýaly bolmagy mümkin: bir taktly, iki taktly we köp taktly (36-njy surat).



36-njy surat. Akymyň we howdandan suw sarp etmegiň utgaşdyrylan grafikleri

Howdanyň bir taktly iş düzgüni artykmaçlygyň bir deňagramlylyk topary ΔV_{art} we ýetmezçiligiň bir deňagramlylyk topary $\Delta V_{ýetm}$ bilen häsiýetlendirilýär (36-njy a surat). Şeýle ýagdaýda eger-de artykmaçlygyň göwrümi ΔV_{art} ýetmezçiligiň göwrüminden $\Delta V_{ýetm}$ artyk bolsa, howdanyň gerek bolan peýdaly göwrümi aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$V_{peý} = \Delta V_{ýetm}, \quad (88)$$

Ýetmezçiligiň başlanýan pursatynda howdan ASD -niň belligine çenli doldurylan bolmaly, onuň doly göwrümi şeýle kesgitlenilýär: $V_{ASD} = V_{HGD} + V_{peý}$. Ýetmezçiligiň ahyrynda peýdaly göwrüm doly ulanylan ýagdaýda bolýar we howdanda diňe adaty şertlerde ulanyp bolmaýan hemişelik göwrüm V_{HGD} galýar.

Howdanyň iki taktly iş düzgüni hasaplama döwründe iki topar artykmaçlyklaryň we iki topar ýetmezçilikleriň bolmagy bilen häsiýetlendirilýär. Şonuň bilen birlikde howdanyň iş düzgüninde şeýle ýagdaýlaryň bolmagy mümkin: bagly bolmadyk siklli (tapgyrly) iki taktda işlemek (36-njy b surat); bagly tapgyrly iki taktda işlemek (36-njy ç surat); aralykda bagly iki taktda işlemek (36-njy d surat).

Howdan bagly bolmadyk tapgyrly iki taktda işlände (36-njy b surat) her bir artykmaçlyk yzyndan gelýän ýetmezçilikden uly, ýagny $\Delta V_{art1} > \Delta V_{ýetm1}$ we $\Delta V_{art2} > \Delta V_{ýetm2}$ akymy sazlamagyň hasaplama döwri biri-birine bagly bolmadyk iki tapgyra bölünýär.

Şeýle ýagdaýda howdanyň peýdaly göwrümi ýetmezçilikleriň ulusyna deň bolýar:

$$V_{peý} = \max \Delta V_{ýetm}. \quad (89)$$

Uly ýetmezçiligiň başlanýan pursatynda howdan V_{ASD} -ne çenli doldurylan bolmaly, şol ýetmezçiligiň ahyrynda bolsa howdan V_{HSD} -ne çenli boşan bolmaly.

Howdan bagly tapgyrly iki taktda işlände (36-njy ç surat) birinji artykmaçlyk birinji ýetmezçilikden uly $\Delta V_{art1} > \Delta V_{ýetm1}$, ikinji artykmaçlyk bolsa iki ýetmezçilikden hem kiçi $\Delta V_{ýetm1} > \Delta V_{art2} > \Delta V_{ýetm2}$, ýagny ilkinji ýetmezçiligi ýapmak üçin onuň önündäki artykmaçlyk ΔV_{art2} ýeterlik däl we ýetmeýän göwrümi birinji uly artykmaçlykdan ΔV_{art1} -dan almaly.

Şeýle ýagdaýda howdanyň peýdaly göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\Delta V_{peý} = \Delta V_{ýetm1} + \Delta V_{ýetm2} - \Delta V_{art2}. \quad (90)$$

Howdan birinji ýetmezçiligiň başlanýan pursatynda V_{ASD} -ne çenli doldurylan bolmaly, ikinji ýetmezçiligiň ahyrynda bolsa V_{HSD} -ne çenli boşan bolmaly.

Howdan aralykda bagly tapgyrly iki taktda işlände birinji artykmaçlyk birinji ýetmezçilikden uly $\Delta V_{art1} > \Delta V_{ýetm1}$, ikinji artykmaçlyk bolsa ikinji ýetmezçilikden kiçi, birinji ýetmezçilikden bolsa uly $\Delta V_{ýetm2} > \Delta V_{art2} > \Delta V_{ýetm1}$. Şeýle şertlerde howdanyň peýdaly göwrümi maksimal ýetmezçilige deň bolýar:

$$V_{peý} = \max \Delta V_{ýetm}. \quad (91)$$

Howdanyň V_{ASD} -ne çenli doldurylmagy maksimal ýetmezçiligiň başlanýan pursatyna çenli tamamlanmaly, V_{HGD} -ne çenli boşamak bolsa maksimal ýetmezçiligiň başlanýan pursatynda tamamlanmaly.

Howdan köp taktly düzgünde işlände hem onuň peýdaly göwrüminiň hasaplanýşy ýokarda ýazylyşy ýaly ýerine ýetirilýär.

3. Akym sazlananda howdanyň doldurylmagynyň we artykmaç suwunyň aşaky býefe akdyrylmagynyň yzygiderli grafigi gurulýar. Howdanyň doldurylmagynyň we artykmaç suwunyň aşaky býefe akdyrylmagynyň tertibi akymy sazlamagyň düzgüni boýunça kesgitlenilýär. Akymy sazlamagyň iki warianty ulanylýar.

Birinji wariant boýunça akym sazlananda howdan ilkinji artykmaçlyklaryň hasabyna V_{ASD} -sine çenli doldurylýar we diňe şondan soň artykmaç suw suw akdyryjy desgalaryň üsti bilen aşaky býefe akdyrylýar.

Ikinji wariant boýunça akym sazlananda başda H_{HGD} -sinde artykmaç suw aşaky býefe akdyrylýar, soňra bolsa howdan V_{ASD} -sine çenli doldurylýar.

Birinji wariant has ygtybarly bolýar, onda howdany çaltrak doldurmak üçin hemme mümkinçilikler ulanylýar. Ol energetika maksatlar üçin has amatly hasap edilýär, sebäbi dowamly döwrüň içinde howdanda suwuň ýokary derejesi saklananda, suwuň basyşy artýar, şol sebäpli gidroelektrostansiýalarda elektroenergiýanyň öndürilijiligi artýar. Ýöne şol wariantyň öz ýetmezçilikleri hem bar. Ýerleri suwa basdyrylýan döwrüň dowamlylygy artýar, bugarma we ýere siňme sebäpli suwuň ýitgisi köpeliýär, howdanyň gömlüş tizligi artýar, gidrawlik ýuwuş işlerini geçirmek barha kynlaşýar.

Ikinji wariantda birinji wariantyň ýetmezçilikleri ýok we şonuň üçin hem, aýratyn-da köp mukdarda getirintgi getirýän akarlarda gurlan suw howdanlary ulanylanda, ol amatly hasap edilýär. Şonuň bilen birlikde, şeýle wariant boýunça akymy sazlamak üçin howdandaky suwuň derejesini gaty ýokarlandyrmak, bendiň aşaky býefine uly mukdardaky suwy akdyrmagy üpjün edýän, suw geçirijilik ukyby uly bolan düýpki suw akdyryjy desgalary gurmak zerur bolýar. Şonuň bilen birlikde bendiň aşaky býefini suwa basdyrmak howpuny ýok etmeli. Joşgun akymyna çaklama düzýän gulluk ygtybarly işlemeli.

Birinji wariant boýunça akymy sazlamagyň hasaplamalaryny, hasaplama aralygyň (ongünligiň, aýyň, ýylyň we ş.m.) ahyry üçin howdany doldurmagyň we ondan aşaky býefe suw akdyrmagyň göwrümlerini hasaplap, wagt yzygiderliliginde ýerine ýetirýärler.

Şonuň bilen birlikde suw deňagramlylygyň deňlemesini ulanýarlar (87-nji deňleme), suwuň ýitgisi hasaba alynmadyk ýagdaýda onuň aşakdaky görnüşe eýe bolmagy mümkin:

$$V_{ai} = V_{bi} + (W_p - U)_i - V_{aki} \quad (92)$$

ýa-da

$$V_{ai} = V_{fi} - V_{aki}, \quad (93)$$

bu ýerde

$$V_{fi} = V_{bi} + (W_p - U)_i, \quad (94)$$

bu ýerde V_{ai} – laýyk hasaplama wagt aralygynyň Δt_i ahyryna laýyk gelýän howdandaky suwuň göwrümi, m^3 ; V_{bi} – hasaplama wagt aralygyň Δt_i başynda howdandaky suwuň göwrümi, m^3 ; $(W_p - U)_i - \Delta t_i$ wagt aralygyndaky artykmaçlygyň ýa-da ýetmezçiligiň göwrümi, m^3 ; $V_{aki} - \Delta t_i$ wagt aralygyndaky howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi, m^3 , V_{fi} – howdany fiksiw doldurma, ýagny V_{ASD} we V_{HGD} göwrümler bilen çäklendirilmedik doldurma.

Howdanyň doldurylmagy bir tarapdan V_{ASD} bilen, ikinji tarapdan bolsa V_{HGD} bilen çäklendirilýär. Şonuň üçin hem 92-nji we 93-nji deňlemeleriň aşakdaky aňlatma bilen üsti ýetirilen bolmaly:

$$V_{ASD} \geq V_{ai} \geq V_{HGD}. \quad (95)$$

Hasaplamalary howdanyň V_{HGD} -ne çenli boşan pursatyndan başlamaly; şeýle ýagdaýda $V_{b1} = V_{HGD}$.

Soňky her bir hasaplama wagt aralygy üçin başlangyç doldurma hökmünde ozalky aralygyň doldurylmasy kabul edilýär: $V_{b2} = V_{a1}$; $V_{b3} = V_{a2}$ we ş.m.

Şonuň bilen birlikde iki ýagdaýyň bolmagy mümkin.

Birinji ýagdaý $V_{fi} > V_{ASD}$. 95-nji aňlatmanyň şertleri boýunça howdandaky suwuň göwrümi V_{ASD} -den köp bolup bilmeýänligi sebäpli $V_{ai} = V_{ASD}$ kabul edilýär. Onda 93-nji aňlatmadan aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi şeýle kesgitlenilýär: $V_{aki} = V_{fi} - V_{ASD}$.

Ikinji ýagdaý $V_{ASD} \geq V_{fi} \geq V_{HGD}$. Bu ýerde akymyň bütün göwrümini howdanda saklamak bolýar, diýmek, $V_{ai} = V_{fi}$ we $V_{aki} = 0$.

Hasaplama döwrüň ahyrynda $V_a = V_{HGD}$. Birinji wariant boýunça akymy sazlamagyň hasaplama mysaly 15-nji tablisada görkezilen.

Howdany tablisa-san usuly bilen hasaplamak (göwrümler mln m^3)

$V_{HGD} = 120 \text{ mln } m^3$
 $V_{pey} = 98 \text{ mln } m^3$
 $V_{ASD} = 218 \text{ mln } m^3$

$V' = 111 \text{ mln } m^3$
 $V'_{pey} = 231 \text{ mln } m^3$

Aý	Hasaplama akym W_p	Meyilleşdirilen sarp etme U	Howdany ýitgini hasaba alman doldurmak				Ýitgini hasaplamak					Ýitgi hasaba alman sarp etme U_{hr}				Howdany ýitgini hasaba alyp doldurmak			
			akymy aýyrmak, sarp etme		1-nji wariant		2-nji wariant		Ýitgilerin jemleme					akymy aýyrmak, sarp etme 2-nji wariant					
			$\Delta V_{art} +$	$\Delta V_{yelm} -$	ahyrky V_a	asaky býçe V_{ak}	ahyrky V_a	asaky býçe V_{ak}	ortaga göwrüm V_{or} (2-nji wariant)	suw ýüzüniň ortaça meýdany Ω	ýitgilerin jemleme	göwrümi V_y			$\Delta V_{art} +$	$\Delta V_{yelm} -$	ahyrky V_a	asaky býçe V_{ak}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
					120		120								120				
04	263	61	202			104		202	120	35	3,0	64	199			199			199
					218		120								120				
05	171	61	110			110		59	146	39	5,0	66	105						18
			$\Delta V_{art1} = 312$		218		171						$\Delta V'_{art1} = 304$		207				
06	53	61		8					167	41	6,0	67		14					
					210		163								193				

15-nji tablisanýň dowamy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
07	39	61		22					152	40	6,0	67		28		
					188		141								165	
08	47	61		14					134	36	5,0	66		19		
				$\Delta V_{yem1} = 44$										$\Delta V'_{yem1} = 61$		
					174		127								146	
09	100	61	39						146	39	3,0	64	36			
					213		166								182	
10	105	53	52			47			192	45	3,0	56	49			
			$\Delta V_{arr2} = 91$		218		218						$\Delta V'_{arr2} = 85$		231	
11	39	53		14					211	48	3,0	56		17		
					204		204								214	
12	39	53		14					197	46	3,0	56		17		
					190		190								197	
01	26	53		27					186	43	3,0	56		30		
					163		163								167	
02	26	53		27					150	40	2,0	55		29		
					136		136								138	
03	37	53		16					128	36	2,0	55		18		
				$\Delta V_{yem2} = 98$										$\Delta V'_{yem2} = 111$		
					120		120								120	

Ikinji wariant boýunça akymy sazlamagyň hasaplamalary hemişelik göwrümiň pursatyndan başlap, her bir wagt aralygynyň başlangyjy üçin howdany doldurmagyň we artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagyň göwrümlerini yzygiderli hasaplap, wagt hereketiniň ters tertibinde ýerine ýetirilýär. Ikinji wariant boýunça akymy sazlamagyň hasaplamalarynda ulanylýan hasaplama baglanyşyklary aşadaky görnüşde ýazmak bolýar:

$$V_{bi} = V_{ai} - (W_p - U)_i + V_{aki} \quad (96)$$

ýa-da

$$V_{bi} = V'_{fi} + V_{aki}, \quad (97)$$

bu ýerde

$$V'_{fi} = V_{ai} - (W_p - U)_i. \quad (98)$$

Ondan başga-da aşadaky baglanyşyk çäklendiriji güýjüni saklaýar:

$$V_{ASD} \geq V_{bi} \geq V_{HGD}. \quad (99)$$

Şonuň bilen birlikde iki ýagdaýyň bolmagy mümkin.

Birinji ýagdaý $V_{ASD} \geq V'_{fi} \geq V_{HGD}$. Bu ýerde aşadakilary kabul edýärler $V_{bi} = V'_{fi}$ aşaky býefe akdyrma bolsa $V_{aki} = 0$.

Ikinji ýagdaý $V'_{fi} < V_{HGD}$. Bu ýerde $V_{bi} = V_{HGD}$, aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi bolsa $V_{aki} = V_{HGD} - V'_{fi}$.

Hasaplamanýň başynda $V_{an} = V_{HGD}$; ozalky aralygyň ahyrynda $V_{a,n-1} = V_{b,n}$; $V_{a,n-2} = V_{b,n-1}$ we ş.m.

Hasaplama $V_{b1} = V_{HGD}$ bolanda gutarýar.

Ikinji wariant boýunça akymy sazlamagyň mysaly 15-nji tablisada görkezilen.

4. Howdanyň peýdaly göwrümini, doldurmany we suw ýitgisini hasaba alyp, howdandan suwuň aşaky býefe akdyrylmagyny kesgitleýärler.

Hasaplama wagt Δt aralygyndaky howdandan bugarma, ýere siňmä we buzun emele gelmegine ýitýän suwuň göwrümini gurulýan howdan üçin ön gurlup goýlan $V_y = f(\Omega_{or})$ ýa-da $V_y = f(V_{or})$ grafikleri ulanyp hasaplaýarlar. Şonuň bilen birlikde hasaplama döwür üçin howdandaky suwuň ortaça göwrümini, akymy sazlamagyň kabul edilen warianty boýunça ýitgini hasaba alman, howdany doldurmagyň başyndaky we ahyryndaky göwrüm jemleriniň ýarysy hökmünde tapylýar: $V_{or} = (V_{bi} - V_{ai}) / 2$.

Howdanyň suw ýüzüniň ortaça meýdanyny Ω_{or} , ortaça göwrüme V_{or} baglylykda göwrümi häsiýetlendiriji $\Omega = f(V)$ grafik boýunça kesgitleýärler.

Suw ýitgilerini meýilleşdirilen sarp etmegiň üstüne goşup, laýyk wagt aralygyndaky doly sarp etmäni alýarys: $U_{bri} = U_i + V_{yi}$.

Howdanyň suw ýitgisi hasaba alnan peýdaly göwrümini $V'_{peý}$, wagt aralyklary boýunça hasaplama akymy W_{pi} we suw ýitgisi hasaba alnan sarp etmäni U_{bri} deňeşdirme ýoly bilen, ýagny howdanyň iş düzgünine baglylykda (bir taktly, iki taktly ýa-da köp taktly) kesgitleýärler. Howdany doldurmagy we aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümini suw ýitgilerini hasaba alman hasaplanyş ýaly hasaplaýarlar, şonuň bilen birlikde akymy sazlamagyň kabul edilen wariantyna baglylykda, $V'_{ASD} = V_{HGD} + V'_{peý}$ bolýandygyny göz önünde tutup, 92-95 ýa-da 96-99-njy aňlatmalary ulanýarlar.

Alnan peýdaly göwrüme $V'_{peý}$, şeýle hem oňa laýyk gelýän doly göwrüme V'_{ASD} , doldurylýan V'_i we aşaky býefe akdyrylýan göwrümlere V'_{aki} takmynan ululyklar hökmünde garamaly, sebäbi olar kesgitlenende başlangyç göwrüm hökmünde howdanyň suw ýitgisi hasaba alynman, kesgitlenen göwrümleri kabul edilen. Hasaplamaný suw ýitgilerini hasaba alýan peýdaly göwrümiň $V'_{peý}$ durnukly, öňki hasaplanan ululykdan 5%-den köp tapawutly bolmadyk ululygy alynýança ikinji, üçünji we şuna meňzeş ýakynlaşma hasaplamalary ýerine ýetirmeli. Gaýtalanýan we soňky hasaplamalaryň yzygiderliligi ýokarda seljerilip geçilenleriňki ýaly, ýöne soňky her bir hasaplama suw ýitgisini howdanyň öňki ýakynlaşma hasaplama-synda kesgitlenen howdany doldurma baglylykda hasaplaýarlar.

Howdanyň suw ýitgisini hasaba alyp, kesgitlenen peýdaly göwrümi, ýitgisi hasaba alynmadyk bilen deňeşdireniňde köp bolýar.

Howdan ters mesele görnüşinde hasaplananda, taslama düzmegiň şertlerine laýyklykdaky berlen hasaplama akymda W_p , talap edilyň sarp etmede U , suw ýitgisiniň normasynda W_{y3} , şeýle hem belli bolan peýdaly göwrümde $V_{peý}$ hakyky sarp etmäni U_h , aşaky býefe akdyrylýan göwrümi V_{ak} we sarp etmegiň ýetmezçiliklerini ΔV_{yem} tapýarlar (16-njy tablisa).

16-njy tablisa

Akym, sarp etme, peýdaly göwrüm berlende howdany hasaplamak

Hasaplama wagt aralygy Δt	Başlangyç doldurma V_b , mln m^3	Hasaplama akym W_p , mln m^3	Talap edilyň sarp etme U_p , mln m^3	Suw ýitgilerini hasaba almaýan fiktiv doldurma V'_f , mln m^3	Suw ýitgisini hasaba almaýan ahyrky doldurma V'_a , mln m^3	Ortaça göwrüm V_{or} , mln m^3	Suw ýitgileriniň göwrümi V'_y , mln m^3	Ýitgini hasaba alýan fiktiv doldurma V'_f , mln m^3	Ýitgini hasaba alýan ahyrky doldurma V'_a , mln m^3	Aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi V'_{ak} , mln m^3	Sarp etmegiň ýetmezçiligi ΔV_{yem} , mln m^3	Hakyky sarp etme U_h , mln m^3
-----------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	--	---	---	------------------------------------	---	---	---	--	--	------------------------------------

Hasaplama tirkeşik usul arkaly ýerine ýetirilýär, ol aşakdakylardan ybarat:

Hasaplama wagt aralygyny Δt (gije-gündiz, on gün, ýyl) saýlap alýarlar. Birinji wagt aralygy üçin hemme ýitgileri hasaba alyp, akymy sazlamagyň hemme esasy häsiýetlendiriji ululyklaryny hasaplaýarlar: ahyrky doldurmany V_{a1} , suwy aşaky býefe akdyrmany V_{ak1} , sarp etmegiň ýetmezçiligini ΔV_{yetm1} , hakyky sarp etmäni U_{h1} . Şonuň bilen birlikde howdany doldurmanyň başlangyjy hökmünde, adatça, $V_{b1} = V_{HGD}$ kabul edilýär, ýitgini hasaba almaýan fiktiw doldurma, ýagny howdanyň göwrümi bilen çäklendirilmedik doldurma $V_f = V_b + W_p - U$, ýitgini hasaba almaýan ahyrky doldurma doly we hemişelik göwürümler bilen çäklendirilen $V_{ASD} \geq V_a \geq V_{HGD}$, ýitginiň göwrümi V_y , $V_{or} = (V_b + V_a)/2$ baglylykda ýitgi grafigi boýunça kesgitlenilýär, ýitgini hasaba alýan fiktiw doldurma bolsa şeýle kesgitlenilýär: $V'_f = V_b + W_p - U - V_y$.

Eger-de $V'_f \geq V_{ASD}$ bolsa, onda ýitgini hasaba alýan ahyrky doldurmany $V'_a = V_{ASD}$ diýip kabul edýärler. Şeýle ýagdaýda artykmaç suwy bendiň aşaky býefine akdyrmak $V_{ak} = V'_f - V_{ASD}$, sarp etmegiň ýetmezçiligi $\Delta V_{yetm} = 0$, hakyky sarp etme bolsa meýilleşdirilýän sarp etmä deň bolýar: $U_h = U_m$.

Eger-de $V_{ASD} > V'_f \geq V_{HGD}$ bolsa, onda $V'_a = V'_f$ aşaky býefe akdyrma we ýetmezçilik bolmaýar, sarp etme hem meýilleşdirilýäne deň bolýar.

Eger-de $V'_f < V_{HGD}$ ýa-da $V'_f < 0$ bolsa, onda $V'_a = V_{HGD}$ kabul edilýär. Şeýle şertlerde sarp etmegiň ýetmezçiligi ýüze çykýar. $\Delta V_{yetm} = V_{HGD} - V'_f$ hakyky sarp etme bolsa $U_h = U_m - \Delta V_{yetm}$ meýilleşdirilýänden az bolýar. V'_f -iň aýyrmak alamatlarynda sarp etmegiň ýetmezçiligi, V_{HGD} we V'_f göwürümleriň jemine deň bolýar.

Howdanyň birinji hasaplama wagt aralygynyň ahyryndaky doldurmasy V_{a1} ikinji aralyk üçin başlangyç hökmünde kabul edilýär, ýagny $V_{b2} = V_{a1}$; üçünji aralyk üçin $V_{b3} = V_{a2}$ we ş.m. Şeýlelikde, wagt aralyklary boýunça hronologik yzygiderlilikde bütün akymyň sazlanýan döwri üçin ahyrky doldurmany, suwy aşaky býefe akdyrmany we hakyky sarp etmäni tapýarlar.

Kähalatlarda ters meseläniň görnüşi boýunça hasaplamanyň başga usulyňy hem ulanýarlar (17-nji tablisa).

17-nji tablisa

Suw ýitgisini hasaba almagyň ikinji usuly boýunça howdany hasaplamak

Hasaplama wagt aralygy Δt	Hasaplama akym W_p , mln m^3	Meýilleşdirilýän sarp etme U_m , mln m^3	$W_p - U_m$		Howdanyň başlangyç göwrümi V_b , mln m^3	Ortaça göwürüm V_{or} , mln m^3	Ýitginiň göwrümi V_y , mln m^3	Ahyrky doldurma V_a , mln m^3	Aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi V_{ak} , mln m^3
			+	-					

Hasaplamalary edil birinji usuldaky ýaly hronologik yzygiderlilikdäki aralyklar boýunça alyp barýarlar. Birinji wagat aralygy üçin ahyrky doldurma başlangyç (mysal üçin, V_{HGD}) doldurmanyň üstüne suw ýitgisini goşmaga deň. Suw ýitgisini birinji usuldaky ýaly kesgitleýärler. Ikinji wagat aralygy üçin başlangyç (deslapky) doldurmany birinji aralygyň ahyryndaky doldurmanyň üstüne seredilýän aralykdaky akymyň we sarp etmegiň tapawudyny goşup tapýarlar we ş.m. Netijede, her bir wagat aralygy we bütin hasaplama döwür üçin ahyrky doldurmalary, şeýle hem artykmaç suwuň aşaky býefe akdyrylmalaryny tapýarlar.

Bu usul aňsadrak we hasaplamaný tizleşdirmäge mümkinçilik berýär. Ýöne onuň takyklygy näbelli, sebäbi suw ýitgileri takmynan kesgitlenilýär. Howdanlar hasaplananda tablisalaryň başga görnüşleri hem ulanylýar. Olar, esasan, hasaplamalaryň yzygiderliligi we akym sazlananda ýitgileri hasaba alyş usullary bilen tapawutlanýarlar.

Howdanlaryň tablisa-san deňagramlylyk hasaplamalary taslama düzülen-de giňden ulanylýar. Olaryň artykmaçlygy, ýönekeýligi we hasaplaýjy maşynlary ulanmak mümkinçiligidir. Has düşnükli bolar ýaly şol hasaplamalary grafik görnüşinde getirýärler, olar howdany doldurmany we boşatmany, suwy aşaky býefe akdyrmany, şeýle hem akymy sazlamagyň beýleki netijelerini häsiýetlendirýärler.

7.5. Howdanlary grafik usullary bilen hasaplamak

Howdanlar kalendar gözegçilik hatarlary boýunça hasaplananda grafik usullaryny hem ulanýarlar. Olar aýdyňlygy bilen tapawutlanýarlar, şeýle hem grafik usullary akymy sazlamagyň manysyna we alnyp barlyşyna has gowy düşünmäge mümkinçilik berýärler. Häzirki döwürde olary, esasan, deslapky we kömekçi hasaplamalarda, şeýle hem akymyň aýratyn çylşyrymly ýagdaýlaryny seljermek üçin ulanýarlar.

Howdanlary hasaplamagyň grafik usullarynda integral (jemleme) egri çyzyklaryny ulanýarlar, olar akymyň, sarp etmegiň ýa-da olaryň jemleme görnüşindäki tapawutlarynyň wagat yzygiderliligindäki köpelmegini häsiýetlendirýärler.

Gönüburçly koordinataly integral egri çyzyklar. Akymyň integral egri çyzygyny gurmak üçin akymyň gidrografyny ulanýarlar (*37-nji a surat*). Hidrografyň Δt esasly we Q beýiklikli ýönekeý zolajyklarynyň meýdany $\Delta W = Q\Delta t$ ýönekeý göwrümi berýär. Akymyň t wagat aralygyndaky göwrümi aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$W(t) = \int_0^t Q\Delta t.$$

$0-t_1, 0-t_2 \dots$ wagt aralyklaryndaky W_1, W_2, \dots akymalary yzygiderli hasaplap we olary masştabda gönüburçly koordinat ulgamyna goýup (37-nji b surat), öwrenilýän döwürde akymyň jeminiň üýtgemegini häsiýetlendirýän egri çyzygy alýarys. Bu egri çyzyga akymyň doly integral egri çyzygy diýilýär. Wagtyň ahyrky aralyklarynda akymyň aralyklardaky göwrümi $\Delta W = Q_i \Delta t_i$ bolýar, jemi akym bolsa $W(i) = \sum_i Q_i \Delta t_i$ deň bolýar. Şonuň üçin hem doly integral egri çyzyga, köplenç, doly jemleme egri çyzyk hem diýilýär.

Doly integral egri çyzygyň esasy häsiýetlerine seredip görelin (37-nji ç surat).

Integral egri çyzygyň her bir ordinatasy seredilýän wagtyň başyndan ahyrna çenli akymyň jemini berýär.

Iki nokadyň ordinatalarynyň tapawudy olaryň arasyndaky wagt aralygynyň akymynyň göwrümine ΔW_i -deň.

Gönüburçly koordinatlarda gurlan akymyň integral egri çyzygynyň A we B nokatlarynyň üstünden geçýän kesijiniň kese oka ýapgytlygynyň tangens burçy φ , şol nokatlaryň arasynyň wagt aralygyndaky ortaça suw mukdaryny Q_{or} häsiýetlendirýär (37-nji ç surat):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{BS}{AS} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = Q_{or}, \quad (100)$$

AB' galtaşma çyzygyň kese oka ýapgytlygynyň tangens burçy φ_A bolsa galtaşma nokadyndaky suw mukdaryny Q_A kesgitleýär:

$$\operatorname{tg} \varphi_A = \frac{\Delta W}{\Delta t} = Q_A. \quad (101)$$

100-nji we 101-nji aňlatmalar ulanylanda suwuň mukdaryny hasaplamak üçin integral egri çyzyk gurlandaky ulanylan masştablary hasaba almaly. Göwrümleriň masştabyny m_w -niň üsti bilen, wagtyň masştabyny bolsa m_t -niň üsti bilen aňladyp, 37-nji ç suratdaky BS we AS kesikleriň uzynlygyny şeýle görnüşde göz önüne getirmek bolar: $BS = \Delta W / m_w$ we $AS = \Delta t / m_t$. Tapylan ululyklary 100-nji aňlatma goýup, alýarys:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta W}{m_w} : \frac{\Delta t}{m_t} = Q_{or} \frac{m_t}{m_w}, \quad (102)$$

bu ýerden aşakdaky aňlatma gelip çykýar:

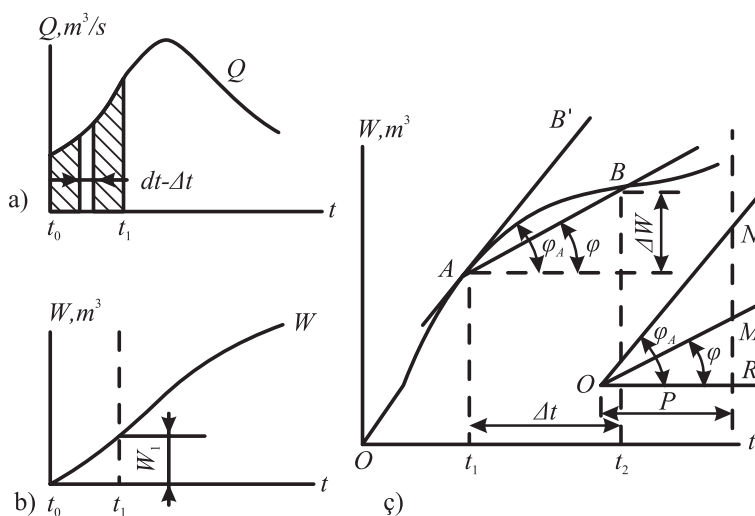
$$Q_{or} = \operatorname{tg} \varphi \frac{m_w}{m_t}. \quad (103)$$

Doly integral (jemleme) egri çyzygyny deslapky düzülen tablisanyň ýa-da şöhlepisint ýaýraýan masştabyň kömegi bilen gurmak bolýar.

Şöhlepisint masştab – bu ýörite çyzgy, ol integral egri çyzygyny gurmagy we seljermegi grafik usuly bilen ýerine ýetirmäge mümkinçilik berýär. Şöhlepisint masştabyň manysyny aşakdaky ýaly düşündirmek bolar.

Integral egri çyzykda (37-nji ç surat) O nokady (şöhlepisint masştabyň polýusyny) erkin saýlap alýarlar, ondan $OR = P$ kesigi (polýus aralyk) geçirýärler, R nokadyň üstünden bolsa RN dik çyzygy geçirýärler. Eger-de O nokadyň üstünden kesiji AB çyzyga ugurdaş edip OM çyzygy geçirseň, onda üçburçluklaryň meňzeşliginden OMR we ABS gelip çykýar, ýagny $MR/P = BS/AS = \Delta W/\Delta t$, bu ýerden $MR = PQ$.

Şeýlelikde, şöhlepisintli masştabyň polýusyndan kesiji çyzyklara ýa-da integral egri çyzygyna galtaşýan çyzyklara ugurdaş geçirilen göni çyzyk RN okda laýyk suw mukdarlaryna proporsional bolan kesimleriň arasyyny bölýär. Diýmek, RN ok suw mukdarynyň şkalasy bolýar. Polýus aralygyň ululygy P akymyň göwrümi m_w , wagt m_t we suwuň mukdary m_Q üçin saýlanyp alnan masştablara bagly bolýar.



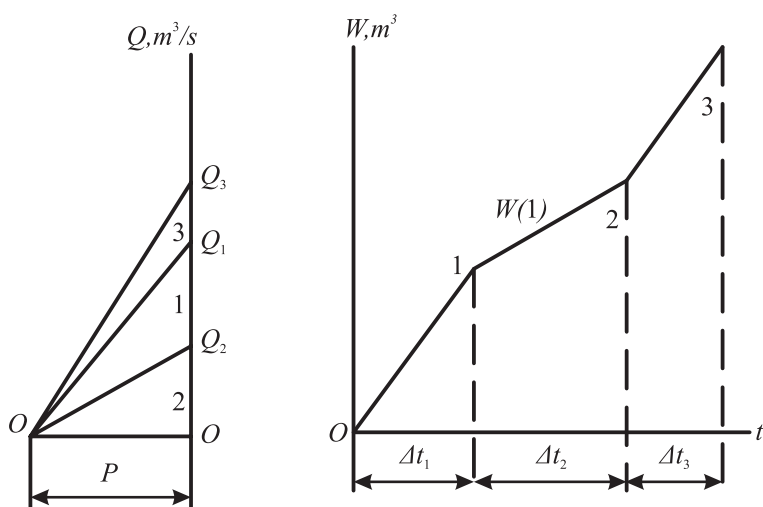
37-nji surat. Akymyň gidrografy (a), doly integral egri çyzygy (b) we şöhlepisint masştaby (c)

37-nji ç suratda görnüşi ýaly $RM/P = \operatorname{tg} \varphi$ bolýar. $\operatorname{tg} \varphi$ -ni onuň aňlatmasy bilen çalşyp (102-nji aňlatma), alýarys $RM/P = Q_{or} m_w/m_t$, bu ýerden

$$P = \frac{RM}{Q_{or}} \frac{m_w}{m_t} = \frac{m_w}{m_Q m_t}, \quad (104)$$

bu ýerde m_Q – suw mukdarlaryň masştaby, ýagny çyzyk birliginde (1 sm -de ýa-da 1 mm -de) suw mukdarynyň birligi (m^3/s); m_w , m_t – laýyklykda akymyň göwrüminiň we wagtyň masştablary, ýagny çyzykly birlikde göwrüm birligi (m^3) we wagt birligi (sekunt).

Şöhlepisint masştab suw mukdarlaryň basgançakly hronologik grafigi boýunça göwrümleri hasaplaman we jemlemän doly jemleme egri çyzygy gurmaga mümkinçilik berýär (38-nji surat). m_w , m_Q we m_t -niň ulanmak üçin amatly masştablaryny saýlap alyp, 104-nji aňlatma boýunça polýus aralygyny P tapýarlar we suw mukdarlarynyň şkalasynda hasaplama döwürüň hemme suw mukdarlaryny Q_i goýýarlar. Soňra şöhlepisintli masştabyň polýusyndan, her bir wagt aralygynyň ortaça suw mukdaryna laýyk gelýän şöhleleri geçirýärler. Δt_1 wagt aralygynda Q_1 suw mukdaryna laýyk gelýän şöhlä ugurdaş edip, koordinatlarda göwrüm-wagt kesim 1-i geçirip, birinji hasaplama aralykdan başlap doly jemleme egri çyzygy gurýarlar. Soňra kesim 1-iň ahyryndan Δt_2 aralyk üçin, Q_2 şöhlä ugurdaş edip, kesim 2-ni Δt_3 aralyk üçin, Q_3 şöhlä ugurdaş edip, kesim 3-i we ş.m. geçirýärler. Alnan döwürük çyzyk bolsa akymyň doly jemleme egri çyzygy bolýar.



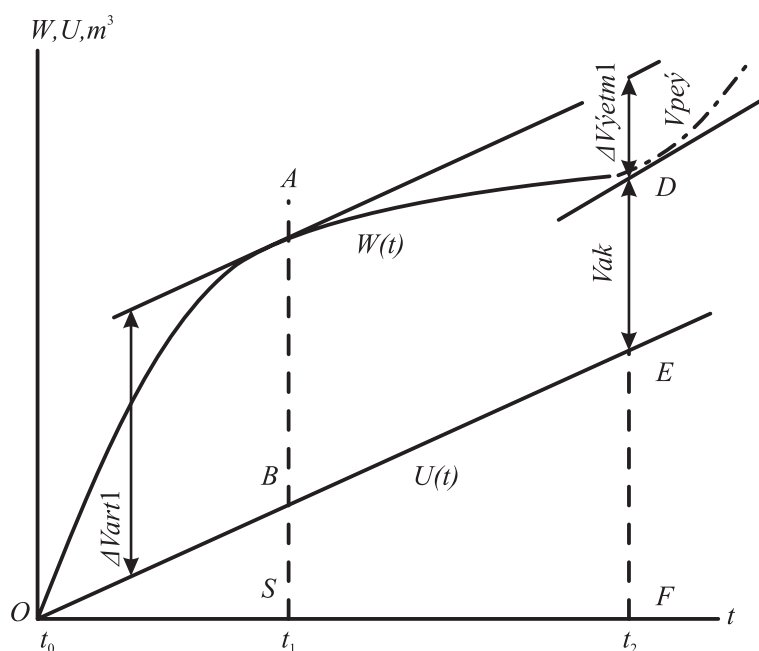
38-nji surat. Şöhlepisint masştabyň kömegi bilen integral egri çyzygyň gurluşy

Şöhlepisint masştab suwuň mukdaryny tapmak üçin hem ulanylýar. Onuň üçin O polýusdan kesiji çyzyga ýa-da integral egri çyzygyň galtaşma çyzygyna ugurdaş şöhle geçirmek we suw mukdarlaryň şkalasy boýunça laýyk suw mukdaryny kesgitlemek ýeterlik.

Jemleme egri çyzygy gurmagyň we şöhlepisint masştabyň kömegi bilen suwuň mukdaryny kesgitlemegiň takyklygy, ugurdaş göni çyzyklary geçirmegiň takyklygyna bagly bolýar. Şeýle takyklyk gysga wagt aralyklarda ulý bolmaýar. Şonuň üçin, düzgün bolşuna görä, doly jemleme egri çyzygy $W(i) = \sum_1^i Q_i \Delta t_i$ baglanyşyk boýunça deslapky hasaplamlaryň esasynda gurýarlar, şöhlepisint masştaby bolsa akymy sazlamagyň deslapky seljermelerinde suwuň mukdaryny, takmynan, kesgitlemek üçin ulanylýarlar.

Howdanyň suw hojalyk hasaplamasynda bir çyzgyda akymyň integral egri çyzygyny $W(t)$ we sarp etmegiň integral egri çyzygyny $U(t)$ utgaşdyryp çyzýarlar. Şol egri çyzyklary bir masşabda, howdanyň hemişelik göwrümine V_{HGD} çenli boşamagyna laýyk gelýän masşabdan başlap gurýarlar. Akymyň we sarp etmegiň integral egri çyzyklaryny deňeşdirip, peýdaly göwrümi we akymy sazlamagyň beýleki görkezijilerini tapýarlar. Doly integral egri çyzyklary, esasan, suw ýitgisi hasaba alynmadyk hasaplamalarda ulanylýar, sebäbi ýitgini grafik usuly boýunça hasaba almak örän çylşyrymly.

Howdanyň işleýşiniň has ýönekeý ýagdaýyna seredip göreliň. Howdan bir takttda işleýär, akymyň bütin sazlanýan döwrüniň dowamynda sarp etme üýtgemeyär (39-njy surat). Akymyň $W(t)$ we sarp etmegiň $U(t)$ integral egri çyzyklaryny deňeşdirmek aşakdaky ýagdaýlary anyklamaga mümkinçilik berýär.



39-njy surat. Howdan bir takttda işlände akymyň we sarp etmegiň integral egri çyzyklarynyň kömegi bilen grafik usulyny ulanyp, howdanyň peýdaly göwrümini kesgitlemek

1. Hasaplama döwründe akymyň jemleme göwrümi W , edil şol döwürdäki sarp etmegiň U göwrüminden köp bolýar ($DF > EF$). Akymyň we sarp etmegiň egri çyzyklarynyň ahyrky ordinatalarynyň tapawudy aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümine V_{ak} deň bolýar.

2. Akymyň sazlanýan döwrüniň başynda t_0 wagtdan t_1 -e çenli akymyň egri çyzygynyň $W(t)$ kese oka ýapgytlygy, sarp etmegiň egri çyzygynyň $U(t)$ ýapgytlygyndan uly, diýmek, integral egri çyzyklaryň häsiýetine görä akym Q sarp etmeden q uly bolýar.

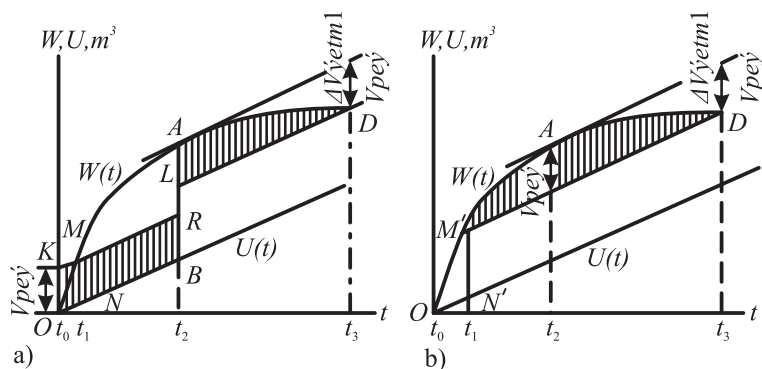
Sarp etmegiň egri çyzygyna $U(t)$ ugurdaş edip, akymyň egri çyzygyna ýokarky galtaşma çyzygy geçirip, artykmaç akymyň gutarýan we ýetmezçilik döwre geçilýän pursaty t_1 -i tapýarys. t_0 -dan t_1 -e çenli wagt aralygyndaky jemleme artykmaçlyk, akym we sarp etme egri çyzyklaryň ordinatalarynyň ýokarky galtaşma nokadyna laýyk gelýän tapawudyna deň, ýagny $\Delta V_{art1} = AS - BS$.

3. t_1 pursatdan (ýokarky galtaşma nokady A) hasaplama döwrüň ahryryna çenli t_2 $W(t)$ egri çyzygyň ýapgytlygy $U(t)$ egri çyzygyň ýapgytlygyndan az bolýar; şol döwrüň dowamynda akyp gelýän suwuň mukdary Q , sarp edilýän suwuň mukdaryndan q az bolýar we şol ýagdaýda suw ýetmezçiligi bolýar. Sarp etme egri çyzygyna ugurdaş geçirilen akymyň egri çyzygyna geçirilen aşaky galtaşma çyzygy ýetmezçiligiň gutarandygyny kesgitleýär (D nokady), öňki ýokarky we soňky aşaky galtaşma çyzyklaryň arasyndaky dik aralyk bolsa t_1 -den t_2 döwre çenli ýetmezçiligiň jemleme göwrümini ΔV_{yetm1} berýär.

4. Seredilýän ýagdaýda başga ýetmezçilikleriň bolmanlygy sebäpli, tapylan ýetmezçiligiň göwrümi ΔV_{yetm1} akymy sazlamak üçin howdanyň gerek bolan göwrümüne laýyk geler, ýagny $V_{peý}$ peýdaly göwrüme deň bolar.

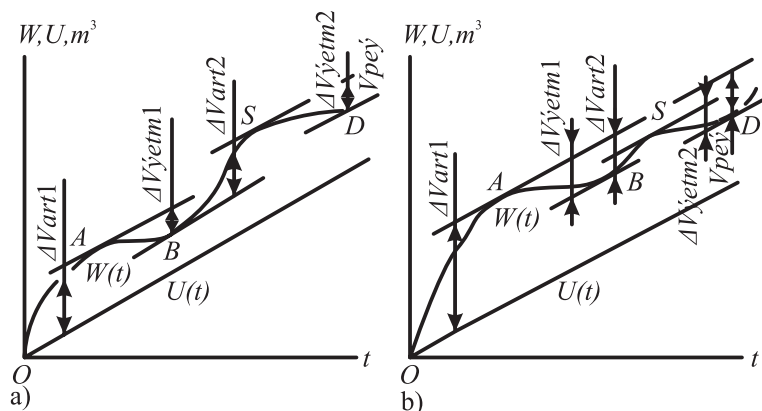
Diýmek, howdan bir taktda işlände peýdaly göwrüm $V_{peý}$ ýetmezçiligiň başynda (ýokarky galtaşma çyzygy) we onuň ahrynda (aşaky galtaşma çyzygy) sarp etme integral egri çyzygyna ugurdaş geçirilen galtaşma çyzyklaryň arasyndaky dik aralyga deň bolýar.

40-njy suratda akym birinji we ikinji wariantlar boýunça sazlanandaky howdanyň iş grafikleri (howdany doldurma we ondan suwy aşaky býefe akdyрма) getirilen. Akym birinji wariant boýunça sazlananda howdanyň iş grafigini (40-njy a surat) gurmak üçin dik ok boýunça peýdaly göwrüme $V_{peý}$ deň bolan OK kesimi goýýarlar we sarp etme egri çyzygyna $U(t)$ ugurdaş edip, KR çyzygyny geçirýärler. Ol çyzygyň akym egri çyzygy $W(t)$ bilen kesişýän M nokady howdany gerek bolan peýdaly göwrüme (kesim $MN = V_{peý}$) çenli doldurmagyň gutarýan pursatyny kesgitläär. Akymyň we sarp etmegiň egri çyzyklarynyň ordinatalarynyň t_0 -dan t_1 -e çenli döwürdäki tapawutlaryna deň bolan kesimler howdanyň şu döwrüň dowamyndaky doldurylýan göwrümüne laýyk geler. t_1 -den t_2 -ä çenli döwürde howdan doldurylan bolany sebäpli, howdanda diňe peýdaly göwrüm galdyrylýar ($RB = MN = OK = V_{peý}$), artykmaç suw bolsa aşaky býefe akdyrylýar. Islendik pursatdaky aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi akymyň egri çyzygynyň $W(t)$ we MR çyzygyň arasyndaky kesimlere deň bolýar. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň jemleme göwrümi AR kesimiň ululygy boýunça kesgitlenilýär, elbetde, onuň üçin göwrümleriň kabul edilen masştabyny m_w hasaba almaly, t_2 pursatdan ýetmezçiligiň döwri başlanýar, diýmek, howdanyň hem boşamagy başlanýar. Ýokarky galtaşma çyzykdan aşaklygyna $AL = V_{peý}$ kesimi goýup we sarp etme egri çyzygyna $U(t)$ ugurdaş edip, LD çyzygy geçirip, ýetmezçilik döwründe howdany doldurmak üçin gerek bolan göwrümleri alýarys. Ol göwrümler akym egri çyzygynyň $W(t)$ we t_2 -den t_3 -e çenli bölekdäki LD çyzygyň arasyndaky kesimlere deň bolýar.



40-njy surat. Howdan bir taktlda işlände akymyň we sarp etmegiň doly integral egri çyzyklary boýunça grafik usuly bilen howdanyň doldurylmagynyň we ondan aşaky býefe suw akdyrylmagynyň hasaplamalary

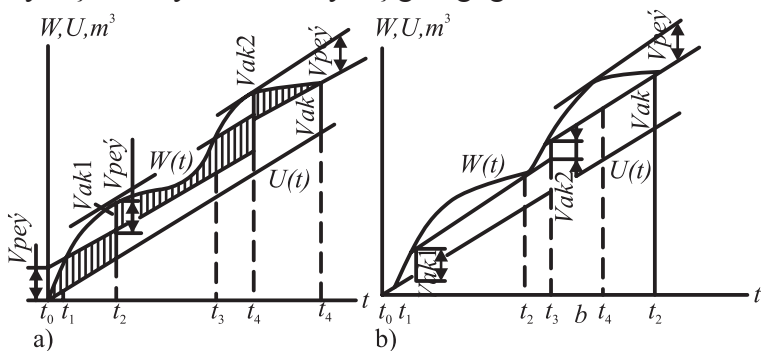
Ikinji wariant boýunça akym sazlananda howdanyň iş grafigini aşakdaky ýaly gurýarlar (40-njy b surat). Aşaky galtaşma nokatdan (D nokat), sarp etme egri çyzyga ugurdaş edip, çep tarapa akymyň jemleme egri çyzygy $W(t)$ bilen keşişýänçä DM' göni çyzyk geçirilýär. Şol çyzygyň akym egri çyzygy bilen keşişýän nokady suwy aşaky býefe akdyrmagyň gutarýan gününü t_1 we howdany doldurmagyň başlanýan pursatyny kesgitleýär. t_0 -dan t_1 -e çenli bölekde akym egri çyzygyň $W(t)$ we sarp etme egri çyzygyň $U(t)$ arasyndaky dik aralyk hasaplanýan döwrüň islendik wagty üçin aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümüne deň bolýar. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň umumy göwrümi $M'N'$ kesimiň ululygyna laýyk gelýär. Howdanyň doldurylmagy akym egri çyzygyň $W(t)$ we t_1 -den t_3 -e çenli bölekdäki DM' göni çyzygyň arasyndaky dik kesimler bilen häsiýetlendirilýär; t_2 pursatda (ýokarky galtaşma nokady A) howdan peýdaly göwrüme V_{pey} çenli doldurylan bolýar, ýetmezçiligiň ahyrynda (D nokady) howdan V_{HGD} çenli boşajar.



41-nji surat. Howdan iki taktlda, bagly däl (a) we bagly (b) sikller (tapgyrlar) bilen işlände akymyň we sarp etmegiň doly integral egri çyzyklarynyň kömegi bilen howdanyň peýdaly göwrümini grafik usuly bilen kesgitlemek

Howdan iki taktde işlände-de integral egri çyzyklaryň kömegi bilen howdany hasaplamak edil ýokardaky ýaly ýerine ýetirilýär (41-nji surat). Sarp etme egri çyzygyna $U(t)$ ugurdaş edip, akym egri çyzygyna $W(t)$ ýokarky we aşaky galtaşma çyzyklary geçirilýär we ΔV_{art1} , ΔV_{art2} artykmaçlyklar we ΔV_{yetm1} , ΔV_{yetm2} ýetmezçilikler tapylýar. Gerek bolan peýdaly göwrümi $V_{peý}$ sarp etme egri çyzygyna $U(t)$ ugurdaş edip, akym egri çyzygyna $W(t)$ geçirilen önki ýokarky we soňky aşaky galtaşma çyzyklaryň arasyndaky in uly dik aralyk görnüşinde kesgitleýärler. Şonuň bilen birlikde ýokarky galtaşma çyzygy aşaky galtaşma nokada çenli akym egri çyzygy bilen kesişmeli däl.

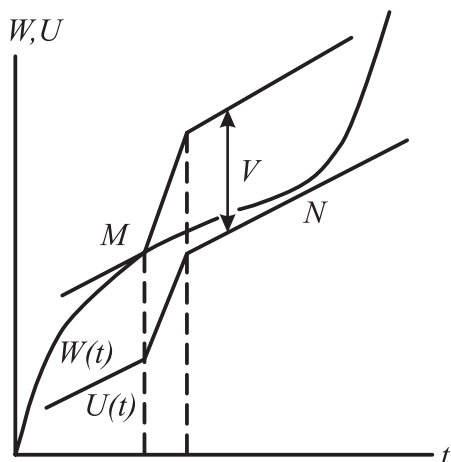
42-nji suratda iki taktde işleýän bagly bolmadyk siklli, akymy birinji we ikinji wariantlar boýunça sazlaýan howdanyň iş grafigi getirilen.



42-nji surat. Howdan iki taktde işlände akymyň we sarp etmegiň doly integral egri çyzyklary boýunça howdany doldurmagy we suwy aşaky býefe akdyrmagy grafik usuly bilen hasaplamak:

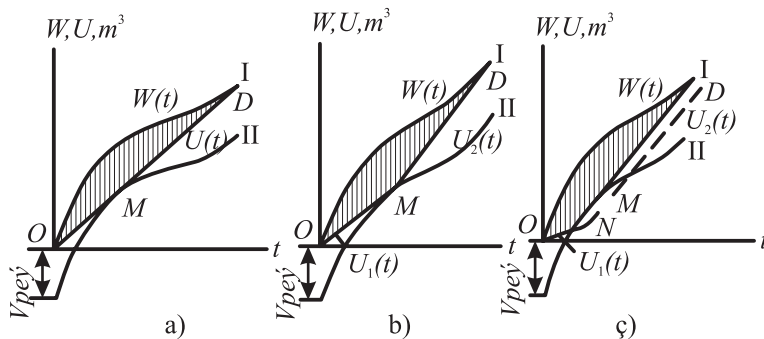
a we b – akymy sazlamagyň birinji we ikinji wariantlary

Eger-de sarp etme göni çyzyk bolman, egri çyzyk ýa-da döwür çyzyk bolsa, onda ol hasaplamanyň usulnamasyna hiç hili üýtgeşiklik girizilmeýär. Ýokarky galtaşma nokatlaryny sarp etmegiň jemleme egri çyzygyny öz-özüne ugurdaş edip, tä onuň haýsy hem bolsa bir nokady (43-nji surat) akym egri çyzygyna gabat gelyänçä (M nokady) dikligine süýşürme ýoly bilen tapýarlar we şol nokadyň iki tarapynda-da sarp etme egri çyzygy akym egri çyzygyndan ýokarda ýerleşer. Aşaky galtaşma nokatlaryny hem edil şeýle usul bilen tapýarlar (N nokat). $U(t)$ jemleme egri çyzygyň hemme süýşmelerinde oňa meňzeşlik örän ünsli berjaý edilme-li we şol egri çyzykdaky her bir döwür şol bir diklikde galmaly.



43-nji surat. Üýtgeýän sarp etme-de howdany grafik usuly bilen hasaplamak

Doly integral egri çyzyklar, şeýle hem howdanlaryň ters mesele görnüşli takmynan hasaplamalarynda, ýagny haçan-da berlen akym we howdanyň peýdaly göwrümi boýunça sarp etmegiň hasaplama döwrüň dowamyndaky has amatly paýlanyşyny kesgitlemek, sarp etmegiň jemleme egri çyzygyny gurmak we howdany doldurmagyň hem-de suwy aşaky býefe akdyrmagyň düzgünini anyklamak talap edilende ulanylýar. Onuň üçin 44-nji suratda akymyň esasy integral egri çyzygyny I aşakda, başlangyja ugurdaş bolan we ondan diklik boýunça $V_{peý}$ -a deň bolan aralykda ýerleşen ikinji integral egri çyzygyny II gurýarlar. Esasy integral egri çyzygyny howdanyň boşan çyzygy hökmünde, aşak süýşürilen çyzygy bolsa howdanyň doldurylan çyzygy hökmünde kabul edýärler.



44-nji surat. Akym we peýdaly göwrüm berlende howdany grafik usuly bilen hasaplamak:

a – akym doly ulanylanda we üýtgemeyän sarp etmede; b – akym doly ulanylanda we üýtgeýän sarp etmede; c – akym doly ulanylmadyk ýagdaýynda

Berlen akymda we howdanyň peýdaly göwrümünde sarp etmegiň düzgüniniň dürli bolmagy mümkin. Eger-de akymy doly ulanmagy üpjün etmeli bolsa, onda esasy egri çyzygyň I çetki nokatlarynyň üstünden göni (44-nji a surat) ýa-da döwür (44-nji b surat) çyzygy geçirýärler, ýöne ol çyzyk süýşürilen egri çyzyk II bilen galtaşmaly. Birinji ýagdaýda sarp etme akymyň sazlanýan döwrüniň bütin dowamynda üýtgemeyär. Ikinji ýagdaýda bolsa sarp etme akymyň sazlanýan döwrüniň dowamynda üýtgeýär. Akym doly ulanylmadyk ýagdaýda esasy wezipe suw ýetmezçiligi bolan döwürde mümkin boldugyça iň köp sarp etmäni almakdan, akymyň artyk bolýan döwründe bolsa iň az sarp etmäni almakdan ybaratdyr. Şol wezipäni süýşürilen integral egri çyzykdan II esasy egri çyzyga I galtaşma çyzygyny (44-nji c suratda MD çyzyk) geçirmek ýoly bilen amala aşyrmak bolýar. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi V_{ak} (MN kesim) artykmaç akymly döwür üçin bellenen sarp etmä $U_1(t)$ bagly bolýar. Howdany doldurmagyň grafigi, esasy integral egri çyzygyň $W(t)$ (howdanyň boşan çyzygy) we taslamada göz önünde tutulan sarp etmegiň $U(t)$ çyzygynyň arasyndaky ordinatalaryň kesimlerinde görkezilen.

Berlen akymda we peýdaly göwrümde, akymyň sazlanýan döwrüniň dowamynda sarp etmegiň paýlanyşynyň beýleki wariantlaryny hem seljermek mümkin, ol has amatly çözümleri saýlap almaga mümkinçilik berýär.

Gysgaldylan integral (jemleme) egri çyzyklar. Uzak döwür üçin doly integral egri çyzgyny çyzmak çyzgynyň diklik boýunça ölçeginiň uly bolmagyny we göwrümleriň masştabynyň kiçi bolmagyny talap edýär, şonuň bilen birlikde akymy sazlamagyň hasaplamalarynyň takyklygy we aýdyňlygy peselýär. Şonuň üçin hem akym köpýyllyk sazlananda, köplenç, gysgaldylan integral (jemleme) egri çyzyk ulanylýar.

Gysgaldylan integral egri çyzygy gurmak üçin doly integral çyzygyňky ýaly akymyň gidrografyny $Q(t)$ ulanýarlar (45-nji a surat). Hemme suw mukdarlardan Q belli bir üýtgemeyän suw mukdaryny Q_0 aýryp we $Q - Q_0$ tapawudy integrirläp ýa-da jemläp, alýarys:

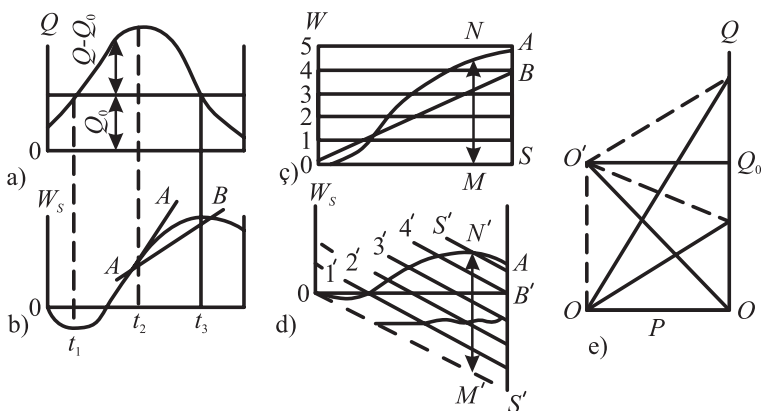
$$W_s(t) = \int_0^t (Q - Q_0) \Delta t \approx \sum_1^i (Q_i - Q_0) \Delta t_i \quad (105)$$

ýa-da

$$W_s(t) = \int_0^t Q \Delta t - \int_0^t Q_0 \Delta t \approx \sum_1^i Q_i \Delta t_i - \sum_1^i Q_0 \Delta t_i = W(t) - W_0(t), \quad (106)$$

bu ýerde $W(t)$ – üýtgäp durýan suw mukdary Q üçin doly integral egri çyzygyň ordinatasy; $W_0(t)$ – üýtgemeyän suw mukdary Q_0 üçin doly integral egri çyzygyň ordinatasy.

Göwrüm we wagt ululyklaryny koordinatlarda goýup, akymyň gysgaldylan integral egri çyzygyny alýarys (45-nji b surat). Gysgaldylan egri çyzygyň esasy häsiýetleri aşakdakylardan ybarat:



45-nji surat. Gidrograf (a), gönüburçly (b – gysgaldylan, ç – doly) we gysykburçly (d) koordinatlardaky integral egri çyzyklar we şöhlepisintli masştab (e)

1. Eger-de $Q = \text{const}$, onda $W_s(t)$ göni çyzyk; basgançakly gidrograf üçin $W_s(t)$ döwür çyzyk görnüşli bolar.

2. Gysgaldylan egri çyzygyň ordinatalary, Q suw mukdary üçin akymyň doly integral egri çyzygynyň we t wagty bilen utgaşdyrylan üýtgemeyän suw mukdary Q_0 üçin doly egri çyzygyň ordinatalarynyň tapawudyna deň bolýar.

3. Gysgaldylan integral egri çyzygyň iki nokadynyň tapawudy (t_2 we t_3 pursatlar üçin) aşakdaky ýaly ýazylyar:

$$W_s(t_3) - W_s(t_2) = \int_0^{t_3} (Q - Q_0) \Delta t - \int_0^{t_2} (Q - Q_0) \Delta t = \int_{t_2}^{t_3} Q \Delta t - \int_{t_2}^{t_3} Q_0 \Delta t = W(t_3) - W(t_2) - Q_0(t_3 - t_2).$$

Diýmek, gysgaldylan integral egri çyzygyň iki ordinatalarynyň tapawudy, laýyk wagty aralygyndaky edil şol hasaplama wagty aralygy üçin üýtgemeyän suwuň mukdary Q_0 boýunça kesgitlenen suwuň göwrüminiň ululygyna azaldylan akyma deň.

4. 105-nji aňlatmadan gelip çykýar:

$$\Delta W_s / \Delta t = Q - Q_0, \quad (108)$$

ýagny gysgaldylan egri çyzyga geçirilen galtaşma çyzygyň kese oka ýapgytlygynyň tangens burçy, suw mukdarlaryň tapawudyny $Q - Q_0$ aňladýar we kesiji çyzygyň kese ok bilen emele getirýän ýapgytlygynyň tangens burçunyň, $Q - Q_0$ tapawudyň ortaça ululygyny ýa-da $Q_{or} - Q_0$ tapawudy berýändigini görnüp dur.

$\Delta W_s / \Delta t = 0$ bolanda gysgaldylan egri çyzyk maksimuma ýa-da minimuma eýe bolýar: şonuň bilen birlikde $Q = Q_0$ bolýar.

Eger-de $\Delta W_s / \Delta t > 0$ bolsa, onda galtaşma çyzygyň ýapgytlygynyň tangens burçy položitel bolýar (egri çyzyk ýokary galýar) we $Q < Q_0$ bolýar. Eger-de $\Delta W_s / \Delta t < 0$ bolsa, tangens otrisatel bolýar (egri çyzyk aşaklygyna ugrukdyrylan bolýar) we diýmek, $Q < Q_0$.

5. Eger-de Q_0 бүтін өwrinilýän döwrüň ortaça suw mukdaryna deň diýlip kabul edilse, onda döwrüň ahyrynda gysgaldylan egri çyzygyň ordinatasynyň $W_s(t) = 0$ boljagy görnüp dur, ýagny egri çyzyk kese okda ýerleşen nokada gelýär.

Akymyň gysgaldylan integral egri çyzygyny gyşyk burçly koordinatlarda hem gurmak bolýar. 45-nji ç suratda OA çyzyk suw mukdarynyň $Q(t)$ doly integral egri çyzygy bolýar, OB çyzyk (göni çyzyk) bolsa üýtgemeyän suw mukdarynyň Q_0 integral egri çyzygy bolýar. 106-njy aňlatma laýyklykda gysgaldylan integral egri çyzygyň ordinatalary OA we OB çyzyklaryň arasyndaky kesimlere deň. OA we OB çyzyklary 0 (koordinatlaryň başlanýan ýeri) nokadyň daşyndan aýlap we OB çyzygy kese ok bilen utgaşdyryp, 45-nji d suratdaky $O'A'$ egri çyzygy alýarys. $O'A'$ egri çyzyk, ol OA egri çyzygyň özi, ýöne ol OB göni çyzyk $O'B'$ gorizontala ýagdaýa eýe bolar ýaly öňki kese ok OS bolsa, $O'S'$ ýapgyt ýagdaýa eýe bolar ýaly edilip täzeden gurlan (onsoňam $B'S' = BS$). $O'A'$ we $O'S'$ -iň arasyndaky islendik $M'N'$ dik kesim OA we OS çyzyklaryň arasyndaky MN kesime deň boljagy görnüp dur. Diýmek, $O'A'$ egri çyzyk $O'S'O'W_s$ koordinatlardaky doly integral egri çyzygy we

$O'B'$, $O'W_s$ koordinatlardaky gysgaldylan integral egri çyzygy berýär. Soňka bolsa gyşyk burçly koordinatdaky gysgaldylan integral egri çyzyk diýilýär. Doly integral egri çyzygynyň ordinatalarynyň hasabyny ýeňilleşdirmek üçin $O'W_s$ okda akymyň göwrüminiň tegelenen ululyklaryna laýyk gelýän we $O'S'$ çyzyga ugurdaş bolan birnäçe göni çyzyklary geçirýärler. Şol ugurdaş göni çyzyklar gyşyk burçly koordinat tor bolup hyzmat edýärler we doly akymyň W şkalasynyň wezipesini ýerine ýetirýärler. Ýöne hasaplamalarda gysgaldylan egri çyzygyň ordinatalarynyň ýeterlik bolýandygy sebäpli, adatça, gyşyk burçly tor geçirilmeýär.

Gysgaldylan integral egri çyzyk gurlanda we ulanylanda şöhlepisintli masştaby ulanmak bolýar. Şöhlepisintli masştab gysgaldylan integral egri çyzygy üçin gurlanda edil doly integral egri çyzygyňky ýaly gurulýar (*45-nji e surat*), ýöne masştabyň polýusyny O şkala boýunça ýokaryk 0_0 -yň ululygyna süýşürýärler ($0'$ -yň orny). Onda $0'$ nokatdan gysgaldylan egri çyzygyň galtaşma ýa-da kesiji çyzyklaryna ugurdaş geçirilýän şöhleler, şkaladan galtaşma pursatyna laýyk gelýän ýa-da üstünden kesiji çyzyk geçýän nokatlaryň wagt aralygyndaky 0 suw mukdarlaryny kesip geçerler.

Gysgaldylan integral egri çyzygyň doly integral egri çyzyk bilen deňeşdireniňde birnäçe artykmaçlyklary bolýar. Gysgaldylan integral egri çyzykda akymyň häsiýetlendiriji döwürleri bolan köp suwly, az suwly döwürler, köp suwly we az suwly ýyllar, aýdyň görnüp durýar. Çyzgynyň meýdany has peýdaly ulanylýar, göwrümleriň masştabyny kiçeltmek gerek bolmaýar. Şol bolsa gysgaldylan integral egri çyzygyny akymy sazlamagyň hasaplamalaryny ýerine ýetirmek üçin aýdyň we amatly edýär.

Gysgaldylan integral egri çyzyklary ulanyp howdany hasaplamak, doly integral egri çyzyklaryň kömegi bilen hasaplamaga meňzeş.

Bir çyzgyda (*46-njy surat*) akymyň integral egri çyzygyny $W_s(t)$ we sarp etmegiň gysgaldylan integral egri çyzygyny utgaşdyrýarlar.

$$U_s(t) = \int_0^t (q - Q_0) \Delta t \approx \sum_0^i (q - Q_0) \Delta t_i$$

ýa-da

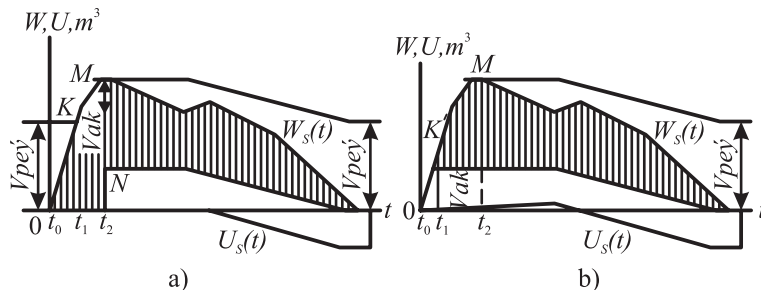
$$U_s(t) = U(t) - W_0(t),$$

bu ýerde $U_s(t)$ – sarp etmegiň gysgaldylan integral egri çyzygynyň ordinatasy; $U(t)$ – sarp etmegiň doly integral egri çyzygynyň ordinatasy; q – sarp edilýän suwuň mukdary, m^3/s .

Üýtgemeýän suw mukdary Q_0 hökmünde, adatça, akymyň hasaplanýan döwründäki ortaça suw mukdary kabul edilýär. Şeýle ýagdaýda akymyň gysgaldylan integral egri çyzygy hasaplama döwrüň ahyrynda nola deň bolan ordinataly nokada gelýär.

Howdanyň peýdaly göwrümini sarp etmegiň $U_s(t)$ gysgaldylan egri çyzygy bilen ugurdaş edilip, akymyň gysgaldylan egri çyzygyna $W_s(t)$ geçirilen öňki ýokarky we onuň yzyndaky aşaky galtaşmalaryň arasyndaky iň uly dik aralyk görnüşinde kesgitleýärler. Ol ýerde şeýle şert ýerine ýetirilmeli, ýagny ýokarky galtaşma çyzygy aşaky galtaşma nokada çenli akym egri çyzygy bilen kesişmeli däl.

Akym birinji (46-njy a surat) we ikinji (46-njy b surat) wariantlar boýunça sazlananda, howdanyň iş grafiklerini howdan doly integral egri çyzyklar boýunça grafik usuly bilen hasaplanandaky ýaly gurýarlar.



46-njy surat. Akymyň we sarp etmegiň gysgaldylan egri çyzyklary boýunça howdany grafik usuly bilen hasaplamak

Tapawut integral egri çyzygy. Howdan grafik usuly bilen hasaplananda tapawut integral (jemleme) egri çyzygyny hem ulanýarlar, ol belli bir wagtyň dowamynda akymyň we sarp etmegiň jemleme göwrümleriniň tapawudynyň yzygiderli üýtgäp durmagyny häsiýetlendirýär:

$$W_r(t) = \int_0^t (Q - q) \Delta t \approx \sum_1^i (Q_i - q_i) \Delta t_i, \quad (109)$$

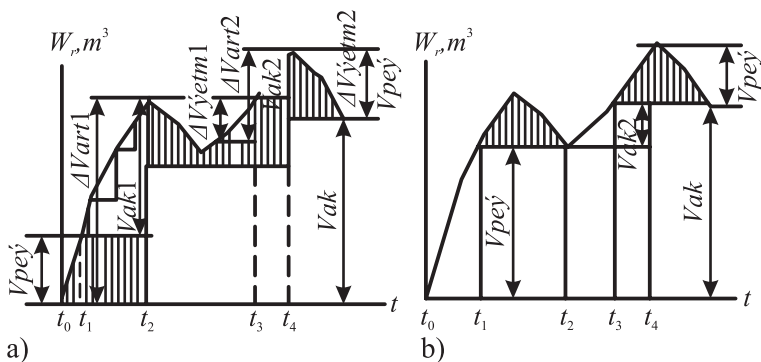
bu ýerde $W_r(t)$ – akymyň we sarp etmegiň tapawut integral egri çyzygynyň ordinatasy; Q we q – laýyklykda akymyň we sarp etmegiň suw mukdarlary.

109-njy aňlatmany aşakdaky görnüşde hem ýazmak bolýar:

$$W_r(t) = \int_0^t Q \Delta t - \int_0^t q \Delta t \approx \sum_1^i Q_i \Delta t_i - \sum_1^i q_i \Delta t_i = W(t) - U(t). \quad (110)$$

Şeýle aňlatmadan gelip çykyşyna görä, tapawut integral egri çyzygynyň ordinatalary akymyň doly integral egri çyzygynyň $W(t)$ we sarp etmegiň doly integral egri çyzygynyň $U(t)$ ordinatalarynyň tapawudyny berýär.

Tapawut integral egri çyzygyny gönüburçly koordinatlarda gurýarlar (47-nji surat), kese ok boýunça wagty t we dik ok boýunça bolsa $W_r(t)$ -ni goýýarlar.



47-nji surat. Howdany akymyň we sarp etmegiň tapawut integral egri çyzygy boýunça grafik usuly bilen hasaplamak:
a we b – akymyň sazlamagyň birinji we ikinji wariantlary

Tapawut integral egri çyzygyň esasy häsiýetleri aşakdakylardan ybarat:

1. Tapawut integral egri çyzygyň ordinatalary hasaplamanyň başyndan seredilýän pursata çenli döwürdäki akymyň we sarp etmegiň jemleme göwrümleriniň tapawudyna deň.

2. Egri çyzygyň iki nokadynyň ordinatalarynyň tapawudy akymyň we sarp etmegiň seredilýän döwürdäki artmalarynyň tapawudyna deň:

$$\Delta W_r = W_r(t_2) - W_r(t_1) = \int_0^{t_2} Q \Delta t - \int_0^{t_2} q \Delta t - \left(\int_0^{t_1} Q \Delta t - \int_0^{t_1} q \Delta t \right) = \Delta W - \Delta U. \quad (111)$$

3. Tapawut egri çyzygyň iki nokadynyň üstünden geçirilen kesiji çyzygyň kese oka ýapgytlygynyň tangens burçy akymyň we sarp etmegiň seredilýän wagt aralygyndaky suw mukdarlarynyň tapawudyna häsiýetlendirýär.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta W - \Delta U}{\Delta t} = Q_{or} - q_{or}. \quad (112)$$

Galtaşma çyzygyň ýapgytlygynyň tangens burçy bolsa galtaşma nokadyň pursaty üçin akymyň we sarp etmegiň suw mukdarynyň tapawudyna laýyk gelýär.

$$\operatorname{tg} \varphi_A = \frac{\Delta W}{\Delta t} - \frac{\Delta U}{\Delta t} = Q_A - q_A. \quad (113)$$

Şeýle hasaplamalardan gelip çykyşyna görä, eger-de galtaşma çyzygyň ýa-da kesiji çyzygyň ýapgytlygynyň tangens burçy položitel bolsa, onda $Q > q$ bolýar, tersine, eger-de tangens burç otrisatel bolsa, onda $Q < q$ bolýar. $Q = q$ bolanda burçuň tangensi nola deň, ýagny tapawut egri çyzygy maksimum ýa-da minimum ululyga eýe bolýar. Şol döwürde tapawut egri çyzygy ýokary galýan bolsa (galtaşma çyzyklaryň ýapgytlygynyň tangens burçy položitel bolýar), akymda artykmaçlyk bolýar, eger-de egri çyzyk aşak düşýän bolsa (tangens burçlar otrisatel bolýar),

akymda ýetmezçilik bolýar. Ýokarky maksimum nokatda akymyň artykmaçlygyn-dan akymyň ýetmezçiligine geçilýär, aşaky minimum nokatda bolsa akymyň ýet-mežçilik döwründen akymyň artykmaçlyk döwrüne geçilýär (47-nji surat). Howda-nyň peýdaly göwrümi $V_{peý}$ bolsa tapawut integral egri çyzygyň geçen maksimal we onuň yzyndaky minimal nokatlaryň ordinatalarynyň iň uly tapawudy görnüşinde kesgitlenilýär. Şeýlelikde, görkezilen maksimum we minimum nokatlaryň arasyn-daky bölekde ýokarky maksimum nokatdan kese oka ugurdaş geçirilen galtaşma çyzygy tapawut egri çyzygy bilen kesişmeli däl.

Tapawut integral egri çyzygyny ulanyp, howdanyň iş grafigini edil doly we gysgaldylan egri çyzyklaryň gurluşy ýaly gurýarlar. Ýöne howdanyň peýdaly göwrüme $V_{peý}$ çenli doldurylýan we aşaky býefe suwuň akdyrylyp başlanýan wag-tyny kesgitlemäge mümkinçilik berýän kömekçi çyzyklary kese oka ugurdaş, ýag-ny keseligine geçirýärler (47-nji surat).

VIII BAP

AKYMY PASYLlyK (ýYllyK) WE KÖPýYllyK SAZLAMAK

8.1. Akymy pasyllyk (ýyllyk) sazlamagyň düýp manysy

Akymy pasyllyk sazlamak usuly örän giňden ýaýran usuldyr. Munuň şeýle bolmagynyň esasy sebäbi akymyň ýylyň dowamynda birsydyrgyn paýlanmazlygydyr, iň köp (köp suwly döwürde, joşgunda) we iň az (az suwly döwürde) suw mukdarlaryň her ýylda gaýtalanýan döwürleýin gezeleşmesi akymyň we sarp etmäniň düzgüniniň gabat gelmezligidir. Akym pasyllyk sazlananda derýa akymy ýylyň dowamynda täzeden paýlanýar. Howdan her ýylda köp suwly pasyllaryň hasabyna doldurylýar we sarp etmäniň ýetmezçiliginiň üstüni ýetirip, az suwly döwürde boşaýar.

Akymy pasyllyk sazlamanyň esasy wezipesi suwy sarp edijileri belli bir yg-tybarly derejede suw bilen üpjün etmekden ybaratdyr. Ygtybarlylygyň ölçegi hök-münde sarp etmäniň üpjünligi p_a alynýar, ony, adaty, suw sarp edijileriň görnüşine we suwy bermegiň rugsat berilýän bökdençligine baglylykda belleýärler. Akym pasyllyk sazlananda, ýyllyk suw sarp etme az suwly ýylyň akymynyň göwrümin-den, has dogrusy suw hojalyk ýylyň göwrüminden köp bolmaly däl. Şonuň üçin hem, adaty, ýyllyk suw sarp etmäniň hasaplama üpjünligini we hasaplanýan ýylyň akymynyň üpjünligini birmeňzeş kabul edýärler.

Akymy pasyllyk sazlamagyň zerurlygyny hasaplama wagt aralyklar boýunça Δt , hasaplama akymy we meýilleşdirilýän sarp etmäni deňeşdirip anyklaýarlar. Adatça, köp suwly döwürde hasaplama aralyk hökmünde ongünlügi alýarlar, az suwly döwürde bolsa aýy alýarlar. Hasaplama wagt aralygynyň çäginde akym üýtgemeýär diýlip kabul edilýär. Eger-de hasaplama suw hojalyk ýylyň dowamynda suw ýitgisini hasaba alýan meýilleşdirilen sarp etmäniň akymy hasaplama akymdan köp bolýan döwür bar bolsa, onda akymy pasyllyk sazlamagyň zerurlygy ýüze çykýar. Eger-de hasaplama ýylyň ýyllyk akymy talap edilýän ýyllyk sarp etmeden köp bolsa, onda akymy pasyllyk sazlamak bolýar.

Hasaplama suw hojalyk ýylyň dowamynda akymyň paýlanyşyny gidrologiýa dersinden belli bolan usullaryň biri bilen kesgitleýärler.

Eger-de akymyň köp ýyllap ($n > 20$ ýyl), gözegçilik edilen kalendar hatary bar bolsa, onda akymyň ýylyň dowamynda paýlanyşyny kesgitlemek üçin anyk ýyl usuly ulanylýar. Akym boýunça hemme ýyllar berk kalendar seneler bilen köp suwly we az suwly döwürlere (bütün aýa çenli tegelenip) bölünýär. Soňra ýyllyk akymyň statistik parametrlerini (W_o, S_g, S_s) kesgitleýärler we hasaplama üpjünlige laýyk gelýän ýyllyk akymy W_p tapýarlar. Edil şeýle ýol bilen, öňünden çäklendirilen senelerde az suwly döwür üçin statistik parametrleri ($\bar{W}_{a.s}, S_{g,a.s}, S_{s,a.s}$) kesgitläp, berlen üpjünlige laýyk gelýän az suwly döwürň akymynyň göwrümini $W_{p,a.s}$ kesgitleýärler. Soňra hakyky hataryň içinden ýyllyk akymynyň göwrümi takmynan, W_p , az suwly döwürň akymy bolsa $W_{p,a.s}$ deň ýyly saýlap alýarlar. Saýlanyp alnan ýylda az suwly döwürň akymy $W_{p,a.s}$ -a deň ýa-da ýakyn bolmaly, ýaz paslyndaky akym bolsa ýyllyk we az suwly döwürň akymalarynyň tapawudyna deň bolmaly. Şol saýlanyp alnan ýyl bolsa hasaplama suw hojalyk ýyly (oňa aýrybaşga ýyl hem diýilýär) bolup hyzmat edýär. Akymy pasyllyk sazlaýan howdanyň gerek bolan peýdaly göwrümini, şeýle hem doldurylyşyny we aşaky býefe akdyrylýan suwuň möçberini hasaplama suw hojalyk ýylyň akymyny we meýilleşdirilen sarp etmäniň akymyny wagt aralyklary boýunça yzygiderli deňeşdirme ýoly bilen kesgitleýärler. Şonuň bilen birlikde tablisa-san ýa-da grafik usullaryny ulanýarlar. Hasaplama aýrybaşga anyk ýyl usuly boýunça alnyp barlanda sarp etmäniň üpjünliginiň az suwly döwürň akymynyň üpjünligi bilen kesgitlenjekdigi aýdyň görnüp dur. Hasaplama ýyllyk akymyň W_p , ýitgi hasaba alnan ýyllyk sarp etmäniň akymyndan U_{br} köp bolanlygy sebäpli, ýaz paslynda artykmaç suw howdandan aşaky býefe akdyrylar, ýagny akym doly sazlanmaz. Akym pasyllyk sazlananda bentden aşakda derýanyň amatly sanitar ýagdaýyny saklamak üçin harçlanýan suwuň mukdaryny hem göz önünde tutmaly. Akymy ýerli sarp etme üçin doly ulanmak bolmaýar.

Akymy pasyllyk sazlamagyň hasaplamalaryny, şeýle hem gidrometrik gözegçilikleriň hataryndan akymyň hakyky ýyllyk gidrograflaryny ulanyp ýerine

ýetirýärler. Tablisa ýa-da grafik usullaryny ulanyp, her bir ýylyň ýyllyk akymyny we meýilleşdirilýän sarp etmesini deňeşdirip, howdanyň gerek bolan göwrümlerini hasaplaýarlar. Soňra olary statistik taýdan işläp taýýarlaýarlar we göwrümiň üpjünlik egri çyzygyny $V_{peý} = f(P)$ gurýarlar. Sarp etmäniň üpjünligini şeýle kabul edýärler:

$$P_a = P = 100 - P_{ýetm} = 100 - P_{\beta}, \quad (114)$$

bu ýerde $P, P_a, P_{ýetm}, P_{\beta}$ – akymyň, sarp etmäniň, ýetmezçiligiň we göwrümiň üpjünligi.

Sarp etmäniň hasaplama üpjünligine P_a laýyk gelyän howdanyň peýdaly göwrümini, $P_{\beta} = 100 - P_a$ üpjünlik üçin $V_{peý} = f(P_{\beta})$ egri çyzyk boýunça kesgitleýärler.

Gidrometrik gözegçilikler köp ýylyň dowamynda geçirilende hasaplamanyň göwrümini azaltmak üçin hasaplamany hemme ýyllar boýunça geçirmän, şol gözegçilik hatara mahsus bolan döwür üçin geçirýärler, ol döwre akymy boýunça az suwly, orta suwly we köp suwly ýyllar girýärler. Şol gözegçilik hatara mahsus bolan döwri akymyň üýtgemeginiň döwürleýinligini hasaba alyp gysgaldylan egri çyzyk boýunça saýlap alýarlar. Hatara mahsus döwür boýunça we бүтін календар hatar boýunça hasaplanan statistik parametrler birmeňzeş bolýarlar.

Gidrometrik gözegçilikler gysga wagtlyk bolanda ($n < 20$ ýyl, ýöne 10 ýyldan az däl) hasaplama gidrografyň nusgasyny düzme usuly boýunça gurýarlar. Şonuň bilen birlikde çäklendirilen döwrüň we paslyň hasaplama ýyllyk akymynyň üpjünlikleriniň deňlik şerti berjaý edilen bolmaly, gidrometrik gözegçilikleriň başlangyç hatary az suwly we suwlulygy boýunça orta ýyllary öz içine almaly. Hidrometrik gözegçilikler bolmasa ýa-da ýeterlik bolmasa (10 ýyldan az), hasaplama suw hojalyk ýylyň akymynyň ýylyň dowamynda paýlanyşyny gidrologik meňzeşlikler ýa-da bar bolan ýerli maglumatlar boýunça anyklaýarlar.

8.2. Akymy köpýyllyk sazlamak barada düşünje

Akymy köpýyllyk sazlamagyň wezipesi aýratyn az suwly ýyllaryň ýa-da birnäçe az suwly ýyllaryň döwründe suw ýetmezçiliginiň üstüni ýetirmek maksady bilen köp suwly ýyllarda howdana suw ýygnamakdan ybaratdyr. Akymy paslylyk (ýyllyk) sazlamak bilen deňeşdireniňde akymy köpýyllyk sazlamak howdanyň örän uly göwrümini talap edýär. Howdanlaryň bahasynyň gymmatdygyny we akymy köpýyllyk sazlamagyň hyzmat edýän hojalyklary we kärhanalary üçin örän jogapkärlidigini göz önünde tutup, akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamalaryny örän uly üns berip we seresaplylyk bilen alyp barmaly; aýratyn-da, bar bolan hemme gidrologik maglumatlary ulanyp, sazlanýan suw çeşmesiniň akymynyň düzgüni takyk öwrenilen bolmaly.

Beýleki tarapdan, akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamalarynda sarp etmäniň ululygy, adatça, önünden anyk berilmeýär, ýöne hasaplamalaryň wezipelerini

has giňden goýýarlar; sarp etmäniň dürli ululyklaryny kabul edip, olaryň her biri üçin talap edilýän göwrümi (we bahany) hasaplamak we suw hojalyk meselelerini çözmek üçin has amatly maglumatlary ulanmak talap edilýär.

Köp ýagdaýlarda howdanyň çäklendirilen (tehniki ýa-da ykdysady nukdaýnazardan) ölçegi suw talap ediljilere gerek möçberde yzygiderli suw bermegi üpjün edip bilmeýär; şeýle ýagdaýlarda käbir aýratyn ýyllarda suw ýetmezçiligi bilen ylalaşmaly bolýar, ýöne hasaplamalarda jogapkärli meseleler ýüze çykýar; suw ýetmezçiliginiň gaýtalanmagyny we dowamlylygyny önünden göz önünde tutmaly (ýa-da hasaplamalarda berlen üpjünçilikden ugur almaly), ýagny sarp etmäniň taslama üpjünligini hasaplamaly.

Akymy köpýyllyk sazlamak üçin gurulýan howdan, şol bir wagtda akymyň ýylyň dowamyndaky suw ýetmezçiliginiň üstüni ýetirmegi hem üpjün etmeli; şonuň üçin akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň hojalyk hasaplamalarynda, ony akymy pasyllyk (ýyllyk) sazlaýan howdan hökmünde hem barlap görmeli we şoňa laýyklykda onuň peýdaly göwrümini düzetmeli (köpeltmeli). Galyberse-de, akymy köpýyllyk sazlaýan howdanlardan bolýan suw ýitgisi, aýratyn-da ol uzak döwürüň dowamynda işlände uly möçberlere ýetmegi mümkin, şonuň üçin hem howdanyň peýdaly göwrümi hasaplananda suw ýitgisini anyk hasaba almaly.

Akym köpýyllyk sazlanandaky suw hojalyk hasaplamalaryň çylşyrymlydygy we örän jogapkärlidigi şol hasaplamalary alyp barmagyň dürli usullarynyň ýüze çykmagyna alyp barýar, olar ýuwaş-ýuwaşdan kämilleşip hasaplamalaryň ygtybarlylygyny ýokarlandyrýar.

Ilkinji maglumatlaryň häsiýetine baglylykda hasaplamalary tapawutlandyrmak bolýar.

Şu nukdaýnazardan esasy üç ýagdaýyň bolmagy mümkin:

- 1) akymyň köpýyllyk (30-50 ýyl) gözegçilik maglumatlary bolan ýagdaýynda;
- 2) akymyň gysga möhletli (10-20 ýyl) gözegçilik maglumatlary bolan ýagdaýynda;
- 3) akyma gözegçilik edilen maglumatlaryň düýpden bolmadyk ýagdaýynda.

Birinji ýagdaýda hasaplamalary hakyky gözegçilik edilen maglumatlardan ugur alyp ýerine ýetirmek bolýar.

Ikinji ýagdaýda akymyň bar bolan hakyky gözegçilik maglumatlaryny ulanjak bolmaly, eger-de mümkinçilik bar bolsa öwrenilen we öwrenilmedik derýalaryň akymalarynyň arasyndaky özara baglanyşygy ulanmaly, ýagny akymy hasaplama-nyň meňzeşlik usulyny ulanmaly.

Üçünji ýagdaýda hasaplama edil ikinji ýagdaýyňky ýaly alnyp barylýar, eger-de şeýdip bolmasa, onda ähtimallyk nazaryýete esaslanýan statistik usullary ulanmaly.

Şeýlelikde, hasaplamaný esasy iki ýagdaýa bölmek bolýar, olar akymyň gözegçilik edilen häsiýetlendirijileriniň barlygyna we ýoklugyna laýyk gelýärler.

8.3. Gidrometrik gözegçilikleriň kalendar hatary boýunça akymy köpýyllyk sazlamak

Akymy ýyllyk sazlamakdan köpýyllyk sazlamaga geçmegiň alamaty ýylyň dowamyndaky sarp etmäniň göwrüminiň ýyllyk hasaplama akymdan köp ($W_p < U$) bolmagydyr. Akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamasy ýyllyk sazlamanyňka garanyňda has takyk işlenip taýýarlanmaly. Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň peýdaly göwrümi az suwly ýyllarda we ýylyň dowamynda sarp etmäni ýokarlandyrmak üçin niýetlenen.

Akymy köpýyllyk sazlaýan howdan ýyllyk akymy sazlamak üçin hem ulanylýar. Şonuň üçin hem akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň peýdaly göwrümi aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$V_{peý} = V_{ký} + V_{pas}, \quad (115)$$

bu ýerde $V_{ký}$ we V_{pas} – göwrümiň köpýyllyk we pasyllyk düzüjileri, m^3 .

Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň boşaýan döwri bir ýyldan birnäçe ýyla çenli üýtgäp durýar. Akymy pasyllyk (ýyllyk) sazlaýan howdan bolsa her ýylda boşaýar.

Akym köpýyllyk sazlananda hasaplama wagt aralygy Δt hökmünde, adatça, ýyly kabul edýärler; hasaplama aralygyň dowamynda akymyň we sarp etmäniň üýtgäp durmagyny hasaba almaýarlar.

Hasaplamalaryň amatly bolmagy üçin akymy, sarp etmäni, göwrümi we akymy sazlamagyň beýleki parametrlerini akymyň göwrüminiň ortaça köpýyllyk ululygynyň W_0 bölegi görnüşinde aňladýarlar, ýagny otnositel modul köpeldiji görnüşinde aňladýarlar:

$$K_i = W_i / W_0, \quad (116)$$

sarp etme akymy sazlamagyň köpeldijisi görnüşinde aňladylýar:

$$a = U_{or} / W_0, \quad (117)$$

howdanyň göwrümi bolsa göwrüm köpeldiji görnüşinde aňladylýar:

$$\beta_i = V_i / W_0. \quad (118)$$

Akymy köpýyllyk sazlamagyň suw hojalyk hasaplamalarynda uzak wagtlap geçirilen gidrometrik gözegçilikleriň kalendar hataryny ulanyp, deňagramlylyk we umumylaşdyrylan usullary ulanýarlar. Umumylaşdyrylan usullar bilen akymy köpýyllyk sazlamak ähtimallyk nazaryýetine we matematiki statistika esaslanýar. Şol usul ulanylanda akymyň emele gelmegine tötänden ýüze çykýan hadysa hökmünde

garalýar. Köp halatlarda bir usul beýleki usulyň üstüni ýetirýär. Şu bölümde gözegçiligiň kalendar hatary boýunça akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň hasaplamlaryna ýörite seredip göreris. Umumylaşdyrylan usul barada bolsa 8.6-njy bölümde beýan edilýär.

Gözegçiligiň kalendar hatary boýunça akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamlaryny ýeterlik uzak wagtlyk gidrometrik gözegçiliklerde ($n > 60$ ýyl), şeýle hem dowamlylygy uly bolan (1000 ýyl töweregi) emeli modelirlenen gidrologik hatar bolanda ulanýarlar. Hasaplamlary tablisa-san ýa-da grafik usul bilen ýerine ýetirýärler. Peýdaly göwrümiň köpýyllyk $V_{k\dot{y}}$ we pasyllyk V_{pas} düzüjilerini aýratyn hasaplaýarlar:

$$\beta_{pej} = \beta_{k\dot{y}} + \beta_{pas}. \quad (119)$$

Akymy köpýyllyk sazlaýan howdany hasaplamagyň aýratynlygy, peýdaly sarp etmäniň önünden berilmeyändiginden ybaratdyr. Bu ýerde mesele has giňden goýulýar: sarp etmäniň dürli ululyklaryny kabul edip, olaryň her biri üçin howdanyň gerek bolan göwrümini kesgitleýärler, soňra bolsa tehniki-ykdysady hasaplamlaryň esasynda iň amatly warianty we howdanyň şoňa laýyk göwrümini, şeýle hem sarp etmäniň ýyllyk göwrümini saýlap alýarlar.

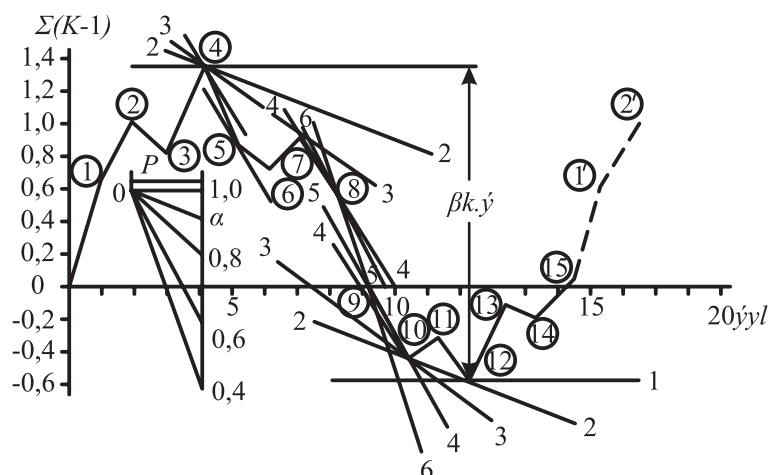
8.4. Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini hasaplamak

Hasaplama geçirilýän döwürde suwy sarp etmäniň ölçegini üýtgetmeli bolýanlygy sebäpli, howdanyň peýdaly göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini gysgaldylan jemleme (integral) egri çyzygyň kömegi bilen kesgitlemek amatly bolýar. Hasaplamlary aşakdaky tertipde ýerine ýetirýärler.

1. Akymyň ýyllyk göwrüminiň bar bolan kalendar hatary boýunça ýyllyk akymyň ortaça köpýyllyk göwrümini W_0 (normasyny) hasaplaýarlar we modul köpeldijilerini $K_i = W_i/W_0$ tapýarlar.

2. Her bir ýyl üçin häzirki ýylyň akymynyň we akymyň normasynyň tapawudyny $K_0 - 1$ görnüşde tapýarlar we olary yzygiderli jemläp, akymyň gysgaldylan jemleme egri çyzygynyň ordinatalaryny alýarlar $W_g = \sum_{i=1}^{i=n} (k_i - 1)$; gysgaldylan integral egri çyzygyň ahyrky ordinaty, onuň häsiýetlerine laýyklykda nola deň.

3. Gysgaldylan integral egri çyzygyny, şeýle hem sarp etmäniň şöhlepisintli masştabyny gurýarlar (48-nji surat). Gysgaldylan integral egri çyzygy gurmak üçin 18-nji tablisanyň maglumatlary ulanyldy, ony gurmagy aňsatlaşdyrmak üçin mysalda 15 ýylyň gözegçilik döwri alyndy.



48-nji surat. Gysgaldylan integral egri çyzyk boýunça β_{ky} -ni hasaplamak

Görkezilen tablisanyň maglumatlary esasynda gurlan gysgaldylan integral egri çyzykdan (48-nji surat) görnüşine görä, köp suwly ýyllar döwrüň başynda, az suwly ýyllar bolsa döwrüň ahyrynda ýerleşýärler. Ilkinji iki ýyly punktir (nokatdan çyzyk) bilen çyzga goýup, mese-mälim görnüp duran az suwly döwri alýarys. Ähli hasaplamalar şol döwür üçin alnyp barylýar.

18-nji tablisa

Ýyllar	K	K - 1	$\Sigma(K-1)$	Ýyllar	K	K - 1	$\Sigma(K-1)$
			0				0,60
1	1,62	0,62	0,62	9	0,40	-0,60	
2	1,36	0,36	0,98	10	0,60	-0,40	0
3	0,82	-0,18	0,80	11	1,12	0,12	-0,40
4	1,55	0,55	1,35	12	0,72	-0,28	-0,28
5	0,55	-0,45	0,90	13	1,46	0,46	-0,56
6	0,82	-0,18	0,72	14	0,92	0,08	-0,10
7	1,20	0,20	0,92	15	1,18	0,18	-0,18
8	0,68	-0,32	0,60				0

4. Akymy sazlamagyň köpeldijisiniň a -nyň dürli ululyklaryny kabul edip, sarp etme a -ny häsiýetlendirýän laýyk şöhlelere ugurdaş geçirilen ýokarky we onuň yzyndan gelýän aşaky galtaşma çyzyklaryň arasyndaky iň uly dik aralyk hökmünde a -lara laýyk gelýän köpýyllyk göwrümleri β_{ky} tapyp $\beta_{ky} = f(a)$ grafigi gurýarlar (49-njy surat). Şöhlepisintli masştabdan integral egri çyzygyň depesine ugurdaş göni

çyzyklary geçirmek bilen baglanyşykly ýalňyşlyklar bolmaz ýaly, adatça, grafik usuly bilen ýokarky we aşaky galtaşma nokatlary kesgitleýärler, olara san belgilerini goýýarlar, göwrümiň köpýyllyk düzüjisini 50-nji a suratda getirilen çyzgy boýunça tapýarlar.

$$\beta_{ky} = W_{g1} - W_{g2} - n(1-a), \quad (120)$$

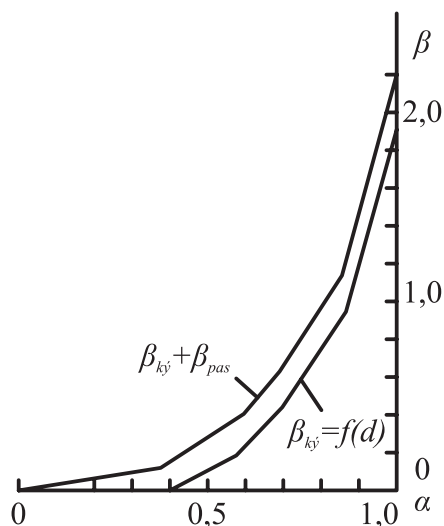
bu ýerde: W_{g1} we W_{g2} – gysgaldylan integral egri çyzygyň ýokarky we aşaky galtaşma nokatlaryndaky ordinatalary; n – şu nokatlaryň arasyndaky ýyllaryň sany; a – akymy sazlamagyň kabul edilen köpeldijisi.

a -nyň ululygyny 50-nji b suratda görkezilen çyzgyny ulanyp kesgitlemek bolýar;

$$W_{g1} - W_{g3} = n(1-a),$$

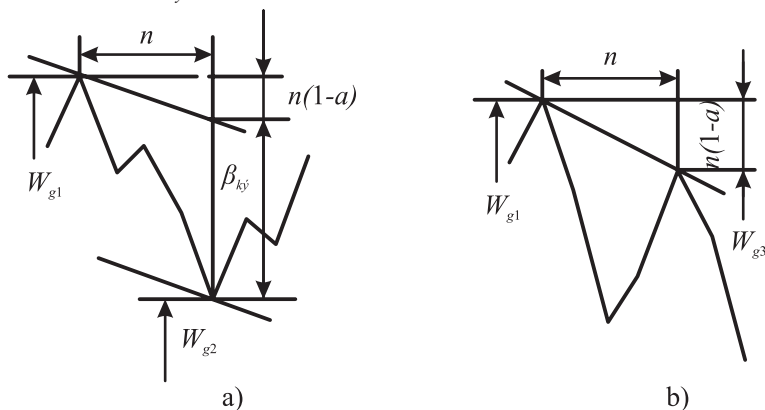
bu ýerden

$$a = 1 - \frac{W_{g1} - W_{g3}}{n}. \quad (121)$$



49-njy surat. β_{ky} we $\beta_{ky} + \beta_{pas}$ -nyň a -nyň ululygyna baglylyk grafigi

a -nyň dürli ululyklaryny kabul edip, olara laýyk gelýän köpýyllyk göwrümleri β_{ky} tapýarys we grafik usuly bilen $\beta_{ky} = f(a)$ funksiýany çyzga goýýarys. Bu grafigi yzygiderli we akymyň kabul edilen integral egri çyzygyna dogry laýyk geler ýaly almak üçin aşakdaky işleri ýerine ýetirýäris. 121-nji aňlatmadan görnüşine görä, entäk a -nyň üýtgemegi bilen galtaşma çyzyklary şol bir egri çyzyklaryň depesinde aýlanyşyp durýarlar, ýagny entäk W_{g1} , W_{g2} we n üýtgemeýän ýagdaýda galýarlar, β_{ky} -nyň ululygynyň a bolan gatnaşygy göni çyzyk boýunça üýtgeýär. Diýmek, $\beta_{ky} = f(a)$ grafikde şol bir depeleriň töwereginde goşa galtaşma çyzyklaryň aýlanmasyna laýyk gelýän her bir bölek, göni çyzygyň kesimi bolar; galtaşma çyzyklaryň birinden goňşy depä geçişe $\beta_{ky} = f(a)$ grafikde döwürläniniň nokady laýyk geler.



50-nji surat. Gysgaldylan integral egri çyzyk boýunça β_{ky} we a -ny kesgitlemegiň çyzgysy

Mysalyň doly ýerine ýetirilişi 48-nji çyzgyda görkezilýär. $a = 1,0$ bolanda galtaşmalar (1) (kese çyzyklar) $4(W_{g1} = 1,35)$ we $12(W_{g2} = -0,56)$ depeleriň üstünden geçýärler; diýmek, akym doly sazlananda howdanyň göwrümi $\beta_{ky} = W_{g1} - W_{g2} = 1,35 + 0,56 = 1,91$ -e deň bolar, $[\beta_{ky} = f(a)]$ grafiğiň sagdaky çetki ordinatasy]. a -ny kem-kemden azaldyp, galtaşýan çyzyklaryň sol bir 4-nji we 12-nji depeleriň töwereginde aýlanmaga mejbur edýäris; aşaky galtaşma çyzygyň çetki ýerleşmesi (2)-nji ýagdaý bolar, şonda aşaky galtaşma çyzygy 10-njy depäniň ($W = -0,40$) üstünden geçer. Şol ýagdaýa laýyk gelýän a -nyň ululygyny grafik usuly bilen bilip, şöhlipsisint masştab boýunça ýa-da W depeleriň ordinalaryny 121-nji aňlatma boýunça kesgitleýäris: $10(W = -0,40)$ we $12(W = -0,56)$ we olaryň keseligine aralygy $n = 2$ ýyl:

$$a = 1 - \frac{-0,40 - (-0,56)}{2} = 0,92.$$

Howdanyň göwrümini galtaşma çyzyklaryň aralygy görnüşinde (2) ýa-da 4 we 12 ýa-da 4 we 10 depeler üçin 120-nji aňlatmany ulanyp alýarys; iki usulda-da biz birmeňzeş netijäni alýarys.

Birinji ýagdaýda:

$$\beta_2 = 1,35 - (-0,56) - 8(1 - 0,92) = 1,27.$$

Ikinji ýagdaýda:

$$\beta_2 = 1,35 - (-0,40) - 6(1 - 0,92) = 1,27.$$

Şeýlelikde, $\beta_{ky} = f(a)$ grafikde $a_2 = 0,92$, $\beta_2 = 1,27$ koordinatly nokady alýarys, ony göni çyzyk bilen birinji tapan nokadymyza birleşdirýäris:

$$a_1 = 1,0; \beta_1 = 1,91.$$

Soňra galtaşma çyzyklaryň tä ýokarky galtaşma çyzygy 7-nji depäniň (3)-nji ýagdaýyna geçýänçä 4-nji we 10-njy depeleriň töwereginde aýlanjakdygyny görýäris; galtaşmalaryň şeýle ýagdaýy üçin tapýarys:

$$a_3 = 0,857; \beta_3 = 0,89.$$

Galtaşmalaryň indiki çetki ýagdaýy (4) bolar, şol ýagdaýda ýokarky galtaşma çyzygy 7-nji we 8-nji depeleriň üstünden geçýär; şeýle ýagdaý üçin alýarys:

$$a_4 = 0,68; \beta_4 = 0,36.$$

Aşaky galtaşma çyzygy 9-njy we 10-njy depeleriň üstünden (5)-nji ýagdaýa geçýär, şeýle bolanda $a_5 = 0,60$; $\beta_5 = 0,20$ bolýar.

Galtaşmalarıň ikisi hem integral egri çyzygyň 9-njy ýylynyň kesimi bilen gabat gelýänçä 8-nji we 9-njy depeleriň daşyndan aýlanýarlar, netijede, aşakdakylary alýarys: $a_6 = 0,40$; $\beta_6 = 0$. Eger-de iki galtaşmalar hem gysgaldylan integral egri çyzygyň has ýapgyt (aşaklygyna) kesimi bilen gabat gelseler, onda göwrüm β_{ky} hemişe nola deň bolar. Eger-de ýyllyk sarp etme ýyllyk akymyň in az ululygyna deň ýa-da şondan az bolsa, akymy köpýyllyk sazlamak gerek bolmaýar.

Ýokarda tapylan 6 sany goşa a we β_{ky} ululyklar boýunça $\beta_{ky} = f(a)$ baglanyşyk grafigini gurýarlar (49-njy surat).

8.5. Göwrümiň pasyllyk (ýyllyk) düzüjisini hasaplamak

Göwrümiň pasyllyk (ýyllyk) düzüjisini $\beta_{pas} = V_{pas}/W_0$ az suwly döwür gutarandan soňky birinji ýylda, ýagny köpýyllyk ätiýaçlyk suw gutaranda, suw ýetmezçiliginin üstüni ýetirmek şertlerinden ugur alyp, takmynan, hasaplaýarlar. Şonuň bilen birlikde, “Az suwly döwrüň yzy bilen hökman akymy has amatsyz paýlanjak ýyl geler” diýmegiň kyn bolýandygy sebäpli, berlen derýa üçin has gowy häsiýetlendiriji hökmünde akymyň pasyallar boýunça paýlanyşynyň ortaça köpýyllyk ululygynan ugur alýarlar. “Hasaplama ýylda akym sarp etmä deň” diýip hasap edýärler: $K_{py} = a$. Ýyly “köp suwly we az suwly” diýen iki pasla bölýärler. Bütün ýylyň dowamynda üýtgemeyän sarp etmäni kabul edýärler. Şeýle şertlerdäki hasaplamanýň jeminiň akymyň we sarp etmäniň ölçegsiz koordinatlarda gurlan integral egri çyzyklary görnüşinde berilmegi mümkin: dik ok boýunça akymyň modul köpeldijileriniň jemi goýlan $\sum_1 K = \sum_1 \frac{W_i}{W_0}$, kese ok boýunça bolsa az suwly döwrüň $t_{a.s}$ we

köp suwly döwrüň $t_{k.s}$ ýylyň bölegi görnüşindäki wagtlary goýlan, onsoňam $t_{a.s} + t_{k.s} = 1$ bolýar (51-nji surat).

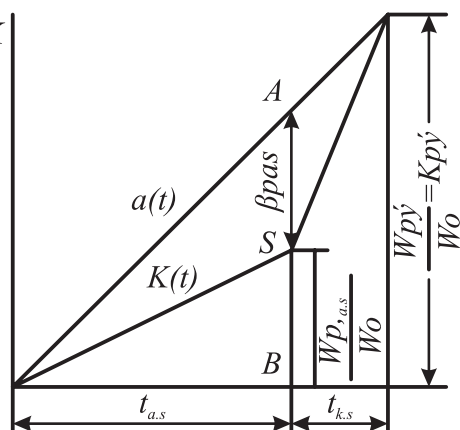
Çyzgydan gelip çykyşyna görä ΣK
 $K_{py} = a$ bolanda

$$\beta_{pas} = K_{py} t_{a.s} - \frac{W_{p,a.s}}{W_0}. \quad (122)$$

Aşakdaky ýaly göz öňüne getirip,

$$\frac{W_{p,a.s}}{W_0} = \frac{K_{p,a.s} \bar{W}_{a.s}}{W_0} = K_{p,a.s} \bar{m}_{a.s} \quad (123)$$

we bu aňlatmany 122-nji aňlatma goýup, alýarys:



51-nji surat. Göwrümiň pasyllyk düzüjisini hasaplamagyň çyzgysy

$$\beta_{pas} = K_{p,y} t_{a,s} - K_{p,a,s} \bar{m}_{a,s}, \quad (124)$$

bu ýerde $K_{p,y}$ we $K_{p,a,s}$ – berlen üpjünlikdäki ýyllyk we az suwly döwrüň akymy; $\bar{m}_{a,s} = \frac{W_{a,s}}{W_0}$ – az suwly döwrüň ortaça akymynyň, ortaça ýyllyk ululygynyň bölegi.

Barlaglaryň görkezmegine görä, akymy sazlamagyň adaty ulanylýan häsiýetlendiriji ululyklarynda ýyllyk we az suwly döwrüň akymynyň üýtgemegindäki tapawudyň täsiri uly bolmaýar, şonuň üçin hem $K_{p,y} = K_{p,a,s} = a$ diýip kabul etmek bolýar. Şonda 124-nji aňlatma has ýönekeý görnüşe eýe bolýar:

$$\beta_{pas} = a(t_{a,s} - \bar{m}_{a,s}). \quad (125)$$

Çäklendirilen ýagdaý üçin akym doly ulanylanda, ýagny haçan-da $a = 1,0$ bolanda

$$\beta_{pas} = t_{a,s} - \bar{m}_{a,s}. \quad (126)$$

125-nji we 126-njy deňlemeler $a = 1,0$ bolanda akymy doly sazlamaga we $a \leq K_{p,y}$ bolanda ýyllyk sazlamaga laýyk gelýän pasyllyk düzüjiniň iki çetki ululyklaryny kanagatlandyrýarlar. $K_p < a < 1$ aralykda pasyllyk düzüjini, görkezilen iki çägiň aralygyny kiçi deň aralyklara bölüp, tapylýan az suwly döwrüň akymy boýunça anyklamak bolýar. Şeýle ýagdaý üçin S.N.Kriskiý we M.F.Menkel aşakdaky baglanyşygy hödürlediler:

$$\beta_{pas} = at_{a,s} - \bar{m}_{a,s} + \bar{m}_{a,s} \frac{1 - K_{p,a,s}}{1 - K_{p,y}} (1 - a). \quad (127)$$

$a = K_{p,y}$ we $a = 1,0$ bolanda 125-nji we 126-njy aňlatmalaryň şol baglanyşygyň görnüşine laýyk getirilýändigini görmek kyn bolmaýar.

$\bar{m}_{a,s}$ we $t_{a,s}$ ululyklary kesgitlemek üçin akymyň köp suwly, orta we az suwly ýyllarda pasyllar boýunça paýlanylyşyny gowy derňemeli. Köplenç, hasaplamak üçin 3-4 az suwly ýyllar boýunça ortalaşdyrylan $m_{a,s}$ -i alýarlar ýa-da $K = a$ akymly ýyl boýunça kabul edýärler. Ýöne $\bar{m}_{a,s}$ -i köpýyllygyň ortaça ululygy görnüşinde kabul etmek amatly bolýar.

52-nji suratda Ý.F. Pleşkow tarapyndan hödürlenen grafik getirilýär, ol sarp etme a ýylyň dowamynda birsydyrgyn we az suwly döwrüň dowamlylygy 10 aýa deň bolan ($t_{a,s} = 0,833$) ýagdaýda akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň ýyllyk düzüjisini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Grafik 125-nji aňlatma boýunça gurlan.

Sarp etme birsydyrgyn bolmasa, mysal üçin, ekinleriň ösüş döwründe ýokarda getirilen aňlatma boýunça geçirilen hasaplamalar azaldylan netijeleri berýär. Şeýle ýagdaýda göwrümiň ýyllyk düzüjisini, takmynan, aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolýar:

$$\beta_{pas} = \alpha_{a,s} t_{a,s} - \alpha \bar{m}_{a,s}, \quad (128)$$

bu ýerde $a_{a.s}$ – akymyň az suwly döwürdäki sazlama köpeldijisi, ýagny $a_{a.s} = U_{a.s} / W_0$; α – akymyň ýylyň dowamyndaky sazlama köpeldijisi.

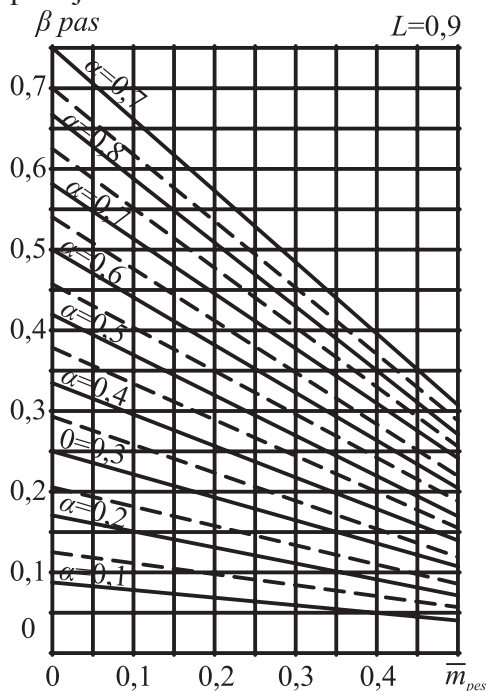
Bütün akymy köp suwly döwürde geçýän wagtlaýyn akarlaryň peýdaly göwrüminiň ýyllyk düzüjisi M.W.Potapowyň aňlatmasy boýunça kesgitlenilýär:

$$\beta_{pas} = \alpha \beta_0, \quad (129)$$

bu ýerde β_0 – pasyllar boýunça ortaça paýlanylan, ortaça köpýyllyk akymy doly ulanylmaga laýyk gelýän göwrümiň köpeldijisi.

α -nyň dürli ululyklary üçin tapylan β_{ky} -ni we β_{pas} -ni jemläp, $\beta_{ky} + \beta_{pas} = f(p)$ baglanyşyk grafigini (49-njy surat) gurýarlar. Soňra α -nyň her bir ululygy üçin howdanyň suw ýitgisini tapýarlar, şondan soňra peýdaly sarp etmäni anyklaýarlar, ýagny ýitgi hasaba alynmadyk sarp etmäni anyklaýarlar. Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň häsiýetlendiriji ululyklarynyň wariantlaryny tehniki-ykdysady taýdan deňeşdirip gutarnykly saýlap alýarlar.

Kalendar hatarlar boýunça hasaplamlar akymyň üýtgemeginiň hemme çylşyrymly kanunylyklaryny görkezmeýän, akaryň dürli düzgünlerini saýlap almagy çäklendirýän birleşmelere esaslanýarlar. Şonuň üçin hem häzirki döwürde akymy kalendar hatarlar boýunça sazlamagyň hasaplamlarynyň üstüni hökmany ýagdaýda umumylaşdyrylan statistik häsiýetlendirijileri we ähtimallyk nazaryýetini ulanmaga esaslanan hasaplamlar bilen doldurýarlar we takyklaýarlar.



52-nji surat. Akym köpýyllyk sazlananda howdanyň pasylyk göwrümini hasaplamak

8.6. Akymy sazlamagyň hasaplamlarynyň umumylaşdyrylan usullary

8.6.1. S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň birinji usuly bilen howdanyň peýdaly göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini kesgitlemek

Bu usul ýokarky alymlar tarapyndan 1930-njy ýylda işlenip taýýarlanyldy. S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň birinji hasaplama usuly, takmynan, netije berýär we onuň birnäçe ýetmezçilikleri-de bar, ýöne örän ýönekeý we soňky hasaplanýş usullara gowy düşünmäge mümkinçilik berýär. Şeýle usuly gözegçilik maglumatlary bolanda we bolmadyk ýagdaýda-da ulanmak bolýar.

Üýtgemeýän sarp etmede α peýdaly göwrümiň köpýyllyk düzüjisi β_{ky} islendik n ýyllaryň dowamyndaky suw ýetmezçiligiň üstüni ýetirer ýaly bolmaly:

$$\beta_{ky} = \max D = \max \left[\left(\alpha - K_p^{(n)} \right) n \right]. \quad (130)$$

Adatça, hasaplamalarda α we p berlen bolýarlar; K_p^n -ni kesgitlemek üçin S_g^n -ni we S_s^n -i bilmeli bolýar. Akymy sazlamagyň az suwly howply döwrüniň ýyllarynyň sanyny n , birden başlap tä iň köp ýetmezçilik alynýança aňlatma goýulýar. Başda ol iň köp ululyga çenli köpeliýär, soňra azalýar. n бүтін ýyl görnüşinde alynýar. Maglumat bolmadyk ýagdaýda akymyň durnuksyzlyk köpeldijisi S_g we deň dälilik köpeldiji S_s tejribe aňlatmalar ýa-da karta boýunça hasaplanylýar.

Adaty usullar bilen S_g -ni we S_s -i kesgitlemek üçin örän köp hasaplama işlerini ýerine ýetirmegiň zerurlygy sebäpli, S.N.Kriskiý we M.F.Menkel ýokarky akymy häsiýetlendiriji ululyklary kesgitlemek üçin ulanmaga ýeterlik takyk bolan aşakda-ky aňlatmalary hödürleýärler:

$$S_g^{(n)} = \frac{S_g}{\sqrt{n}}; \quad S_s^{(n)} = \frac{S_s}{\sqrt{n}}. \quad (131)$$

Hasaplanýş tertibi. Döwrüň ýyllary boýunça n ýyla deň bolan ýetmezçiligi tapýarlar:

$$\begin{aligned} n = 1 \text{ bolanda} \quad & \beta_{ky} = \alpha - K_p^{(1)}; \quad K_p^{(1)} = S_g F_p + 1, \\ n = 2 \text{ bolanda} \quad & \beta_{ky} = \left(\alpha - K_p^{(2)} \right) 2; \quad K_p^{(2)} = \frac{S_g}{\sqrt{2}} F_p + 1, \\ n = 3 \text{ bolanda} \quad & \beta_{ky} = \left(\alpha - K_p^{(3)} \right) 3; \quad K_p^{(3)} = \frac{S_g}{\sqrt{3}} F_p + 1, \\ n = n_0 \text{ bolanda} \quad & \beta_{ky} = \left(\alpha - K_p^{(n)} \right) n; \quad K_p^{(n)} = \frac{S_g}{\sqrt{n}} F_p + 1. \end{aligned}$$

Hasaplama 19-njy we 20-nji tablisalar görnüşinde alnyp barylýar. $\beta_{ky} = \max D$ -ni berlen otnositel sarp etmede, howply az suwly n ýyllaryň döwründe, S_g , S_s -de hem-de sarp etmäniň p üpjünliginde hasaplaýarlar.

19-njy tablisa

Berlen a , n , S_g , S_s we p -de β_{ky} -ni kesgitlemek

n	\sqrt{n}	S_g^n	S_s^n	K_p^n	Aşakdaky α bolandaky $\beta_{ky} = \max D = (a - K_p^n) n$			
					$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,6$

Tablisa boýunça her bir α -nyň ululygy üçin köpýyllyk göwrüm bilen deňleşdirilýän in köp ýetmezçiligi tapýarlar. Peýdaly göwrümiň düzüjileri β_{pas} we β_{ky} kesgitlenenden soň, dürli α üçin suw ýitgilerini hasaba alyp, şol ýitgileriň hasabyny tablisa görnüşinde alyp barýarlar.

20-nji tablisa

Howdanyň suw ýitgisini we peýdaly sarp etmesini hasaplamak

Sarp etme α	Göwrümler				Howdanyň meýdany Ω_{or}, m^2	Ýitgiler V_y, m^3	Sarp etme U_{br}, m^3	Sarp etme U_{nt}, m^3	ASD, m
	β_{ky}	β_{pas}	doly V_d	ortaça V_{or}					

Doly göwrüm peýdaly göwrüm bilen hemişelik göwrümiň jemine deňdir. Ortaça göwrüm peýdaly göwrümiň ýarym jeminiň üstüne hemişelik göwrümi goşmaga deň.

$$V_{or} = \frac{V_{peý}}{2} + V_{h.g} = \frac{V_{ASD} + V_{h.g}}{2}. \quad (132)$$

Bugarma we ýere siňmäge bolýan suw ýitgileriň göwrümini suw ýüzüniň ortaça meýdany we ýitgileriň gatlagy boýunça hasaplaýarlar:

$$V_y = \Omega_{or} h_y, \quad (133)$$

bu ýerde h_y – ýylyň dowamyndaky jemi suw ýitgileriň gatlagy; Ω_{or} – howdanyň ortaça meýdany, ony howdanyň häsiýetlendirijileri boýunça kesgitleýärler.

Brutto sarp etme: $U_{br} = \alpha W_0$. Peýdaly ýa-da talap edilýän sarp etme netto sarp etmä deň: $U_{nt} = U_{br} - V_y$.

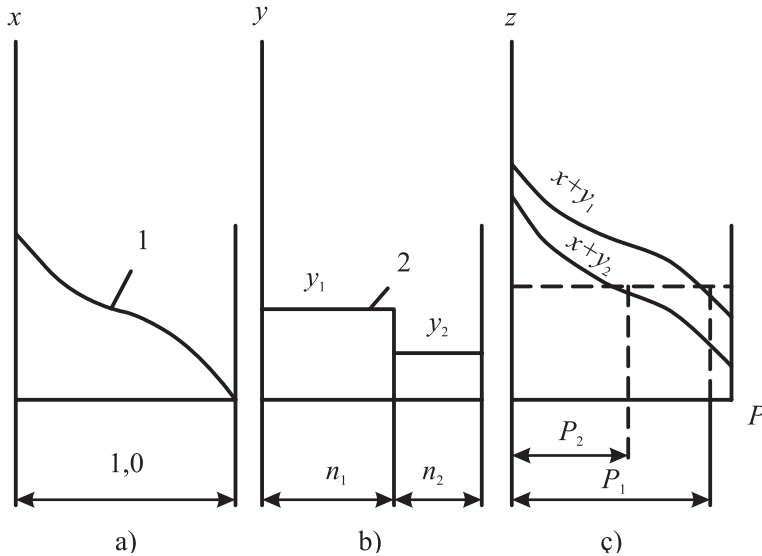
ASD-sini howdanyň häsiýetlendirijileri boýunça kesgitleýärler.

8.6.2. S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň ikinji usuly bilen akymy köpýyllyk sazlamak

S.N. Kriskiý we M.F. Menkel akymy köpýyllyk sazlamagyň ikinji usulyny 1935-nji ýylda işläp taýýarladylar. Soňky ýyllarda ol usul has-da kämilleşdi we takyklandy, häzirkir döwürde bolsa ol akymy köpýyllyk sazlamagy hasaplamagyň esasy usullarynyň biri bolup hyzmat edýär.

Ikinji usul akymyň üpjünlik egri çyzyklaryny goşmaga esaslanýar. Şol usuly beýan etmezden ozal, S.N. Kriskiý we M.F. Menkel tarapyndan hödürlenen, öz aralarynda biri-birine bagly bolmadyk iki ululyklaryň jeminiň üpjünlik egri çyzyklaryny gurmagyň usuly barasynda pikir ýöredeliň.

Goý, $z = x + y$ jemiň üpjünlik egri çyzygyny gurmak talap edilýän bolsun, onsoň hem x -yň ululygy yzygiderli üpjünçilik egri çyzyk 1 görnüşinde (53-nji a surat), y bolsa basgançakly egri çyzyk 2 görnüşde berlen bolsun (53-nji b surat). Jemler $z_1 = x + y_1$ ýa-da $z_2 = x + y_2$ ululyklara eýe bolarlar; birinjileriň ähtimallygy n_1 -e, ikinjileriň ähtimallygy n_2 -ä (onsoň hem $n_1 + n_2 = 1,0$) deň bolar. Şeýle jemleriň üpjünlik egri çyzyklary, x -syň üznüksiz egri çyzygyndan onuň hemme ordinatlarynyň üstüne birinji ýagdaýda y_1 goşulyp ($z_1 = x + y_1$ egri çyzyk, 53-nji c surat), ikinji ýagdaýda bolsa y_2 goşulyp ($z_2 = x + y_2$ egri çyzyk) alynýarlar.



53-nji surat. Üpjünlik egri çyzyklaryny goşmagyň çyzgysy

Erkin saýlanyp alnan z_i jemiň üpjünligi p , $x + y_1$ hatarda p_1 -e deň we $x + y_2$ hatarda p_2 -ä deň bolan hususy jemleriň üpjünliginiň üsti bilen kesgitlenilýär. Hatar-daky z_i jemiň umumy üpjünligi p aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$P_z = P_1 n_1 + P_2 n_2. \quad (134)$$

Eger-de üpjünlik egri çyzygy y , basgançagy $\Delta n_1, \Delta n_2, \dots (\sum \Delta n = 1,0)$ ululykly bolan basgançak çyzyk görnüşinde berlen bolsa, onda

$$P_z = \sum P_i \Delta n_i. \quad (135)$$

Basgançaklaryň esaslary deň ululykly bolanda, ýagny eger-de $\Delta n = m^{-1}$, bu ýerde m – aralyklaryň sany,

$$P_z = m^{-1} \sum P_i. \quad (136)$$

Eger-de y üpjünlik egri çyzygy yzygiderli egri çyzyk görnüşinde berlen bolsa, onda

$$P_z = \int_{n=0}^{n=1} P(n) \Delta n, \quad (137)$$

bu ýerde $P(n)$ – her bir z üçin n -den funksiýa.

Yzygiderli egri çyzyk görnüşinde berlen y -da p -niň tapylyşy aşakdaky ýaly alnyp barylýar.

y egri çyzygyň esasy deň m aralyklara bölýärler we aralyklaryň ähli çäkleri Δn_i üçin y_i -ni kesgitleýärler, olaryň sany $m + 1$. Soňra $x + y_i$ jemleriň hususy egri çyzyklaryny gurýarlar we şolar boýunça z_i jemleriň birnäçe ululyklary üçin olaryň ähli bolup biljek aralyklaryndan p_i -ni tapýarlar. z jemiň üpjünligini, trapesiýanyň aňlatmasyny ulanyp kesgitleýärler:

$$P_z = \frac{1}{m} \left(\frac{p_0}{2} + p_1 + p_2 + \dots + \frac{p_m}{2} \right). \quad (138)$$

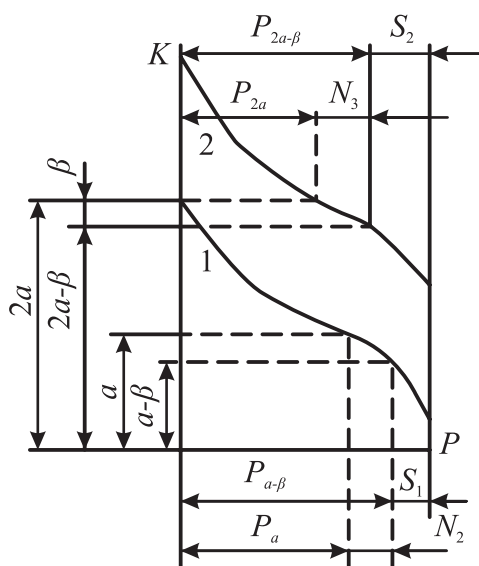
z -niň dürli ululyklarynyň üpjünligini tapyp, gözlenýän üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar.

Hasaplamlary azaltmak we tizleşdirmek, olaryň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin jemleriň hususy egri çyzyklaryny gurmaga hem bolýar. y -gyň egri çyzygynyň kese okuny deň m aralyklara bölüp, grafikden şu aralyklaryň araçägi üçin y_i -niň ululygyny alýarlar. z -niň birnäçe ululyklaryny kabul edip, $x_1 = z - y_0$, $x_2 = z - y_1$ we ş.m. tapawutlary tapýarlar we x egri çyzyk boýunça şol tapawutlaryň üpjünligini p_i -ni anyklaýarlar. P_i -niň ululygyny berlen z -de $z = x + y$ jemleriň egri çyzygy boýunça ýa-da $x_i = z - y_i$ tapawutlar üçin esasy egri çyzyk x boýunça alsak hem p_i -niň ululygynyň birmeňzeş boljakdygy görünüp dur. z -niň бүтін üýtgeýän geriminde onuň ululyklaryny kabul edip we şol ululyklara laýyk gelýän p_z üpjünlikleri kesgitlep, z -niň jemiň üpjünligini 138-nji aňlatma boýunça kesgitleýärler. Soňra $z = f(p)$ üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar.

Indi bolsa S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň ikinji usuly bilen akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamasyna geçýäris.

Goý, S_g köpýyllyk göwrümi β_{ky} we sarp etmesi a berlen bolsun. Biz ýyllaryň ähtimallygyny şeýle kesgitlemeli (otnositel san). Şol ýyllaryň dowamynda köpýyllyk göwrüm bar bolanda-da, berlen sarp etme α suw bilen doly üpjün edilmez, ýagny kepillendirilen suw mukdarynyň berilmeginde hökman bökençlik dörär.

Biz ýyllyk akymy, berlen sarp etme α -ny deňeşdirip we howdanyň köpýyllyk göwrümini hasaba alyp, bolup biläýjek ýagdaýlara anyk göz ýetirip bileris. Onuň üçin ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygyny $K = f(p)$ gurup, oňa α -nyň we $a - \beta_{ky}$ -niň ululyklaryna laýyk gelýän ordinatalary goýýarys (54-nji surat).



54-nji surat. S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usuly boýunça hasaplamagyň çyzgysy

Akymyň sarp etmeden köp bolan ýyllary, ýagny haçan-da $K_i \geq a$ bolanda, howdan doldurylmadyk ýagdaýynda-da ($\beta_{ky} = 0$) suwa bolan talabyň doly kanagatlan-dyryljagy görnüp dur. Olara bökdençsiz ýyllar diýilýär, olaryň sany $A_1 = P_a$ bolar.

Ýyllyk akym we howdanyň köpýyllyk düzüjisi sarp etmäniň a ýetmezçiliginiň üstüni dolduryp bilmeýän ýyllary, ýagny olarda $K_i + \beta_{ky} < a$ ýa-da $K_i < a - \beta_{ky}$ bolanda suw üpjünçiliginde bökdençligiň boljagy gümansyzdyr. Şeýle ýyllaryň bolmagynyň ähtimallygy (otnositel san) $S_1 = 1 - P_{a-\beta}$ deň bolar.

Eger-de ýyllar toparynda aşakdaky baglanyşyk bar bolsa

$$\alpha > K_i > \alpha - \beta_{ky},$$

onda olara şertli bökdençli ýa-da şübheli diýilýär. Şol toparyň her bir aýratyn alnan ýyly bökdençsiz bolar, ýöne öňki az suwly ýyllar bilen bilelikde utgaşdyrylyp alnanda bolsa, onuň bökdençli bolmagy mümkin. Eger-de hasaplanýan ýylyň öňündäki az suwly ýyl bolsa we howdan boşap, onda galan suw berlen ýylyň ýetmezçiliginiň $a - K$ üstüni ýetirip bilmeýse, şol ýyl hökman bökdençli bolýar. Eger-de öňki ýyl howdan şeýle bir gowzamadyk bolsa ýa-da doly bolsa, berlen ýylyň suw ýetmezçiliginiň üstüni doldurmaga suw ýeterlik bolsa, şeýle ýyl bökdençli bolmaz. Diýmek, şertli bökdençli (şübheli) ýyllaryň topary suw bilen üpjünlikli we üpjünlikli däl ýyllardan ybarat bolýar, olaryň sany $N_2 = P_{a-\beta} - P_a$.

Şol toparyň ýyllarynyň näçesiniň geçen öňki bir ýyl bilen bilelikde bökdençli boljakdygyny kesgitlemek üçin bir ýyly N_2 topardan we beýlekisi geçen bir ýyldan ybarat bolan iki ýylyň akymynyň ululyklarynyň üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar. Şol meseläni akymyň ýyllyk ululyklarynyň ilkinji üpjünlik egri çyzygyny (54-nji

suratdaky 1-nji egri çyzyk) edil şol egri çyzykdaky, $K = a$ -dan $K = a - \beta_{ky}$ çenli ordinatalaryň çäginäki kesimi goşmak ýoly bilen çözüýärler; şonuň bilen birlikde şol iň soňky egri çyzygyň absissalaryny $K = a$ bolanda nola deň we $K = a - \beta_{ky}$ bolanda bire deň diýip kabul edýärler.

Jemleme egri çyzygyň gurluş usuly barada ýokarda ýazyldy. Berlen ýagdaýda N_2 egri çyzygyň esasy m sany deň aralyklara bölýärler we aralyklaryň çäklerine laýyk gelýän K_i -iň ululyklaryny kesgitleýärler. Soňra $K_i + K_{i-1}$ (bu ýerde K_{i-1} – geçen ýylyň akymy) jemleriň birnäçe ululyklaryny kabul edip, seredilen usullaryň biri bilen şol jemiň üpjünligini P tapýarlar we netijede, akymyň iki ýyllyk ululyklarynyň üpjünlik egri çyzygyny alýarlar (54-nji suratyň 2-nji egri çyzygy).

Bir ýyly şertli bökdençli ýyllar toparyndan we ýene-de bir ýyly esasy hatardan alnan iki ýylyň akymyny $2a$ deň bolan iki ýyllyk sarp etme bilen deňeşdirip, iki ýyldaky bökdençligi ýüze çykarýarlar:

– bökdençsizler, haçan-da $K_i + K_{i-1} > 2a$ bolanda bolýar, olaryň sany bolsa $A_2 = P_{2a}$;

– şertsiz bökdençliler, haçan-da $K_i + K_{i-1} < 2a - \beta_{ky}$ bolanda bolýar, olaryň ähtimallygy (ýa-da sany) $S_2 = (1 - P_{2a-\beta})N_2$;

– şertli bökdençliler, haçan-da $2a > K_i + K_{i-1} > 2a - \beta_{ky}$ bolanda bolýar, olaryň ähtimallygy $N_3 = (P_{2a-\beta} - P_{2a})N_2$.

Tapylan şertsiz bökdençli ýyllaryň sany S_2 bökdençli döwrüň sany S_1 bilen birleşdirilýär, iki ýyllyk şertli bökdençli toparlary bolsa N_3 täzeden öwrenýärler, ony esasy hataryň geçen bir ýyly bilen bilelikde öwrenýärler. Onuň üçin ýyllyk akymyň üç ýyllyk ululyklarynyň üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar, onuň düzümine N_3 toparadan iki ýyl $K_i + K_{i-1}$ we esasy hatardan bir ýyl girýär. Netijede, şertsiz bökdençli üç ýyllygyň ähtimallygyny alýarlar. Soňra edil şeýle edip, dört ýyly, baş ýyly we ş.m. öwrenýärler. Akym bilen sarp etmäniň özara gatnaşygyny topar ýyllar boýunça umumy görnüşde şeýle ýazmak bolýar:

– bökdençsiz ýyllar $\sum_1^n K_i > na$;

– şertsiz bökdençli ýyllar $\sum_1^n K_i < na - \beta_{ky}$;

– şertli bökdençli ýyllar $na > \sum_1^n K_i > na - \beta_{ky}$.

Şertsiz bökdençli n – ýylyň ähtimallygy şeýle bolar:

$$S_n = (1 - P_{na-\beta})N_n; \quad (139)$$

şertli bökdençli ýyllaryň ähtimallygy bolsa:

$$N_{n+1} = (P_{na-\beta} - P_{na})N_n. \quad (140)$$

Bökdençli ýylyň başlanmagynyň doly ähtimallygy aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots, \quad (141)$$

howdandan suw sarp etmäniň üpjünligi bolsa aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$P_a = (1 - S) \cdot 100\%. \quad (142)$$

Ýyllaryň sanynyň artmagy bilen S_1 ululyklar çalt azalýar, şonuň üçin hem, adatça, hasaplama az sanly goşulyjylar bilen çäklendirilýär.

Şeýle usul ulanylanda jemi akymyň iki, üç we ş.m. ýyllyk üpjünlik egri çyzygy onuň hemme ýaýraňy üçin gurulmaýar, diňe hasaplamak üçin gerek bolan bölegi üçin gurulýar. Hususan-da, $K_i + K_{i-1}$ egri çyzygy $z_0 = 2a$ -dan $z_i = 2a - \beta_{ky}$ çenli çäkde gurýarlar, $K_i + K_{i-1} + K_{i-2}$ egri çyzygy $z_0 = 3a$ -dan $z_i = 3a - \beta_{ky}$ çenli çäkde we ş.m. Şertli bökdençli ýyllaryň üpjünlik egri çyzygynyň kese okuny 4-5 aralyga bölýärler, olaryň çägendäki egri çyzygyň bölegini göni çyzyk görnüşinde kabul edýärler. Hasaplamany tablisa görnüşinde (*21-nji tablisa*) tä sarp etmäniň üpjünliginiň ululygy durnukly bolýança dowam edýärler.

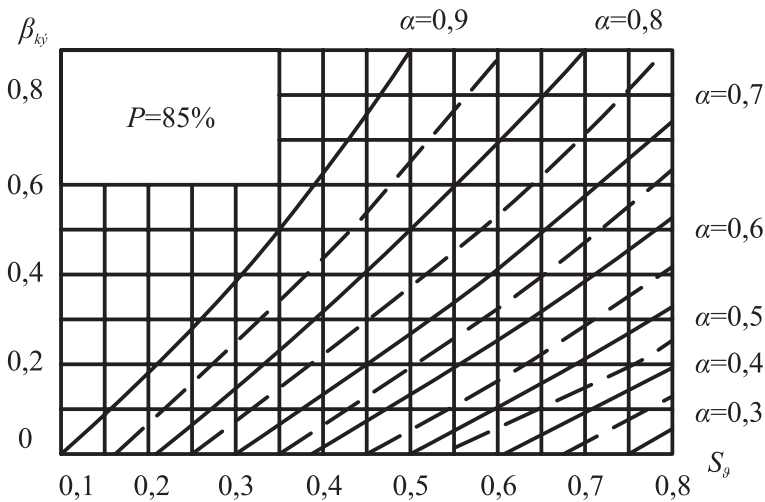
Eger-de sarp etmäniň alnan üpjünligi P_a berlen üpjünlige gabat gelmese, onda üýtgedilen α ýa-da β_{ky} bilen hasaplamany tä hasaplanan we berlen üpjünlikler biri-birine doly ýakynlaşýança dowam edýär.

Sarp etmäniň berlen üpjünligine doly laýyk gelýän göwrümi tapmak üçin ýokarda ýazylan üç-dört hasaplamany ýerine ýetirmeli bolýar.

S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usuly bilen akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamalary örän çylşyrymly. Şonuň üçin hem hasaplamalaryň göwrümini azaltmak maksady bilen şol usuly ýazanlar hasaplama grafikleri (nomogrammalary) işläp taýýarlamagy maslahat berýärler. Ol nomogrammalar akymy köpýyllyk sazlamagyň meselelerini çalt çözmäge mümkinçilik berýär. Şeýle grafikler ilkinji gezek 1939-njy ýylda Ý.F.Pleşkow tarapyndan guruldy. Grafiklerde 75, 80, 85, 90, 95 we 97 %-e deň bolan üpjünliklerde köpýyllyk düzüjiniň akymy sazlamagyň köpeldijisine α , ýyllyk akymyň durnuksyzlyk köpeldijisine S_g baglanyşyk berilýär. Ýokarky agzalan grafikler gurlanda, köplenç, iň köp ulanylýan $S_g = 2S_g$ gatnaşyk kabul edilýär, goňşy ýyllaryň akymynyň korrelýativ köpeldijisi bolsa $r = 0$ alynýar.

Mysal hökmünde 55-nji suratda Ý.F.Pleşkownyň grafikleriniň biri, $P = 85\%$ üpjünlik üçin getirilýär. Grafikleri ulanmak örän aňsat. Berlen üpjünlige P laýyk gelýän grafik saýlanyp alynýar we belli bolan S_g we α boýunça howdanyň gerek bolan köpýyllyk düzüjisiniň göwrümi β_{ky} tapylýar. Şeýdip, berlen göwrüm β_{ky} boýunça P üpjünlige laýyk gelýän sarp etme α -ny kesgitlemek mümkin. Eger-de berlen S_g , α we β_{ky} -da üpjünligiň görterimini tapmaly bolsa, onda P -niň dürli ululyklary üçin

birnäçe grafikden β_{ky} -y tapýarlar, $\beta_{ky} = f(p)$ baglanyşyk grafigini gurýarlar we onuň kömegi bilen berlen β_{ky} üçin laýyk boljak üpjünlik p -ni kesgitleýärler.



55-nji surat. $S_s = 2S_g$, $P = 85\%$, $r = 0$ bolanda howdanyň göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini kesgitlemek üçin Ý.F. Pleškowyň grafikleri

Howdanyň suw hojalyk hasaplamalarynda Ýa.F.Pleşkowyň düzen grafikleri S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usulyny giňden ulanylmaklyga getirdi.

Ýokarda bellenilişi ýaly, Ý.F. Pleškowyň grafikleri $C_s = 2C_g$ baglanyşyk we goňşy ýyllaryň akymynyň arasynda korrelýasiýa köpeldijisi $r = 0$ üçin düzülen. Ýöne suw hojalyk hasaplamalarynda $C_s \neq 2C_g$ (deň däl) bolýan ýagdaýlary hem seýrek bolmaýar, goňşy ýyllaryň akymynyň arasynda bolsa korrelýatiw baglanyşyk bolýar, ýagny $r > 0$. Şol sebäpli beýleki hasaplama ýagdaýlar üçin N.M.Miloslawskiniň, G.P.Iwanowyň, A.D.Sawerenskiniň we beýlekileriň grafiklerini ulanmak teklipl edildi. Häzirki döwürde G.G. Swanidzäniň, W.W. Zubarewiň, A.P. Şokiniň (2-nji goşmaça) umumylaşdyrylan grafikleri giňden ulanylýarlar, olar has köp faktorlaryň sanyny hasaba alýarlar we statistik barlag usuly (Monte Karlo) bilen ýyllyk akymyň ululyklaryny modelirlemek esasynda gurlan. Grafikler üpjünligiň aşaky ululyklary üçin düzülen: $p = 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97$ we 99% , durnuksyzlyk we deňdällik köpeldijileriň gatnaşygy $\frac{S_s}{S_g} = 1, 2, 4$ we goňşy ýyllaryň akymynyň ara-

syndaky korrelýasiýa köpeldijileri $r = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ bolan ýagdaýlar üçin.

$S_s = 2S_g$ we $r = 0$ bolanda bu çyzgylar Ý. F. Pleškowyň grafigine gabat gelýär.

S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usulynyň ulanylyşynyň mysaly hökmünde aşadaky hasaplamalary getirýäris. 21-nji tablisadaky hasaplamalar $\alpha = 0,80$, $\beta_{ky} = 0,30$, $S_g = 0,30$ we $S_s = 2S_g = 0,60$ ýagdaýlar üçin ýerine ýetirilen.

Sarp etmäniň üpjünligini hasaplamak

n	$n\alpha - \beta_{ky}$	$P_{na} - \beta_{ky}$	$n\alpha$	P_{na}	S_n	N_{n+1}
1	0,50	97,5	0,80	73,0	2,5	24,5
2	1,30	90,5	1,60	57,0	2,3	8,2
3	2,10	88,5	2,40	57,5	0,9	2,6
4	2,90	88,1	3,20	55,1	0,3	0,8

Tablisanyň birinji setirinde ($n = 1$) esasy üpjünlik egri çyzygyň (1) kömegi bilen $K = \alpha - \beta_{ky} = 0,50$ ($p = 97,5\%$) we $K = \alpha = 0,80$ ($p = 73\%$) aralygynda şertli bökdençli ýyllaryň zolagy bölünen; absolýut bökdençli ýyllaryň sany $S_1 = 100 - 97,5 = 2,5\%$ -de kesgitlenildi, şertli bökdençli ýyllaryň sany bolsa $N_2 = 97,5 - 73,0 = 24,5\%$. Kese okuň $P = 73$, 0-dan $P = 97,5$ -e çenli bölegi 5 sany deň aralyga bölünen we ýokarda beýan edilen usul bilen esasy hataryň islendik ýylyny öz içine alýan şol aralygyň ýyllarynyň jeminiň üpjünlik egri çyzygy (54-nji suratyň 2-nji çyzygy) gurlan (bu ýerde hasaplamalar getirilmeyär). Şol egri çyzykda $K = 2\alpha - \beta_{ky} = 1,30$ -dan $K = 2\alpha = 1,60$ -a çenli $90,5\%$ -den 57% -e çenli üpjünlikli zolak bölünen; absolýut bökdençli döwrüň dowamlylygyny alýarys: $100 - 90,5\% = 9,5\%$, ýöne ol döwre diňe öňki egri çyzygyň şertli bökdençli ýyllarynyň biri bilen gutarýan ikiýyllyklar girýär; ikiýyllyklaryň umumy dowamlylykdan görterimi bolsa $24,5\%$ bolýar, şonuň üçin hem şertsiz bökdençli ikiýyllyklaryň gutarnykly dowamlylygy ikinji egri çyzykda umumy dowamlylykdan $0,095 \cdot 0,245 = 0,023$ ýa-da $2,3\%$ bolar. Edil şeýle şertli bökdençli ikiýyllyklaryň dowamlylygy ($90,5 - 57,0$) $0,245 = 8,2\%$ bolar.

Indi bolsa 2-nji egri çyzygyň bölünen zolagyny 4 sany deň aralyklara bölýäris, şol zolagyň ikiýyllyklarynyň we esasy döwrüň ýyllarynyň jemleriniň üpjünlik egri çyzygyny (3) tapýarys, şol egri çyzykda $K = 3\alpha - \beta_{ky}$ we $K = 3\alpha$ -nyň arasyndaky zolagy bölýäris we şertsiz bökdençli üçýyllyklaryň $S_3 = 0,9\%$ we şertli bökdençli $N_3 = 2,6\%$ görterimlerini tapýarys; edil şeýle edip dörtýyllyklaryň üpjünlik egri çyzygyny (4) gurýarys we $S_4 = 0,3\%$ hem-de $N_5 = 0,8\%$ -i tapýarys. Soňky S -leriň örän kiçi boljakdygynyň görünüp durýanlygy sebäpli, s -leri jemleýäris:

$$S = 2,5 + 2,3 + 0,9 + 0,3 = 6,0\%.$$

Ýalňyşlyk, (4)-nji egri çyzyk boýunça şertli bökdençli dörtýyllyklaryň göteriminden köp bolup bilmez we örän kiçi bolmagy mümkin, şonuň üçin hem ony hasaba almasaň hem bolar. Howdanyň bökdençsiz işiniň üpjünligini $\beta_{ky} = 0,30$, $\alpha = 0,8$, $S_g = 0,30$ we $S_s = 0,6$ bolanda gutarnykly 94% kabul etmek bolar.

8.6.3. M.W.Potapowýň usuly bilen esasy suw hojalyk görkezijileriniň üpjünligini hasaplamak

Ýokarda biz dürli üpjünlik p üçin gurlan $\beta = f(a)$ egri çyzyklar toplumynyň, berlen derýany onuň dürli sazlanýş derejesinde ulanyp boljaklygy barada doly düşünje berýändigini gördük (S_g we S_s berlen bolsa).

Eger-de howdanyň göwrümi hem bellenen bolsa, onda eýýäm suw hojalyk ulgamyň esasy görkezijileri, ýagny taslama boýunça sarp etmäniň ölçegi we onuň üpjünliginiň göterimi kesgitlenen bolýar. Ýöne taslama, adatça, şol iki esasy görkezijilerden başga-da ulgamyň işini jikme-jik häsiýetlendirmeli bolýar. Onuň üçin taslamada ulgamyň ýene-de käbir görkezijileri aýdyňlaşdyrylmaly. Olaryň has zerurlary aşakdaky görkezijilerdir:

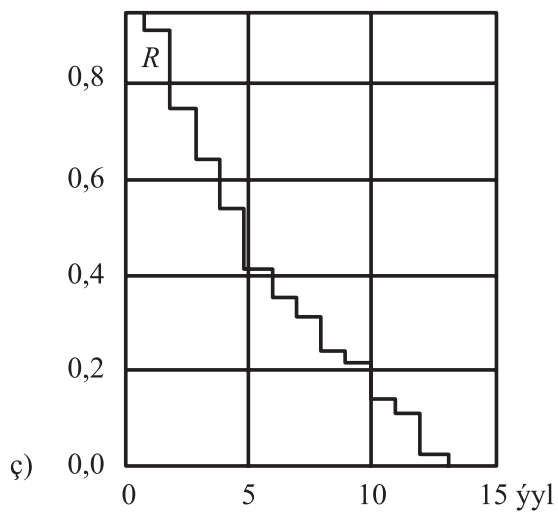
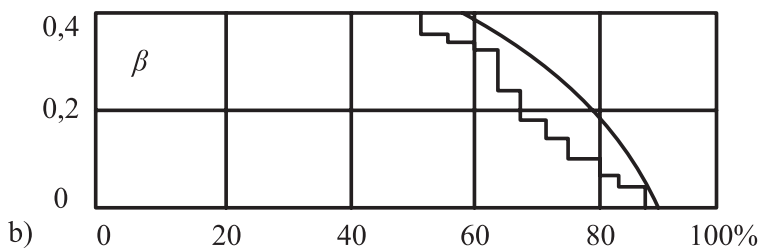
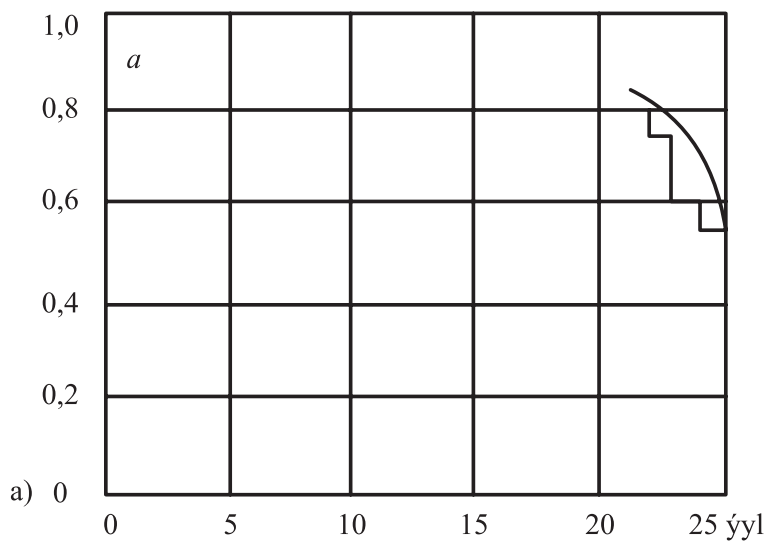
- a) dürli ululykly sarp etmäniň üpjünligi;
- b) howdanyň dürli doldurylmalarynyň üpjünligi;
- ç) howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň paýlanyşy.

Şol görkezijiler ulgam belli bir anyk gidrologik hatar, şeýle hem umumylaşdyrylan statistik häsiýetlendirijiler boýunça hasaplananda kesgitlenip bilner. Sanaly geçilen görkezijileriň mazmunyny we olary kesgitlemegiň usulnamasyny anyk gidrologik hatary ulanmakdan başlap, anyk sanly mysalda görkezeris.

Hasaplamalarda (ýitgini we akymyň hem-de sarp etmäniň pasyllyk üýtgäp durmagyny hasaba alman) akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň işi we brutto sarp etmesi bilen çäkleneris.

22-nji tablisada 25 ýyllyk döwrüň anyk akymy üçin (onuň moduly 22-nji tablisanyň 1-nji sütünine ýazylan) sarp etmäniň tablisa görnüşindäki hasaplamasy, howdanyň işleýşiniň we suwy aşaky býefe akdyrmagyň gafigi getirilen. Hasaplama-da aşakdaky ululyklar kabul edilen: howdanyň göwrümi $\beta = 0,40$, doly sarp etme $\alpha = 0,80$; hasaplama döwrüň başynda howdanyň doly bolmagy göz önünde tutulýar.

Hasaplamalaryň maglumatlaryny üpjünligiň tejribe grafikleri görnüşinde 56-njy çyzga geçirýäris, her bir çyzgynyň kese oky boýunça hasaplama döwrüniň dowamlylygyny – 25 ýyly goýýarys; şol bir wagtda her bir görkezijiniň dowamlylygyny, üpjünligini ulgamyň işleýşiniň umumy wagtyndan göterimde aňlatmak üçin ol oky 100 bölege bölýäris.



56-njy surat. Suw hojalyk görkezijileriň üpjünlik grafikleri:
a – sarp etmäniňki, b – howdany doldurmagynyňky, ç – suwy aşaky býeşe akdyrmanyňky

22-nji tablisa

N_2	k	β	q	R	N_2	k	β	q	R
		0,40					0,14		
1	0,94		0,80	0,14	14	0,41		0,55	–
		0,40					0		
2	1,44		0,80	0,64	15	0,60		0,60	–
		0,40					0		
3	0,91		0,80	0,11	16	0,87		0,80	–
		0,40					0,07		
4	1,71		0,80	0,91	17	0,68		0,75	–
		0,40					0		
5	1,04		0,80	0,24	18	0,98		0,80	–
		0,40					0,18		
6	1,15		0,80	0,35	19	0,72		0,80	–
		0,40					0,10		
7	1,55		0,80	0,75	20	2,04		0,80	0,94
		0,40					0,40		
8	0,82		0,80	0,02	21	1,34		0,80	0,54
		0,40					0,40		
9	1,21		0,80	0,41	22	0,76		0,80	–
		0,40					0,36		
10	0,64		0,80	–	23	0,79		0,80	–
		0,24					0,35		
11	1,27		0,80	0,31	24	0,49		0,80	–
		0,40					0,04		
12	1,01		0,80	0,21	25	1,09		0,80	–
		0,40					0,33		
13	0,54		0,80	–				0,80	–
		0,14							

56-njy a çyzga dürli ölçegli sarp etmäniň üpjünlik grafigini geçirýäris. Bütün 25 ýylyň döwründen biz şeýle sarp etmeli bolýarys: 0,55 – 1 ýyl, 0,60 – 1 ýyl, 0,75 – 1 ýyl we 0,80 – hemme galan 22 ýyl ýa-da bütün döwürden 88 %-i. Eger-de çyzgynyň başgançakly çyzygy birsydyrgyn egri çyzyk bilen çalşylsa (ýyl sany köp bolsa, bu kyn bolmaýar), onda ol bize sarp etmäniň we üpjünligiň ululyklarynyň arasyndaky baglanyşygy berýär. Şol maglumatlar ulgamda nähili tiz-tizden we haýsy ölçegde

suw ýetmezçiligiň boljakdygyna baha bermäge mümkinçilik berýär. Basgançakly egri çyzygyň we kese okuň arasyndaky meýdan 25 ýyllyk sarp etmäniň jemini berýär, ol meýdanyň ortaça ordinatasy bolsa, ortaça akymdan bölek görnüşinde sarp etmäni berýär; biziň mysalymyzda ol akymdan bölek $\frac{19,5}{25} = 0,78$ ýa-da hasaplama sarp etmeden $\frac{0,78}{0,80}100 = 97,5\%$ bolýar. Basgançakly çyzykdan ýokarda ýerleşen meýdan, suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdaryny berýär.

56-njy b çyzgy howdanyň dürli doldurylmasyň üpjünliginiň gafigini berýär. Tablisadan görnüşi ýaly, howdan 25 ýylyň 22 ýyly haýsy hem bolsa belli bir göwrümli doldurylgy bolupdyr we 3 ýylyň dowamynda boş bolupdyr (ýylyň ahyrynda); şol maglumatlar kese oka goýlan. Soňra 0,04 göwrüm 1 ýylyň dowamynda howdanda galýar, 0,07 göwrüm hem 1 ýylyň dowamynda galýar we ş.m. Doly howdan (0,40) 13 ýylyň dowamynda ýa-da umumy wagtyň 52 %-de saklanýar. Şol maglumatlar boýunça 56-njy b surata basgançakly grafik geçirilen, ol howdanyň haýsy hem bolsa bir göwürme çenli doldurylmagynyň dowamlylygyny (ýyllarda ýa-da umumy wagtyň göterimi görnüşinde) berýär. Şeýle grafik howdandan bolýan suw ýitgilerini hasaba almak, suwuň ortaça möçberini we onuň üýtgäp durmagyny (bendiň ýanynda gidroelektrostansiýa bar bolsa) kesgitlemek we beýleki hasaplamalar üçin amatly hyzmat edip biler.

Galyberse-de, edil şeýle edilip 56-njy ç çyzga 22-nji tablisanyň üçünji sütüniň maglumatlary boýunça howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň üpjünliginiň grafigi geçirilen. Ol akym sazlanandan we suwuň belli bir bölegi alnandan soň, derýada galan suwuň üpjünlik grafigini berýär we ony aşakda ýerleşen ulgamlaryň hem-de desgalaryň taslamasy düzülende ulanmak bolýar. Şol grafigiň meýdanynyň 56-njy a suratyň grafiginiň ýokarky böleginiň meýdanyna, takmynan, deň boljakdygy görnüp dur, onuň tapawudy hasaplama döwrüniň başynda we ahyrynda howdandaky suwuň göwürümleriniň tapawudy bilen kesgitlenilýär.

Edil şeýle grafikler akymyň umumylaşdyrylan statistik häsiýetlendirijileriniň kömegi bilen hem gurlup bilner. Goý, $\alpha = 0,80$, $\beta = 0,40$ we $S_g = 0,39$ bol-sun; β_{ky} -ni S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usuly boýunça hasaplamak üçin Ý.F.Pleškowyň grafiklerini ulanýarys.

Her bir grafikde üpjünligiň göterimini kesgitlemek üçin berlen S_j we β -niň ululyklaryna laýyk gelýän α -nyň ululygyny tapmak bolýar.

Biziň maglumatlarymyz ($S_j = 0,39$, $\beta = 0,40$) üçin tapýarys:

$P = 97\%$ ýa-da $T = 24,25$ ýyl bolanda $\alpha = 0,69$;

$P = 95\%$ ýa-da $T = 23,75$ ýyl bolanda $\alpha = 0,74$;

$P = 90\%$ ýa-da $T = 22,50$ ýyl bolanda $\alpha = 0,80$;

$P = 85\%$ ýa-da $T = 21,25$ ýyl bolanda $\alpha = 0,84$.

Bu sanlar berlen şertlerde dürli sarp etmäniň nähili üpjün edilýändigini görkezýär: diýmek, olar biziň soragymyza göni jogap berýärler. Olary 56-njy a suratyň grafisine geçirip, alnan nokatlary birsydyrgyn çyzyk bilen birleşdirýäris we sarp etmäniň dürli ululykly üpjünlik egri çyzygyny alýarys. Şol egri çyzygyň we basgançakly çyzygyň arasyndaky gabat gelmezligi, bir tarapdan, akymyň berlen hatarynyň özboluşly häsiýetiniň barlygy, beýleki tarapdan bolsa iki hasaplama usullaryň tapawutly bolmagy bilen düşündirmek bolar.

56-njy suratyň b grafisini (howdanyň dürli doldurylmasynyň üpjünligini) gurmak üçin şeýle pikir edýäris. Sarp etme, hasaplama sarp etmeden diňe howdan boşanda pese düşer: diýmek, howdanyň boş durýan döwri sarp etmäniň hasaplama sarp etmeden pese düşen döwrüne gabat gelýär. $S_g = 0,39$, $\beta = 0,40$ üçin biz Ý.F.Pleşkowyň grafikleri boýunça $P = 90\%$ bolanda $\alpha = 0,80$ -i tapýarys (köpýyllyk hatar boýunça biz $P = 88\%$ -den ýokary alýarys, ýagny tas doly gabat gelmek); diýmek, howdanyň doldurylmagynyň > 0 dowamlylygy 90% ýa-da 22,5 ýyl bolar.

Indi haýsy hem bolsa howdanyň bir doldurylmasyna $\beta' < \beta$ seredip görelin we şol doldurylmanyň üpjünligini tapalyň. Eger-de howdandaky suwuň göwrümi 0-dan $\beta - \beta'$ çenli üýtgeýän bolsa, onda $\beta - \beta'$ göwrümlü howdanyň boldugyny aňladýar; şol göwrümi bilip, sarp etmäni α sazlaýan üpjünligiň görimini tapmak bolýar, diýmek, göz önüne getirýän howdanymyzyň boş durmagynyň ($\beta - \beta' \geq 0$) dowamlylygyny hem kesgitlemek bolýar, ol bolsa howdanda β' ýa-da ondan hem köp göwrümiň bolmagynyň dowamlylygy bolar. Şeýle üpjünligi β ululygy kabul edip we α -ny hem-de S_g -ni bilip, $\beta = f(\alpha, p, S_g)$ grafikler boýunça tapýarys. Biz mysalymyzda interpolýasiýa (we ekstropolýasiýa) edip, Ý.F.Pleşkowyň grafikleri boýunça tapýarys:

$\beta' = 0,10$ ýa-da $\beta - \beta' = 0,30$ bolanda, $P = 85\%$ ýa-da 21,25 ýyl;

$\beta' = 0,20$ ýa-da $\beta - \beta' = 0,20$ bolanda, $P = 80\%$ ýa-da 20 ýyl;

$\beta' = 0,30$ ýa-da $\beta - \beta' = 0,10$ bolanda, $P = 72\%$ ýa-da 18 ýyl;

$\beta' = 0,40$ ýa-da $\beta - \beta' = 0$ bolanda, $P = 58\%$ ýa-da 14,5 ýyl.

Şu maglumatlar boýunça 56-njy b suratda birsydyrgyn egri çyzyk guruldy. Eger-de hasaplamanyň dürli usullarda ýerine ýetirilýändigini göz önünde tutsaň, ol tejribe grafik bilen kanagatlanarly gabatlaşýar.

3-nji häsiýetlendirijini (aşaky býefe akdyrylýan suwuň üpjünlik egri çyzygyny) gurmak örän çylşyrymly. Howdandan suwuň aşaky býefe akdyrylmagy her gezek ýyllyk akym sarp etmeden we howdandaky erkin göwrümiň jeminden köp bolanda suwy aşaky býefe akdyrmagyň ululygy R aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$R = K - a - (\beta_0 - \beta), \quad (143)$$

bu ýerde K – ýyllyk akym, a – hasaplama sarp etme, β_0 we β – laýyklykda howdandaky hasaplama we hakyky göwrümler.

Şol ululyklaryň hemmesi K , α we $\beta_0 - \beta$ üýtgäp durýan ululyklardyr, olar paýlanyşyň (üpjünligiň) belli bir kanunyna tabyndyrlar. Şonuň üçin hem üpjünçilik egri çyzygyny R -i almak üçin, üç sany aýratyn üpjünlik egri çyzyklary goşmaly; uly ýalňyssyzlyk bilen sarp etme α -ny üýtgemeyän ululyk görnüşinde kabul etmek bolýar, onda diňe iki egri çyzyklary goşmak galýar. Şeýle goşmagyň hasaplanyş tertibi (S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň ikinji usuly) ýokarda ýazylan.

Ýokarda ýazylan bruttonyň häsiýetlendirijilerinden başga-da nettonyň hem ýokarka meňzeş häsiýetlendirijilerini gurmak bolýar, ýöne ol ýerde hasaplamalara ýitgini hem-de akymyň we sarp etmäniň pasyllyk üýtgäp durmagyny hasaba alyp, düzediş girizmeli; soňkular howdanyň hakyky takyk işini häsiýetlendirerler. Şeýle häsiýetlendirijileri gurmagyň usuly aýratyn düşündiriş talap etmeýär.

8.6.4. A.D.Sawarenskiniň ähtimal wariantlar usuly

A.D.Sawarenskiý tarapyndan 1940-njy ýylda hödürlenen ähtimal wariantlar usuly (oňa howdany doldurmagyň üpjünlik egri çyzyklar usuly hem diýilýär) häzirki döwürde akymy sazlamagy hasaplamagyň umumylaşdyrylan usullarynyň içinde möhüm orny eýeleýär. Ol usul diňe bir howdanyň kepillendirilen sarp etmesini kesgitlemäge mümkinçilik bermän, eýsem akymy sazlamagyň beýleki netijelerini (howdany doldurmagyň üpjünligini we göwrümini, artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagy we ş.m.) kesgitlemäge mümkinçilik berýär. A.D.Sawarenskiniň bu usuly şeýle hem howdanyň işleýiş şertlerini aýdyňlaşdyrmaga, howdanyň ilkinji doldurylyp başlanýan döwründe (birinji, ikinji we soňky işleýän ýyllary) ony gurmagyň we ulanmagyň döwürlerini dogry bellemäge mümkinçilik berýär.

Usulyň manysy şundan ybarat. Belli bir wagt aralygynyň ahyrynda howdanyň doldurylmagy, şol aralygyň başyndaky doldurylmagyň jeminiň üstüne gelýän akymy goşmaga deň diýilýän düşünjeden ugur alyp, ol aralyklaryň ahyrynda howdanyň doldurylmagyny seljerýärler. Eger-de gelýän akym üpjünlik egri çyzyk görnüşinde berlen bolsa, onda howdanyň doldurylmagy hem kabul edilýär we laýyk üpjünlik egri çyzyklar görnüşinde alynýar.

Üpjünlik egri çyzyklaryny goşmagyň belli usullaryny we doly ähtimallygyň aňlatmasyny ulanyp, bir aralykdan (ýyldan ýa-da pasyldan) beýleki aralyga çenli yzygiderli gurluşlary ýerine ýetirip, howdany doldurmagyň, sarp etmäniň we artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertsiz üpjünlik egri çyzyklaryny alýarlar. Hasaplamany gutarmagyň görkezijisi bolup, howdany doldurmagyň üpjünlik egri çyzygynyň görnüşiniň durnuklylygy hyzmat edýär.

Ähtimallyk wariantlar usulyny ulanyp, akymy köpýyllyk sazlamagyň meselesine seredip görelin. Hasaplama anyk mysal görnüşinde alnyp barylýar.

Goý, aşakdaky maglumatlar berlen bolsun: ýyllyk akymyň statistik häsiýetlendirijileri bolan durnuksyzlyk köpeldiji S_θ , deň dällik köpeldiji S_s , goňşy ýyllaryň

akymalarynyň arasyndaky korrelýasiýa (arabaglanyşyk) köpeldijisi r we ýyllyk akymyň köpýýlyk ortaça ululygy W_0 ; akymy sazlamagyň köpeldijisi α bilen häsiýetlendirilýän ýyllyk sarp etme; howdanyň göwrüminiň köpýýlyk düzüjisi β_{ky} .

Kepillendirilen sarp etme α üçin howdanyň üznüksiz işiniň üpjünligini tapmak, şeýle hem howdany doldurmagyň, sarp etmäniň we artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny gurmak talap edilýär.

Hasaplama birnäçe tapgyrda aşakdaky tertipde ýerine ýetirilýär.

Berlen häsiýetlendirijiler S_θ we S_s boýunça ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar (57-nji surat). $K_p = f(S_\theta, S_s, P)$ üpjünlik egri çyzygynyň ordinalalaryny S.I.Rybkinýň ýa-da S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň tablisalaryny ulanyp tapýarlar (23-nji tablisa). Edil şol çyzygyda a -nyň ordinatasyna laýyk gelýän ($\alpha' - \alpha'$ çyzyk) we $\alpha + \beta_{ky}$ ($\alpha - \alpha$ çyzyk) kese çyzyklary geçirýärler. Sarp etme çyzygyň ($\alpha' - \alpha'$), ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygy $K_p = f(P)$ bilen kesişýän nokady, akym sazlanmadyk ýagdaýda meýilleşdirilýän sarp etmäniň üpjünligine laýyk gelýär.

23-nji tablisa

Ýyllyk akymyň nazaryýet we şertli üpjünlik egri çyzyklarynyň ordinalary

P	K_p	$K_p + \frac{\beta_{ky}}{2}$	$K_p + \beta_{ky}$	P	K_p	$K_p + \frac{\beta_{ky}}{2}$	$K_p + \beta_{ky}$
0,005	3,488	3,728	3,968	0,50	0,856	1,096	1,336
0,01	3,130	3,370	3,610	0,60	0,714	0,954	1,194
0,03	2,546	2,786	3,026	0,70	0,578	0,818	1,058
0,05	2,276	2,516	2,756	0,75	0,518	0,758	0,998
0,10	1,888	2,128	2,368	0,80	0,448	0,688	0,928
0,20	1,470	1,710	1,950	0,90	0,302	0,542	0,782
0,25	1,328	1,568	1,808	0,95	0,208	0,448	0,688
0,30	1,216	1,456	1,696	0,97	0,164	0,404	0,644
0,40	1,018	1,258	1,498	0,99	0,100	0,340	0,580

Bellik: $W_0 = 1128 \text{ mln } m^3$, $\alpha = 0,70$, $S_\theta = 0,66$, $S_s = 2 S_\theta$, $P_a = 85\%$, $\beta_{ky} = 0,48$.

Az suwly ýylda sarp etme diňe üstümizdäki ýylyň akymynyň hasabyna amala aşyrylman, ýylyň başynda howdanda saklanýan suwy β_{bi} hem hasaba alýar.

Howdanyň başlangyç doldurylmasynyň $\beta_{bi} = 0$ -dan $\beta_b = \beta_{ky}$ çenli özgermegi mümkin (berlen mysalda hemişelik göwrümi we göwrümiň pasylylyk düzüjisi ha-saba almayarsy). Başlangyç doldurmanyň bolup biljek aralygyny birnäçe hasapla-ma toparlara (aralyklara) bölýärler. Adatça, başlangyç doldurmanyň 5-8 toparlary-ny kabul edýärler; toparlaryň sanyny köpeltseň, hasaplamanýň takyklygy artýar, ýöne hasaplamalary çylşyrymlaşdyrýar. Ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygynyň ordinatalarynyň üstüne kabul edilen başlangyç doldurmalary $\beta_{b1}, \beta_{b2}, \dots, \beta_{bi}$ goşup, ha-saplama başlangyç doldurmanyň sany boýunça bar bolan suw ätiýaçlyklaryň üpjün-lik egri çyzyklaryny alýarsy: $K_p + \beta_{b1} = f(p)$, $K_p + \beta_{b2} = f(p)$, ..., $K_p + \beta_{bi} = f(p)$.

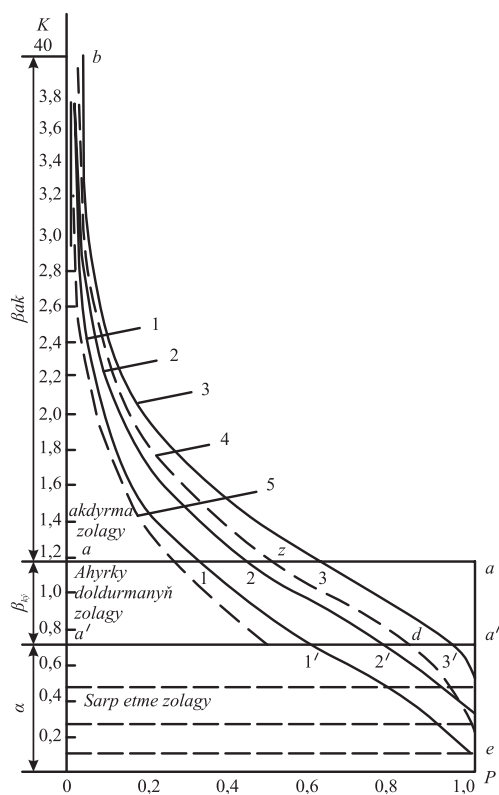
Şol egri çyzyklara şertli üpjünligiň egri çyzyklary diýilýär, sebäbi olar howda-nyň berlen başlangyç doldurmasy bilen baglanyşykly. Seredilýän mysalda howda-nyň başlangyç doldurmasynyň üç ($i=3$) topary kabul edilen: $\beta_{b1} = 0$; $\beta_{b2} = \beta_{ky}/2$ we $\beta_{b3} = \beta_{ky}$ (23-nji tablisa we 57-nji surata seret).

Bar bolan suw serişdeleriniň şertli üpjünlik egri çyzyklaryny α ordinatalara laýyk gelýän ($\alpha' - \alpha'$ çyzyk) we $\alpha + \beta_{ky}$ ($\alpha - \alpha$ çyzyk) kese çyzyklar bilen üç zolaga bölýärler

(57-nji surat): sarp etme zolagy, aşakda kese ok bilen, ýokarda bolsa $\alpha' - \alpha'$ sarp etmä-niň çyzygy bilen çäklendirilen; ahyrky dol-durmanyň zolagy, sarp etme çyzygynyň we $\alpha + \beta_{ky}$ -niň aralygy bilen çäklendirilen; suwy aşaky býefe akdyrmagyň zolagy $\alpha + \beta_{ky}$ çy-zykdan ýokarda ýerleşýär.

Bar bolan suw serişdeleriň şertli üpjünlik egri çyzyklaryny meýilleşdirilen sarp etme bilen deňeşdirme, sarp etmäniň üpjünliginiň howdanyň başlangyç doldu-rylmasyna baglydygyny görkezýär. Başlan-gyç doldurmanyň köpelmegi bilen sarp etmäniň üpjünligi ýokarlanýar. Howdanyň uzak wagtlap ulanylýan şertlerinde aky-myň, howdanyň we sarp etmäniň berlen pa-rametrlerinde, sarp etmäniň üpjünligi kabul edilen başlangyç doldurma bagly bolmaýar. Sarp etmäniň ýeke-täk bolup biljek üpjünli-gini, başlangyç doldurmalary berlen ahyrky doldurmalaryň birnäçe şertli egri çyzykla-ryndan ybarat bolan (ikinci zolak) çyzgy esasynda doly ähtimallygyň aňlatmasyny ulanyp anyklaýarlar.

Ahyrky doldurma, ýagny wagtlap araly-gynyň (ýylyň) ahyrynda howdandaky su-



57-nji surat. Sarp etmäniň, ahyrky doldurmanyň, suwy aşaky býefe akdyrmagyň we sazlanan akymyň (5) şertli (1, 2, 3) we şertsiz (4) üpjünlik egri çyzyklary

wuň ätiýaçlygy $\beta_a = 0$ -dan $\beta_a = \beta_{k_i}$ çenli üýtgeýär. Şol üýtgemäniň bütin gerimini β_a birnäçe aralyklara bölýärler, aralyklaryň araçägini we sanyny başlangyç doldurmanyňky ýaly kabul edýärler, ýagny $j = i$ (mysalda $j = i = 3$); birinji aralyk $0 - 0$, ikinji $0 - \beta_{k_i}$, üçünji $\beta_{k_i} - \beta_{k_i}$.

Ahyrky doldurmanyň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny, onuň ordinatalaryny yzygiderli ýakynlaşma ýoly bilen hasaplap, aşakdaky doly ähtimallyk aňlatmasy boýunça gurýarlar:

$$p = (\beta_{aj})_n = \sum_{i=1}^n p(\beta_{bi})_n p(\beta_{aj})_y, \quad (144)$$

bu ýerde $p(\beta_{aj})_n$ – n -nji ýylyň ahyrynda, ahyrky doldurmalaryň j -nji aralygynyň doly ähtimallygy; $p(\beta_{bj})_n$ – n -nji ýylda j -nji başlangyç doldurmanyň şertsiz (doly) ähtimallygy; $p(\beta_{aj})_y$ – ahyrky doldurmalaryň j -nji aralygynyň şertli ähtimallygy.

Hasaplamaný howdany ulanmagyň birinji ýylyndan başlap 24-nji tablisa görnüşinde ýerine ýetirýärler. Tablisanyň 2-nji sütünine başlangyç doldurmanyň β_{bi} -laýyk ululyklary ýazylýar (mysalda laýyklykda: $\beta_{b1} = 0$; $\beta_{b2} = 0,24$; $\beta_{b3} = 0,48$), 4, 5 we 6-njy sütünlere bolsa (olaryň san belgileriniň üstünden) ahyrky doldurmalaryň aralyklarynyň ululyklary β_{aj} (mysalda: $0-0$; $0-0,48$; $0,48-0,48$) ýazylýar.

Howdany ulanmagyň 1-nji ýyly üçin i -nji başlangyç doldurmanyň şertsiz ähtimallygynyň $p(\beta_{bi})$ islendik ululygyny, elbetde, biriň çäginde kabul etmek bolýar. Adatça, hemme toparlar üçin ol ähtimallyklary, takmynan, birmeňzeş kabul edýärler, olaryň jemi bire deň bolmaly, ýagny $\sum_1^i p(\beta_{bi}) = 1$ (mysalda: 3-nji sütün, laýyklykda: $p(\beta_{b1}) = 0,33$; $0,33$ we $0,34$).

Ahyrky doldurmalaryň şertli ähtimallyklaryny, ahyrky doldurmalaryň şertli üpjünlik egri çyzyklary boýunça başlangyç doldurmalaryň her bir topary üçin kesgitleýärler:

$$p(\beta_{aj})_y = p_j - p_{j-1}, \quad (145)$$

bu ýerde p_j we p_{j-1} – ahyrky doldurmalaryň aralygynyň aşaky we ýokarky araçäkleriniň üpjünligi.

Alnan $p(\beta_{aj})_y$ ululyklar howdany doldurmanyň laýyk toparlary üçin 4, 5, 6-njy sütünleriň (24-nji tablisa) ýokarky ýarymyna (çyzygyň üstüne) ýazylýar.

Oňa mysalda seredip göreliň (57-nji surat, 24-nji tablisa).

Başlangyç doldurmanyň birinji topary üçin, ýagny $\beta_{b1} = 0$ bolanda (1-nji egri çyzyk), bellenen aralyklara laýyk gelýän ahyrky doldurmalaryň şertli ähtimallyklary aşakdaky ululyklara eýe bolýar:

– $0-0$ aralyk üçin $p(\beta_{a1})_y = p_j - p_{j-1} = 1 - 0,62$;

– $0-0,48$ aralyk üçin $p(\beta_{a2})_y = 0,62 - 0,32$;

– $0,48-0,48$ aralyk üçin $p(\beta_{a3})_y = 0,32 - 0$.

Başlangyç doldurmalaryň ikinji topary üçin ($\beta_{b3} = \beta_{k_i} / 2 = 0,24$, 2-nji egri çyzyk):

– 0-0 aralyk üçin $p(\beta_{a1})_y = p_j - p_{j-1} = 1 - 0,79$;

– 0-0,48 aralyk üçin $p(\beta_{a2})_y = 0,79 - 0,44$;

– 0,48-0,48 aralyk üçin $p(\beta_{a3})_y = 0,44 - 0$.

Başlangyç doldurmalaryň üçünji topary üçin ($\beta_{b3} = \beta_{ky} = 0,48$, 3-nji egri çyzyk):

– 0-0 aralyk üçin $p(\beta_{a1})_y = 1 - 0,96$;

– 0-0,48 aralyk üçin $p(\beta_{a2})_y = 0,96 - 0,62$;

– 0,48-0,48 aralyk üçin $p(\beta_{a3})_y = 0,62 - 0$.

Laýyk toparyň başlangyç doldurmasynyň şertsiz ähtimallygyny $p(\beta_{bi})$ her bir aralygyň ahyrky doldurmasynyň şertli ähtimallygyna $p(\beta_{aj})_y$ köpeldip, aralyklar boýunça ahyrky doldurmalaryň ähtimallygy tapylýar β_a :

$$P(\beta_{a, i, j})_n = P(\beta_{aj})_y P(\beta_{bi})_n.$$

Başlangyç doldurmalaryň her bir topary üçin alnan aýratyn ähtimallyklaryň ululyklaryny 24-nji tablisanyň 4, 5, 6-njy sütünlerine (çyzygyň aşagyna) ýazýarlar. Başlangyç doldurmanyň hasaplanyp alnan islendik ululygy üçin ahyrky doldurmalaryň hemme aralyklarynyň aýratyn ähtimallyklarynyň jemi başlangyç doldurmanyň kabul edilen şertsiz ähtimallygyna deň bolmaly $P(\beta_{bi})_n$ (24-nji tablisanyň 7-nji sütünine seret).

24-nji tablica

Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň ahyrky doldurmalarynyň doly ähtimallyklaryny hasaplamak

Döwürler	Başlangyç doldurma we onuň ähtimallygy		Ahyrky doldurmalaryň aralyklar j boýunça şertli, hususy we doly ähtimallyklary			Başlangyç doldurmalaryň doly ähtimallygy
	β_{bi}	$P(\beta_{bi})$	0-0	0-0,48	0,48-0,48	$P(\beta_{bi})$
1	2	3	4	5	6	7
1-nji ýyl	0	0,33	$\frac{1-0,62}{0,1254}$	$\frac{0,62-0,32}{0,099}$	$\frac{0,32-0}{0,1056}$	0,33
	0,24	0,33	$\frac{1-0,79}{0,0693}$	$\frac{0,79-0,44}{0,1155}$	$\frac{0,44-0}{0,1452}$	0,33
	0,48	0,33	$\frac{1-0,96}{0,0136}$	$\frac{0,96-0,62}{0,1156}$	$\frac{0,62-0}{0,2108}$	0,34
Ahyrky doldurmalaryň kabul edilen doly ähtimallygy $P(\beta_{aj})_1$			0,2083	0,3301	0,4616	1

24-nji tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5	6	7
2-nji ýyl	0	0,21	$\frac{0,38}{0,0798}$	$\frac{0,30}{0,063}$	$\frac{0,32}{0,0672}$	0,21
	0,24	0,33	$\frac{0,21}{0,0693}$	$\frac{0,35}{0,1155}$	$\frac{0,44}{0,1452}$	0,33
	0,48	0,46	$\frac{0,04}{0,0184}$	$\frac{0,34}{0,1564}$	$\frac{0,62}{0,2852}$	0,46
Ahyrky doldurmalaryň kabul edilen doly ähti- mallygy $P(\beta_{aj})_2$			0,1675	0,3349	0,4976	1
3-nji ýyl	0	0,17	$\frac{0,38}{0,0646}$	$\frac{0,30}{0,051}$	$\frac{0,32}{0,0544}$	0,17
	0,24	0,33	$\frac{0,21}{0,0693}$	$\frac{0,35}{0,1155}$	$\frac{0,44}{0,1452}$	0,33
	0,48	0,50	$\frac{0,04}{0,02}$	$\frac{0,34}{0,17}$	$\frac{0,62}{0,31}$	0,50
Ahyrky doldurmalaryň kabul edilen doly ähti- mallygy $P(\beta_{aj})_3$			0,1539	0,3365	0,5096	1
4-nji ýyl	0	0,15	$\frac{0,38}{0,057}$	$\frac{0,30}{0,045}$	$\frac{0,32}{0,048}$	0,15
	0,24	0,34	$\frac{0,21}{0,0714}$	$\frac{0,35}{0,119}$	$\frac{0,44}{0,1496}$	0,34
	0,48	0,51	$\frac{0,04}{0,0204}$	$\frac{0,34}{0,1734}$	$\frac{0,62}{0,3162}$	0,51
Ahyrky doldurmalaryň doly ähtimallygy $P(\beta_{aj})_4$			0,1488	0,3374	0,5138	1

Howdany ulanmagyň birinji ýylynyň ahyrynda ahyrky doldurmanyň aralyklar boýunça doly ähtimallygy $p(\beta_{aj})_n$, 144-nji aňlatma görä, laýyk aralyklaryň aýratyn ähtimallyklarynyň jemine β_a deň bolar. Olaryň ululyklaryny “Ahyrky doldurmalaryň kabul edilen doly ähtimallygy $p(\beta_{aj})_n$ ” diýlen setire ýazýarlar; hemme aralyklar üçin olaryň jemi bire deň bolmaly (24-nji tablisa seret).

Howdany ulanmagyň birinji ýylynyň ahyryndaky ahyrky doldurmalaryň doly ähtimallyklaryny howdany ulanmagyň ikinji ýylynyň başlangyç doldurmasynyň ähtimallygy hökmünde kabul edýärler, ýagny:

$$p(\beta_{b1})_2 = P(\beta_{a1})_1; p(\beta_{b1})_2 = P(\beta_{a2})_1; p(\beta_{b3})_2 = P(\beta_{a2})_1 \text{ we ş.m.}$$

Edil ýokarka meňzeş edip, howdany ulanmagyň ikinji ýylynyň ahyryndaky ahyrky doldurmalaryň doly ähtimallyklaryny üçünji ýyl üçin başlangyç doldurmanyň ähtimallygy hökmünde kabul edýärler:

$$p(\beta_{b1})_3 = P(\beta_{a1})_2; p(\beta_{b2})_3 = P(\beta_{a2})_2; p(\beta_{b3})_3 = P(\beta_{a3})_2.$$

Umumy görnüşde aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$p(\beta_{b1})_n = P(\beta_{a1})_{n-1}; p(\beta_{b2})_n = P(\beta_{a2})_{n-1} \dots p(\beta_{b3})_n = P(\beta_{a3})_{n-1}.$$

Ahyrky doldurmalaryň şertli ähtimallyklary bolsa $p(\beta_{aj})_y$ hemme seredilýän ýyllar üçin üýtgemän galýar. Ahyrky doldurmalaryň hususy ähtimallyklaryny aralyklar boýunça her bir başlangyç doldurma üçin howdany ulanmagyň birinji ýyly üçin ýokarda ýazylyşy ýaly, başlangyç doldurmalaryň ätiýaçlyklaryny ahyrky doldurmalaryň şertli ähtimallygyna köpeltmek ýoly bilen tapýarlar; olaryň jemi laýyk toparlar üçin berlen toparyň başlangyç doldurmasynyň kabul edilen ähtimallygyna deň bolmaly.

Hasaplamany hemme aralyklar boýunça ahyrky doldurmalaryň doly ähtimallyklary durnukly bolýança dowam etmeli. Rugsat berilýän gyşarma aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$P(\beta_{aj})_n - P(\beta_{aj})_{n-1} \leq 0,01.$$

Iň soňky hasaplama ýylyň (durnukly ýylyň) netijeleri boýunça a -dan $a + \beta_{ky}$ çenli ordinalaryň çäginde ahyrky doldurmalaryň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny $\beta_a = f(p)$ gurýarlar. Şonuň bilen birlikde ähtimallyklardan üpjünlige geçmek üçin aşakdaky baglanyşygy ulanýarlar:

$$P_j = 1 - \sum_1^j p(\beta_{aj})_n, \quad (146)$$

bu ýerde $p_j - j$ -nji aralygyň β_a ýokarky araçağiniň üpjünligi; $p(\beta_{aj})_n - j$ -nji aralygyň β_{ai} durnuklaşan doly ähtimallygy.

Mysala seredip göreliň (24-nji tablisa we 57-nji surata seret).

0 – 0 aralyk üçin $P_1 = 1 - p(\beta_{a1})_n = 1 - 0,1488 = 0,8512$.

$a' - a'$ çyzyga P_1 -iň ululygyny goýup, 0 – 0 aralygyň ýokarky çäğine laýyk gelýän, ýagny haçan-da $\beta_a = 0$ deň bolandaky d nokady alýarys. 0 – β_{ky} aralygyň ýokarky çäğiniň üpjünligi şeýle kesgitlenilýär: (mysalda: $\beta_{ky} = 0,48$) $P_2 = 1 - (0,1488 + 0,3374) = 0,5138$.

Şu ululygy $a - a$ çyzyga goýup, $\beta = 0,48$ doldurma laýyk gelýän S nokady alýarys.

Ahyrky doldurmanyň şertsiz üpjünlik egri çyzygy $\beta_a(P)$, $asda'$ çyzyk görnüşinde bolýar.

Ähtimal wariantlar usuly bilen hasaplamagyň indiki tapgyry sarp etmäniň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny hasaplamakdan we gurmakdan ybaratdyr.

Hakyky sarp etmäniň doly ähtimallygyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$P(a_{hj}) = \sum_1^i P(\beta_{bi})P(a_{hj})_y, \quad (147)$$

bu ýerde $P(a_{hj})$ – köpýyllyk ortaça akymyň bölegi görnüşindäki suw ýitgisini hasaba alýan otnositel hakyky sarp etmäniň j -nji aralygynyň doly ähtimallygy; $P(\beta_{bi})_y$ – howdanyň i -nji başlangyç doldurmasynyň doly ähtimallygy β_{bi} ; $P(a_{hj})$ – howdanyň berlen başlangyç doldurylmasyndaky hakyky sarp etmäniň j -nji aralygynyň şertli ähtimallygy β_{bi} .

Başlangyç doldurmalaryň doly ähtimallyklaryny $P(\beta_{bi})$, $i = j$ bolanda howdany ulanmagyň iň soňky hasaplama ýyly (durnuklaşan ýyl) üçin ahyrky doldurmalaryň ähtimallyklarynyň $P(\beta_{aj})$ ululyklaryna deň hasaplap kabul edýärler:

$$P(\beta_{b1}) = P(\beta_{a2}); P(\beta_{b2}) = P(\beta_{a2}); P(\beta_{b3}) = P(\beta_{a3}) \text{ we ş.m.}$$

Hakyky sarp etmeleriniň şertli ähtimallyklaryny başlangyç doldurmalaryň her bir topary üçin sarp etmäniň şertli üpjünlik egri çyzyklarynyň kömegi bilen aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$P(\alpha_{hj})_y = P_j - P_{j-1}, \quad (148)$$

bu ýerde P_j we P_{j-1} – sarp etmäniň j -nji aralygynyň laýyklykda aşaky we ýokarky araçäkleriniň üpjünlikleri.

Şertli ähtimallyklary tapmak üçin sarp etmäniň üpjünliginiň bütin gerimini 0-dan α çenli birnäçe aralyklara bölýärler. Hasaplamany ahyrky doldurmalary hasaplamaga meňzeş tablisa görnüşinde ýerine ýetirýärler (25-nji tablisa). Netijede, hakyky sarp etmäniň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny alýarlar. Aşakdaky mysala seredip göreliň (25-nji tablisa, 57-nji surat).

Sarp etmäniň üýtgeýän gerimini 5 aralyklara bölýäris ($j = 5$): 0 – 0,18; 0,18 – 0,30; 0,30 – 0,50; 0,50 – 0,70; 0,70 – 0,70. Aralyklaryň ululyklaryny 3, 4, 5, 6, 7-nji sütünleriň ýokarky ýarymyna ýazýarys (25-nji tablisa).

25-nji tablisa

**Hakyky sarp etmeleriň doly ähtimallyklaryny
 $\alpha_h = f(P)$ hasaplamak**

Başlangyç doldurma we onuň ähtimallygy		Hakyky sarp etmeleriň aralyklary boýunça şertli, hususy we doly ähtimallyklary					Başlangyç doldurmalaryň doly ähtimallygy
β_{bi}	$P(\beta_{bi})$	0-0,18	0,18-0,30	0,30-0,50	0,50-0,70	0,70-0,70	$P(\beta_{bi})$
0	0,15	$\frac{1-0,98}{0,003}$	$\frac{0,98-0,91}{0,0105}$	$\frac{0,91-0,76}{0,0225}$	$\frac{1-0,98}{0,221}$	$\frac{0,62-0}{0,093}$	0,15
0,24	0,34	$\frac{1-1}{0}$	$\frac{1-1}{0}$	$\frac{1-0,92}{0,0272}$	$\frac{0,92-0,79}{0,04442}$	$\frac{0,79-0}{0,2686}$	0,34
0,48	0,51	$\frac{1-1}{0}$	$\frac{1-1}{0}$	$\frac{1-1}{0}$	$\frac{1-0,96}{0,0204}$	$\frac{0,96-0}{0,4896}$	0,51
Hakyky sarp etmäniň doly ähtimallygy $P(\alpha_{hj})$		0,003	0,0105	0,0497	0,0856	0,8512	1

Şol tablisanyň 1-nji sütünine ozalky kabul edilen toparlara laýyklykda, başlangyç doldurmany β_{bi} ýazýarys, 2-nji sütüne bolsa her bir topar üçin iň soňky hasaplama ýylyň ahyrky doldurmalarynyň ähtimallyklaryna deň diýlip kabul edilen, başlangyç doldurmalaryň ähtimallyklaryny, ýagny 24-nji tablisadan $P(\beta_{bi})_n$ -niň durnukly ululyklaryny ýazýarys. Seredilýän mysalda ähtimallyklar laýyklykda deňdirler (tegelenen) 0,15; 0,34; 0,51.

Sarp etmäniň şertli üpjünlik egri çyzyklarynyň we 148-nji aňlatmanyň kömegi bilen başlangyç doldurmanyň her bir topary üçin α -nyň üýtgeýän aralyklary boýunça hakyky sarp etmäniň şertli ähtimallyklaryny kesgitleýäris we 3, 4, 5, 6, 7-nji sütünlere (çyzygyň üstüne) ýazýarys.

Başlangyç doldurmanyň birinji topary (57-nji suratyň 1-nji egri çyzygy):

- 0-0,18 aralyk; $p(\alpha_{h1})_y = p_j = p_{j-1} = 1 - 0,98$;
- 0,18-0,30 aralyk; $p(\alpha_{h2})_y = 0,98 - 0,91$;
- 0,30-0,50 aralyk; $p(\alpha_{h3})_y = 0,91 - 0,76$;
- 0,50-0,70 aralyk; $p(\alpha_{h4})_y = 0,76 - 0,62$;
- 0,70-0,70 aralyk; $p(\alpha_{h5})_y = 0,62 - 0$.

Edil şuna meňzeş edip başlangyç doldurmanyň ikinji (2-nji egri çyzyk) we üçünji (3-nji egri çyzyk) toparlary üçin sarp etmäniň şertli ähtimallyklaryny tapýarys.

Her bir aralyk üçin hakyky sarp etmäniň şertli ähtimallyklaryny $p(\alpha_{hj})_y$ laýyk toparyň başlangyç doldurmalarynyň şertsiz ähtimallyklaryna $P(\beta_{bi})$ köpeldip, her bir toparyň hakyky sarp etmeleriniň hususy ähtimallyklaryny tapýarys we olary 3, 4, 5, 6, 7-nji sütünleriniň aşaky ýarymyna (çyzygyň aşagyna) ýazýarys (25-nji tablisa). Başlangyç doldurmanyň toparyna laýyk gelýän sarp etmäniň ähli aralyklary üçin hususy ähtimallyklaryň jemi başlangyç doldurmanyň ähtimallyklaryna deň (8-nji sütüne seret).

Aralyklar boýunça hakyky sarp etmäniň doly ähtimallyklaryny $p(\alpha_{hj})$ diklik boýunça hususy ähtimallyklary jemläp alýarys. Ähli aralyklar üçin olaryň jemi (keseligine) bire deň bolmaly.

Doly ähtimallyklaryň ululyklary boýunça hakyky sarp etmäniň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny $\alpha_h = f(P)$ gurýarys, şonuň bilen birlikde üpjünligiň we ähtimallygyň arasyndaky baglanyşygy (146-njy aňlatmany) ulanýarys.

Berlen mysalda 0-0,18 aralyk üçin: $P_1 = 1 - P(\alpha_{h1}) = 1 - 0,003 = 0,997$.

P -niň şol ululygyny $\alpha_n = 0,18$ çyzyga goýup, α -nyň şol ululygyna laýyk gelýän nokadyny alýarys. 0,18 – 0,30 aralygyň ýokarky çäginin üpjünligi şeýle kesgitlenilýär: $P_2 = 1 - (0,003 + 0,0105) = 0,9865$, 0,30 – 0,50 aralygyň üpjünligi deňdir $P_3 = 1 - (0,003 + 0,015 + 0,0487) = 0,9378$, 50 – 0,70 aralygyň üpjünligi $P_4 = 1 - (0,0632 + 0,0856) = 0,8512$. Alnan nokatlar boýunça sarp etmäniň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny $\alpha_h = f(p)$ gurýarys, ol a' -de çyzygy berýär. Garaşylyşy ýaly, sarp etme zolakdan ahyrky doldurmanyň zolagyna geçilýän araçäkde ($a' - a'$ çyzyk) meýilleşdirilen sarp etmäniň üpjünligi ahyrky doldurmanyň üpjünligine deň bolýar: $\beta_\alpha = 0$.

Suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertsiz egri çyzygyny hasaplamak aşakdaky aňlatma boýunça ýerine ýetirilýär:

$$P(\beta_{akj}) = \sum_1^i P(\beta_{bi}) P(\beta_{akj})_y, \quad (149)$$

bu ýerde $P(\beta_{akj})$ – suwy aşaky býefe akdyrmagyň j -nji aralygynyň doly ähtimallygy; $p(\beta_{bi})$ – howdanyň i -nji başlangyç doldurylmasynyň doly ähtimallygy β_{bi} ; $P(\beta_{akj})_y$ – howdanyň başlangyç doldurmasynda β_{bi} suwy aşaky býefe akdyrmagyň j -nji aralygynyň şertli ähtimallygy.

Başlangyç doldurmalaryň doly ähtimallyklaryny $P(\beta_{bi})$, $i = j$ bolanda edil sarp etme hasaplanandaky ýaly, ahyrky doldurmalaryň durnukly ähtimallyklaryna deň kabul edýärler. Suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli ähtimallyklaryny tapmak üçin olaryň üýtgemesiniň bolup biljek gerimini birnäçe aralyklara bölýärler. Suwy aşaky býefe akdyrmalar β_{ak} noldan üýtgeýärler, ol $K = \alpha + \beta_{ky}$ -den $\beta_{\max} = K_{\max} - (\alpha + \beta_{ky})$ çenli ordinatanyň ululygyna laýyk gelýär.

Suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli üpjünlik egri çyzyklaryny ulanyp, aralyklar boýunça başlangyç doldurmanyň her bir topary üçin suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli ähtimallyklaryny kesgitleýärler:

$$P(\beta_{akj})_y = P_j - P_{j-1}.$$

Hasaplamany hakyky sarp etmäniň hasaplanylyşy ýaly tablisa görnüşinde (26-njy tablisa) ýerine ýetirýärler. Hasaplamanyň netijeleri boýunça suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar.

Mysala seredip göreliň (26-njy tablisa, 57-nji surat).

26-njy tablisa

Suwy aşaky býefe hakyky akdyrmagyň doly ähtimallyklaryny hasaplamak $\beta_{ak} = f(P)$

Başlangyç doldurma we onuň ähtimallygy		Aralyklar boýunça suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli, hususy we doly ähtimallyklary				Başlangyç doldurmalaryň doly ähtimallygy
β_{bi}	$P(\beta_{bi})$	0 – 0	0 – 0,82	0,82 – 1,82	1,82 – 2,82	$P(\beta_{bi})$
0	0,15	$\frac{1-0,32}{0,102}$	$\frac{0,32-0,09}{0,0345}$	$\frac{0,09-0,02}{0,0105}$	$\frac{0,02-0}{0,0030}$	0,15
0,24	0,34	$\frac{1-0,44}{0,904}$	$\frac{0,44-0,14}{0,102}$	$\frac{0,14-0,03}{0,0374}$	$\frac{0,03-0}{0,0102}$	0,34
0,48	0,51	$\frac{1-0,62}{0,1938}$	$\frac{0,62-0,18}{0,2244}$	$\frac{0,18-0,04}{0,0714}$	$\frac{0,04-0}{0,0204}$	0,51
Suwy aşaky býefe akdyrmagyň doly ähtimallygy $P(\beta_{akj})$		0,4862	0,3609	0,1193	0,0336	1,0

Suwy aşaky býefe akdyrmagyň üýtgemeginiň gerimini 4 aralyga bölýäris ($j = 4$): $0 - 0$ (ol $\alpha + \beta_{ky}$ ordinata laýyk gelyär); $0-0,82$; $0,82-1,82$; $1,82-2,82$ [iň soňky aralygyň ýokarky araçağı, başlangyç doldurmanyň üçünji topary üçin şertli üpjünlik egri çyzygynyň iň uly ordinatyna deň diýlip, takmynan, kabul edilen (3-nji egri çyzyga seret)]. Kabul edilen aralyklar üçin suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli üpjünlik egri çyzyklarynyň kömegi bilen, suwy aşaky býefe akdyrmagyň şertli ähtimallyklaryny kesgitleýäris. Başlangyç doldurmanyň birinji topary üçin (57-nji surat, 1-nji egri çyzyk): $0-0$ aralykda $P(\beta_{ak1}) = 1 - 0,32$; $0 - 0,82$ aralykda $P(\beta_{ak2}) = 0,32 - 0,09$; $0,82 - 1,82$ aralykda $P(\beta_{ak3}) = 0,9 - 0,02$ we $1,82 - 2,82$ aralykda $P(\beta_{ak4}) = 0,02 - 0$.

Edil şoňa meňzeşlikde başlangyç doldurmalaryň ikinji we üçünji toparlary üçin suwy aşaky býefe akdyrmalaryň 2 we 3 şertli egri çyzyklaryny ulanyp, suwy aşaky býefe akdyrmalaryň şertli ähtimallyklaryny tapýarlar. Soňra başlangyç doldurmalaryň şertsiz ähtimallyklaryny suwy aşaky býefe akdyrmagyň laýyk şertli ähtimallyklaryna köpeldip, aralyklar boýunça her bir topar üçin suwy aşaky býefe akdyrmalaryň hususy ähtimallyklaryny tapýarlar (3, 4, 5, we 6-njy sütünler, çyzygyň aşagy). Aralyklar boýunça ähtimallyklary jemläp, suwy aşaky býefe akdyrmalaryň doly ähtimallyklaryny alýarlar; olaryň ähli aralyklar üçin jemi (keseligine) bire deň bolmaly. Alnan maglumatlar boýunça suwy aşaky býefe akdyrmalaryň şertsiz egri çyzygyny $\beta_{ak} = f(P)$ egri çyzyk görnüşinde gurýarlar. Suwy aşaky býefe akdyrmalaryň zolagyndan, ahyrky doldurmalaryň zolagyna geçilýän araçäkde ($a - a$ çyzyk), $\beta_a = \beta_{ky}$ bolanda suwy aşaky býefe akdyrmalaryň üpjünligi doldurmanyň üpjünligine deň bolýar.

Suwy aşaky býefe akdyrmalaryň (bs), ahyrky doldurmalaryň (sd) we hakyky sarp etmeleriň (de) şertsiz üpjünlik egri çyzyklarynyň egri çyzykly bölekleri bilen emele gelen egri çyzyga, akymy sazlamagyň netijeleriniň şertsiz üpjünlik egri çyzygy diýilýär (57-nji surat, 4-nji egri çyzyk). Ol üpjünlige baglylykda akymy sazlamagyň ähli esasy häsiýetlendiriji ululyklaryny (hakyky sarp etmäni, howdany doldurmany, suwy aşaky býefe akdyrmany) kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Hususan hem, seredilýän mysal üçin şol egri çyzykdan gelip çykyşyna görä, meýilleşdirilen sarp etmäniň ($a = 70$) üpjünligi $p_a = 85\%$ -e deň, ýagny S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň usuly boýunça β_{ky} hasaplananda kabul edilen üpjünlige laýyk gelyär.

Eger-de akymy sazlamagyň netijeleriniň şertsiz üpjünlik egri çyzygyny başgaça gurup, onuň ýokarky bölegini (bs) howdanyň göwrüminiň ululygyna β_{ky} deň edip, sarp etmä a ($a' - a'$) laýyk gelyän çyzyga çenli aşak düşürsek, onda sazlanan akymyň umumylaşdyrylan üpjünlik egri çyzygyny alarys (57-nji surat, 5-nji egri çyzyk). Ol akymy sazlamagyň netijelerini şekillendirip, howdanyň bendinden aşakdaky akymy häsiýetlendirýär.

8.6.5. Ýakyn ýyllaryň akymlarynyň arasyndaky korrelýasion baglanyşygy hasaba almak

Derýa akymynyň ýyllyk ululyklarynyň hataryna bagly bolmadyk tötänden ululyklaryň yzygiderligi hökmünde garamagyň bolmaýandygyny geçirilen barlaglaryň netijeleri görkezdi. Derýanyň ýyllyk akymynyň üýtgemeginde köp suwly we az suwly ýyllaryň toparlarynyň döreýändigini görmek bolýar, ýakyn we has daşrak ýyllaryň akymlarynyň arasynda korrelýatiw baglanyşygyň barlygy ýüze çykýar. Şol baglanyşygyň gelip çykyşy entäk doly öwrenilmedik. Şol hadysanyň klimatik we meteorologik faktorlaryň döwürlilik netijesinde ýüze çykýan bolmagy mümkin.

Eger-de ýakyn ýyllaryň akymynyň arasyndaky korrelýatiw baglanyşyk hasaba alynmasa, howdanyň peýdaly göwrümi hasaplananda uly ýalňyşlyk goýberilmeği mümkin. Şol ýagdaýa ilkinji bolup, P.A.Ýefimowiç (1936 ý.) üns beripdir. Ol S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň aňlatmasy bilen akymyň n -nji ýyl üçin durnuksyzlyk köpeldijisi hasaplananda ýakyn ýyllaryň akymynyň arasyndaky korrelýatiw baglanyşygy hasaba almagy maslahat berýär:

$$S_g^{(n)} = \frac{S_g}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{2}{n} [r_1(n-1) + r_2(n-2) + r_3(n-3)]}, \quad (150)$$

bu ýerde S_g – akymyň ýyllyk ululyklarynyň hatarynyň durnuksyzlyk köpeldijisi; r_1 – hataryň goňşy agzalarynyň arasyndaky korrelýasion köpeldiji; r_2, r_3 we ş.m. öňki ýaly bir, iki ýyldan soň we ş.m.

r_2 we r_3 ululyklaryň kiçi bolýanlygy sebäpli, hasaplamalarda olary hasaba almasaň hem bolýar. Onda 150-nji baglanyşyk has ýönekeý görnüşe eýe bolýar:

$$S_g^{(n)} = \frac{S_g}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{2}{n} r_1(n-1)}. \quad (151)$$

Dowamlylygy örän köp (1000 ýyl we ondan hem köp) bolan emeli gidrologik hatary modelirmek üçin örän köp maglumatlary toplamak, şeýle hem Monte-Karlonyň usulyny ulanmak G.G.Swanidzä, W.W.Zubarewa we A.P.Şokina beýleki faktorlar bilen bir hatarda howdanyň peýdaly göwrümüne täsir edýän ýakyn ýyllaryň akymynyň arasyndaky korrelýatiw baglanyşygy hasaba alýan $F(S_g, r, a, \beta, p) = 0$ görnüşli umumylaşdyrylan grafikleri (2-nji goşmaça) gurmaga mümkinçilik berdi. Grafikleriň seljermesiniň görkezmegine görä, ýakyn ýyllaryň akymynyň arasyndaky korrelýasion köpeldijiniň köpelmegi bilen köpýyllyk düzüjiniň β_{kj} talap edilýän göwrüminiň artýanlygyny görkezýär, onuň üstesine-de ol artma korrelýasion köpeldijiniň r we üpjünligiň P artmagy bilen köpeliýär. Mysal üçin, $S_g = 0,3$, $S_s = 2S_g$, $a = 0,8$ we $P = 95\%$ bolanda $r = 0$ bolandaky bilen deňşdireniňde $r = 0,3$ bolanda, howdanyň göwrümi 40%, $r = 0,5$ bolanda bolsa 112% köp bolmaly.

Ýöne korrelýasion köpeldijini gös-göni çäklendirilen akym hatary boýunça hasaplamak, tötänden bolýan dagynyklyk sebäpli uly ýalňyşlyklara getirmegi mümkin. Şol sebäpli D.Ý.Ratkowiç ýakyn ýyllaryň arasyndaky korrelýasion köpeldijisini r , ýyllyk akymyň modulyna M baglylykda bellemegi maslahat berýär (27-nji tablisa), oňa ýyllyk akymyň hatar içindäki baglanyşygyny kesgitleýji faktorlaryň umumylaşdyrylan häsiýetlendirijisi hökmünde garalýar.

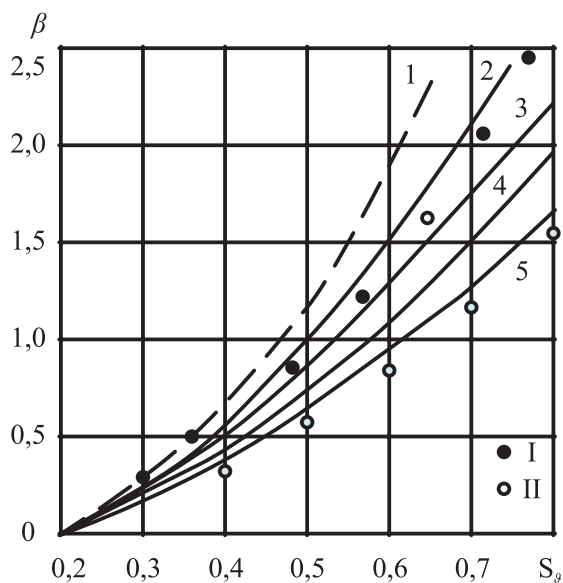
Akymyň modulynyň we korrelýasion köpeldijiniň arasynda ters baglanyşygyň barlygy anyklanyldy; akymyň moduly näçe uly bolsa, şonça-da korrelýasion köpeldiji kiçi bolýar. Köp suwly we az suwly ýyllaryň çalşyşlarynyň kanunalaýyklygy öwrenilip, ýyllyk akymyň hatarynyň gurluşynyň esasy görnüşleri öwrenilen.

D.Ý.Ratkowiç ýyllyk akymyň üýtgemeginiň baş ähtimallyk nusgasyny işläp taýýarlapdyr. Ol Markowyň goňşy hatar agzalarynyň üpjünlikleriniň arasyndaky göni çyzykly korrelýasiýaly ýönekeý hataryň nusgasyny ulanmagy maslahat berýär. Tötänden ululyklar noldan bire çenli aralykda birsydyrgyn bölünýär. Olaryň statistiki häsiýetlendiriji ululyklary hemişelik bolýar. Bölünmäniň esasy häsiýetlendirijileri berlen we hemme seredilýän ölçegler boýunça saýlanylan nusga, ýyllyk akymyň gözegçilik hataryndaky häsiýete eýe bolýar diýlip hasap edilýär.

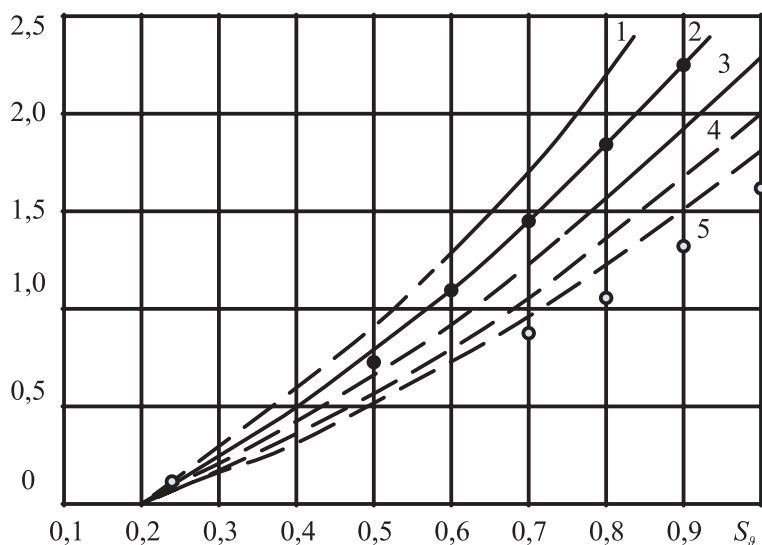
27-nji tablisa

Korrelýasion köpeldijiniň r hödürlenen adaty ululyklary

S_g	$M, l/(s. km^2)$				
	20-den köp	20..10	10..4	4..1	1-den az
	r_o				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,1	0,19	0,29	0,38	0,48
0,2	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47
0,4	0,09	0,18	0,27	0,37	0,46
0,6	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44
0,8	0,08	0,16	0,25	0,34	0,43
1,0	0,08	0,15	0,24	0,32	0,41
1,2	0,07	0,14	0,22	0,30	0,38



a)



b)

58-nji surat. D.Ý.Ratkowiçiň β_{ky} -ni kesgitlemek üçin nomogrammalary

Howdanyň peýdaly göwrümini aýratyn kesgitlenen köpýyllyk β_{ky} we pasyllyk β_{pas} düzüjileriň jemi hökmünde hasaplamagyň ýokarda seredilip umumylaşdyrylan usullary bilen bir hatarda, howdanyň peýdaly göwrümini pasyllyk we köpýyllyk düzüjilere bölmän anyklamaga mümkinçilik berýän usullar hem bar (A.D.Sawarenskiniň, S.N.Kriskiniň, M.F.Menkeliň, Ş.Ç.Çokiniň we başgalaryň usullary). Ol usullar bilen howdanyň peýdaly göwrümi hasaplananda ýyl, adatça, gysga aralyklara (ongünlik,

ay) bölünýär we aýratyn aralyklaryň akymynyň ähtimallyklarynyň paýlanyşy, şeýle hem goňşy aralyklaryň akymynyň arasyndaky korrelýasion baglanyşyklar öwrenilýär. Ýöne gysga aralyklarda akym örän durnuksyz bolýar, onuň ýyllyk tapgyrynyň araçäkleriniň döwürleri (köp suwly we az suwly döwürler) bolsa ýyldan-ýyla uly gerimde üýtgäp durýar. Şol sebäpli ongünlük we aýlyk akymalaryň ähtimal häsiýetlendiriji ululyklaryna baha bermegiň takyklygy örän pes bolýar. Şonuň bilen baglylykda, şeýle hem howdanyň peýdaly göwrümini gös-göni kesgitlemek usullarynyň zähmeti köp talap edýänligi sebäpli olar durmuşda giňden ulanylmaýar.

58-nji suratda mysal hökmünde D.Ý.Ratkowiçiň $a = 0,7$ we $p = 95\%$ bolandaky, şeýle hem $a = 0,9$ we $p = 75\%$ bolandaky Ý.F.Pleşkowiň we I.W.Guglýanyň maglumatlary bilen deňeşdirilen nomogrammalar getirilen. Suratdan görnüşine görä, akymyň düýpli sazlanmagy we sarp etmäniň ýokary üpjünligi utgaşdyrylanda goňşy ýyllaryň akymynyň arasyndaky korrelýasiýany hasaba almak howdanyň göwrümini köpeltmäge alyp gelýär ($r = 0$ bilen deňeşdireniňde). Akymyň moduly $M = 10 \dots 4 \text{ l/(s.km}^2\text{)}$ bolan derýalar üçin howdanyň göwrümi 1,5 essä çenli köpeliýär we $M < 1 \text{ l/(s.km}^2\text{)}$ bolan derýalar üçin bolsa 2 essä çenli köpeliýär. Guglýanyň grafikleri $M = 4 \dots 1 \text{ l/(s.km}^2\text{)}$ bolan derýalar üçin gowy netije berýär.

$a - p = 95\%$, $a = 0,7$; $b - p = 75\%$, $a = 0,9$; 1 – akymyň moduly $[(\text{l/s.km}^2)] M < 1$ bolan derýalar üçin; 2 – öňki ýaly, $M = 4 \dots 1$; 3 – öňki ýaly, $M = 10 \dots 4$; 4 – öňki ýaly, $M = 20 \dots 10$; 5 – öňki ýaly, $M > 20$; I we II – laýyklykda I.W.Guglýanyň we Ý.F.Pleşkowiň nomogramalary boýunça alnan maglumatlar.

IX BAP

ÜÝTGEÝÄN SARP ETME ÜÇIN AKYMY SAZLAMAK

9.1. Üýtgeýän sarp etme üçin akymy sazlamak barada düşünje

“Üýtgeýän sarp etme üçin akymy sazlamak” diýen adalga tehniki edebiýatda iki biri-biri bilen örän tapawutly we özara bagly bolmadyk meseleleri aňladýar, şol sebäpli bulary aýratyn öwrenmeli.

Birinji mesele, suw hojalyk ulgamlarynyň hasaplama ölçegleri üýtgemän galanlarynda, ýöne sarp etmäniň normasy (diýmek, sarp etmäniň umumy ölçegi hem) dürli ýyllarda bir sebäpden üýtgäp durýan bolanda ýüze çykýar. Mysal üçin, sere-dilýän ýyl näçe gurak bolsa, 1 gektar suwarylýan meýdan şonça-da suwy köp sarp eder. Başlangyç hasaplamalarda bu sarp etmäni berlen ýylyň çyglylyk ýetmezçili-

gine deňölçeqli diýip kabul etmek hem bolar; diýmek, suwarylýan meýdan üýtgemeýän bolsa-da, suwaryş ulgamy üçin suwa bolan talabyň ýyllyk jemi üýtgäp durýan bolýar. Edil şunuň ýaly, derýada gämi gatnawynyň çuňlugyny saklamak üçin howdandan aşaky býefe akdyrylyp sarp edilýän suwuň göwrümi tebigy akymyň ölçeğine we derýanyň pes suwly ýerinde hananyň ýagdaýyna bagly bolýar. Howdanyň hasaplama göwrümi diňe bir sarp etmäniň köpýyllyk ortaça ululygyna bagly bolman, eýsem sarp etmäniň üýtgäp durmagynyň häsiýetine hem baglydyr; hasaplamanýň wezipesi bolsa şol göwrümi hasaplamakdan ybaratdyr. Indiden beýläk biz ony “sarp etmäniň üýtgeýän normasy üçin akymy sazlamak” diýip atlandyrarsy.

Ikinji mesele şundan ybarat. Goý, akyp gelýän akymyň integral egri çyzygy boýunça howdanyň göwrümi β , akymy sazlamagyň howply döwri n we suwy sarp etmäniň α laýyk ölçeği kesgitlendi diýip hasap edeliň. Eger-de suw hojalyk ulgamyň kuwwaty üýtgemeyän bolsa, onda hemme galan wagtyň dowamynda sarp etme üýtgemän α deň bolup galýar, ulanylman galan suw aşaky býefe akdyrylýar. Şol goşmaça suwuň mukdaryny ulanmagyň hakyky mümkinçiligi iki sebäbe bagly bolýar:

1. Suw hojalyk ulgamynyň kuwwatyny artdyrmak mümkinçiligi. Mysal üçin, gidroelektrostansiýanyň howdanly we ýylylyk ätiýaçlykly işlände, howdandan sarp edilýän suwy taslamadaka garanynda köpeldip, laýyklykda ýylylyk elektrostansiýanyň işini azaldyp (onuň berlen umumy kuwwatynda) we şonuň bilen birlikde ýangyjy tygşytlamak mümkinçiligi bolýar; suw suwaryş üçin ulanylanda köp suwly ýyllarda we döwürlerde suwaryş meýdanyny iň az kepillendirilen hasaplama meýdandan köpeldip ýa-da suwaryş normany köpeldip hem-de şonuň bilen birlikde hojalygyň öndürjiligini ýokarlandyryp bolýar.

2. Howdan ulanylanda geljek islendik döwrüň dowamyndaky akymyň boljak häsiýetini belli bir derejede öňünden bilmek mümkinçiligi. Şeýle mümkinçilik bolanda az suwly döwür başlananda-da suw ýetmezçilik howpy bolmazdan, sarp etmäniň möçberini ýokarlandyrmak bolýar, ýagny suw talap edijileri suw bilen doly üpjün etmek bolýar, ol bolsa şolaryň öndürjiligini ýokarlandyrýar.

Şeýle mümkinçilikleri hasaba alyp, howdanyň göwrümini kesgitlemek we howdany ulanyşyň amatly düzgünini anyklamak, üýtgeýän sarp etmäniň ikinji hasaplama meselesiniň esasy özeni bolup biler. Ony “suw hojalyk ulgamlaryň üýtgeýän kuwwaty üçin akymy sazlamak” diýip atlandyrýarlar.

9.2. Üýtgeýän sarp etmäniň normasy üçin akymy sazlamak

Henize çenli hasaplama döwrüniň dowamynda sarp etmäniň üýtgemeyän ýagdaýy üçin howdany hasaplamagyň usullaryna seredip geldik. Ýöne käbir ýagdaýlarda suw sarp ediji pudagyň talabyna laýyklykda howdandan sarp edilýän suwuň göwrümini üýtgetmeli bolýar. Mysal üçin, dürli ýyllarda oba hojalyk ekinlerini su-

warmak üçin talap edilýän suwuň göwrümi birmeňzeş bolmaýar. Gurak ýyllarda howdandan suw köp alynýar, köp suwly ýyllarda bolsa suwa bolan talap az bolýar, elbetde, şeýle ýagdaýda howdandan sarp edilýän suwuň göwrümi hem az bolýar. Edil şunuň ýaly, derýada gämi gatnawy üçin gerek bolan çuňlugy saklamaga howdandan sarp edilýän suwuň göwrümi derýanyň tebigy akymyna we derýa hanasynyň ýalpak ýerindäki ýagdaýyna bagly bolar. Dürli ýyllarda halk hojalygynyň pudaklarynyň suwa bolan talaby meňzeş bolmaýar. Şonuň üçin hem howdanlary sarp etmäniň üýtgeýän normalary üçin hasaplamak meselesi ýüze çykýar.

Derýanyň akymy barada köpýyllyk gözegçilik maglumatlar bolan ýagdaýda üýtgeýän sarp etmäniň normasyny hasaplamagyň ýerine ýetirilişi, kalendar hatar boýunça üýtgemeyän sarp etmäniň normasyny hasaplamakdan tapawutly bolmaýar. Tablisa deňagramlylyk usul bilen hasaplananda üýtgemeyän sarp etmäniň deregine ýyllar boýunça üýtgeýän sarp etmäni ýazýarlar; hasaplamanýň galan tertibi öňki ýaly bolýar. Grafik usullar bilen hasaplamak (integral egri çyzyklaryň kömegi bilen) birneme kynlaşýar, sebäbi üýtgeýän sarp etmede sarp etme egri çyzyklary döwlen çyzyk görnüşli bolýar, şol bolsa grafikleri gurmaýy kynlaşdyrýar we hasaplamalaryň takyklygyny peseldýär.

Akym barada gözegçilik maglumatlary ýeterlik bolmasa ýa-da düýbünden bolmasa, onda hasaplamanýň umumylaşdyrylan usullaryny ulanýarlar. Aýratyn-da, üýtgeýän suwaryş normasy üçin akymy köpýyllyk sazlamagyň hasaplamasynda S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň usulyny ulanýarlar. Gidrologiýada belli bolan usullar bilen ortalaşdyrylan statistiki häsiýetlendirijileri kesgitleýärler (akymyň normasy, S_g , S_s we r) we ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygyny gurýarlar. Edil şoňa meňzeş edip bar bolan birnäçe suwaryş normalary işläp taýýarlaýarlar, onuň üçin durnuksyzlyk köpeldijini S_{ga} , deňdällik köpeldijini S_{sa} , şeýle hem ortaça suwaryş normany a_0 hasaplaýarlar (ortaça akymdan) we suw sarp etmäniň üpjünlik egri çyzygyny $K_{Pa} = f(S_{ga}, S_{sa}, P)$ gurýarlar.

Howdanyň peýdaly göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini n ýylyň dowamyndaky iň uly ýetmezçilige deň kabul edýärler we aşakdaky baglanyşyk görnüşinde ýazýarlar:

$$\beta_{ky} = \max D \left[a_0 K_{Pa}^{(n)} - K_P^{(n)} \right] n, \quad (152)$$

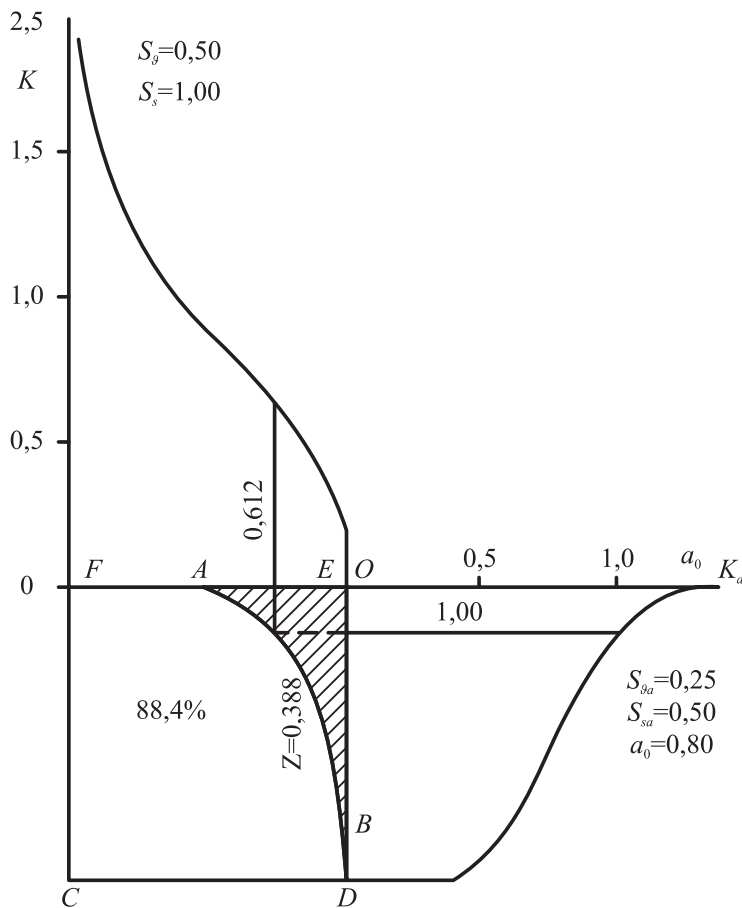
bu ýerde $K_{Pa}^{(n)}$ we $K_P^{(n)}$ – akymyň we sarp etmäniň n ýyldaky üpjünliginiň P modul köpeldijileri.

$K_{Pa}^{(n)}$ we $K_P^{(n)}$ -ny kesgitlemek üçin aşakdaky baglanyşyk ulanylýar:

$$S_g^{(n)} = S_g / \sqrt{n} \text{ we } S_{ga}^{(n)} = S_{ga} / \sqrt{n},$$

şonuň bilen birlikde sarp etmäniň üpjünligi $P_a = 100 - P$ deň bolýar diýip kabul edýärler (W.W.Trofimowyň teklibi), bu ýerde P – ýyllyk akymyň üpjünligi.

Koordinat kwadratyň bir tarapynda ($5 \times 5 \text{ sm}$ ýa-da $10 \times 10 \text{ sm}$ taraplar bilen) ýyllyk akymyň üpjünlik egri çyzygyny $K = f(P)$ gurýarlar, beýleki (ugurdaş däl) tarapynda bolsa sarp etmäniň üpjünlik egri çyzygyny $a_0 K = \varphi(p)$ gurýarlar (59-njy surat).



Üpjünligi p bolan akymyň birýylyk ýetmezçiligi aşakdaky tapawut bilen aňladylýar:

$$D_p = (a_0 K_a - K)_p.$$

$D_p = D_1$ ýetmezçiligi kabul edip, dürli erkin alnan ululyklara ($a_0 K_a$) laýyk gel-ýän, $K = a_0 K_a - D_1$ ululygy tapýarlar. Alnan nokatlar boýunça birsydyrgyn AB egri çyzyk geçirilýär (*59-njy surat*). Egri çyzyk we kwadratyň taraplary bilen çäklendirilen meýdanyň gatnaşygy D_p -niň hemme bolup biljek ululyklarynyň içindäki D_1 ululygyň üpjünligini P_1 aňladar. Şoňa meňzeş edip, D_{p_i} -niň dürli ululyklaryny we olara laýyk egri çyzyklary kabul edip, her bir D_{p_i} üçin P_i -üpjünligi tapýarlar. Soňra $D_p = f(P)$ egri çyzygy gurýarlar, şol boýunça berlen $P\%$ üpjünligiň ýetmezçiligini ýa-da tersine, ýetmezçiligiň (sarp etmäniň) hasaplama üpjünligini kesgitlemek bolýar.

M.W.Potapowyň usulyny akymyň we sarp etmäniň arasyndaky korrelýativ baglanyşyk hasaba alnanda-da ulanmak bolýar. Şeýle ýagdaýda hasaplamanýň kynçylygy artar.

Howdan üýtgeýän norma üçin hasaplananda derýa akymyny has peýdaly ulanmak bolýar, howdanyň ölçegleri azalýar, akymy sazlamagyň umumy peýdalylygy ýokarlanýar.

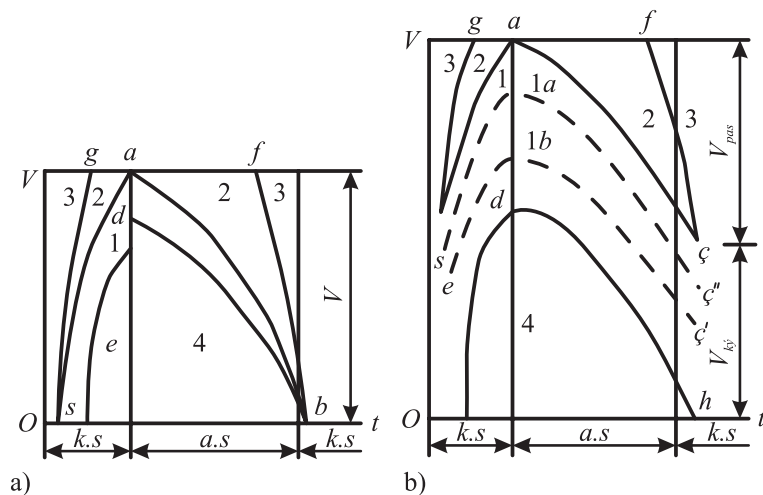
9.3. Howdanyň doldurylyşyna baglylykda üýtgeýän sarp etme üçin akymy sazlamak

Howdan ulanylanda hemişe hasaplamadan az ýa-da köp tapawutlanýan düzgünler bilen iş salyşmaly bolýar. Köp suwly ýyllarda we döwürlerde suw artykmaçlygy ýüze çykýar, ony akym üýtgemeyän sarp etme üçin sazlananda ulanyp bolmaýar we suw howdandan aşaky býefe akdyrylýar. Şonuň üçin hem howdanyň ulanylýan şertlerinde suw serişdelerini amatly ulanmak maksady bilen üýtgeýän sarp etmä geçýärler, adatça, mümkin boldugyça ony artdyrýarlar. Artdyrylan sarp etmäni ulanyjylar hökmünde gidroelektrostansiýalar, gämi gatnawy, ilatly ýerleriň suw üpjünçiligi, ýerleri suwaryş we suwlulandyryş bolup biler. Üýtgeýän sarp etmä geçmek akymy has doly ulanmaga, akymy sazlamagyň ykdysady görkezijilerini ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär.

Ýokarda bellenip geçilişi ýaly, derýa akymynyň kanunylygy häzirki döwrüň düşüňjesi boýunça tötänden döreyän (ähtimal) häsiýete eýe bolýar. Akymy çaklamagyň uzak wagtlyk ýeterlik ygtybarly usulnamasy henize çenli işlenip taýýarlanylmaýdy, şonuň üçin hem howdanyň hasaplama (nazary) iş düzgünini iş ýüzüne takyk geçirip bolmaýar. Şeýle şertlerde howdanyň işini dolandyrmak üçin ýörite düzgünler işlenip taýýarlanylýar. Olaryň esasynda howdany ulanýan gulluk ýylyň islendik wagtynda kepillendirilen sarp etmäni üpjün edýär, sarp etmäni artdyrmagy üpjün edip biljek artykmaç suwuň barlygyny anyklaýar, hasaplama üpjünligiň çäginde daşardaky sarp etmäniň bökdençiligini azaldýar, suwy aşaky býefe biderek akdyrmagy aradan aýyrýar, howdany ASD -den we $\bar{A}SD$ -den artykmaç doldurmaga

ýol bermeýär. Şeýle düzgünleriň esasy resminamasy howdanyň dispetçer grafigidir. Ony gidrologik gözegçilikleri öz içine alan geçen döwür üçin, şeýle hem akymyň düzgüniniň garaşylyan özgermesini hasaba alyp, howdanyň gurulýan akarynyň gidrologik aýratynlyklaryny seljerme esasynda her bir howdan üçin gurýarlar.

Dispetcher grafigini gurmak üçin kese oka wagty, dik oka bolsa howdanyň doldurylýan göwrümini ýa-da şol göwrüme laýyk gelyän suwuň derejesini H goýýarlar. Grafigiň meýdany egri çyzyklar bilen birnäçe zolaga bölünen, olaryň her biri howdanyň belli bir sarp etmeli iş düzgünine laýyk gelyär (60-njy surat).



60-njy surat. Dispetcher grafikleriniň çyzgylary:

a we b – akymy pasylylyk we köpýyllyk sazlamak

Howdanyň iş zolaklary aşadakylara bölünýär: 1) kepillendirilen sarp etmä $q = q_p$; 2) ýokarlandyrylan sarp etmä $q_c > q > q_p$; 3) doly ýokarlandyrylan sarp etmä $q = q_c$; 4) bökdençli sarp etmä $q < q_p$.

Žolaklar laýyk çyzyklar bilen çäklendirilen. Ýokarky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzyk kepillendirilen sarp etme zolagyny (1-nji zolagy) ýokarlandyrylan sarp etme zolakdan (2-nji zolakdan) bölüp aýyrýar. Ol iki şahadan ybarat: howdany doldurmak şahasy (60-njy surat, S_a çyzyk) we howdany boşatma şahasy (a ç çyzyk). Ýokarky bökdençligiň garşysyna çyzylan doldurma şahasy köp suwly döwrüň ahyryna çenli howdanyň peýdaly göwrümini doldurmagy üpjün etmek maksady bilen gurulýar. Howdany boşatmak şahasynyň wezipesi bolsa kepillendirilen sarp etmäniň zolagyny çäklendirmekden, howdanyň hetdenaşa boşamagyna ýol bermezlikden we artdyrylan sarp etme zolaga esassyz geçmegiň gadagandygyny duýdurmakdan ybaratdyr.

Aşaky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzyk, kepillendirilen sarp etme zolagynyň (1-nji zolak) we bökdençli sarp etme zolagynyň (4-nji zolak) arasyndaky araçäk bolup hyzmat edýär. Ol hem iki şahadan ybarat. Şol çyzygyň doldurma şaha-

sy (*e d* çyzyk) howdany doldurmagy üpjün etmek we howply az suwly döwrüň (ýyl-
yň) yzyndan gelýän kepillendirilen sarp etmäni saklamak üçin gurulýar. Howdany
boşatma şahasy (*d b*) az suwly döwürde howdanyň rugsat berilýän boşamasyny
çäklendirýär we bökdençli sarp etme zolaga esassyz geçmegiň önüni alýar.

Dispetçer grafiğiň suwy aşaky býefe akdyrma garşy çyzygy, sarp etmäniň ýo-
karlandyrylan zolagyňy (*2-nji zolak*) sarp etmäniň doly ýokarlandyrylan zolagyndan
(*3-nji zolak*) bölüp aýyrýar. Suwy aşaky býefe akdyrma garşy çyzygyň (*s g*) doldurma
şahasynyň wezipesi, aşaky býefe biderek akdyrylýan suwy azaltmak maksady bilen
howdany hetdenaşa tiz doldurmagyň önüni almakdan ybaratdyr. Howdanyň boşa-
magynyň şahasy (*f b* çyzyk) önde boljak köp suwly döwrüň suwuny howdanda sak-
lamak üçin köp suwly döwrüň önündäki howdanyň peýdaly göwrümini boşatmaga
mümkinçilik berýär. Ondan başga-da dispetçer grafige bökdençlige garşy çyzygyň
çyzylýan wagty seýrek bolmaýar, ol çyzygyň wezipesi suwuň derejesiniň ätiýaçlyk
suw derejesinden (*ÄSD*-den) ýokary galmagyna mümkinçilik bermezlikdir.

Dispetçer grafikleriň görnüşi akymy sazlamagyň görnüşine, akymyň ýylyň
dowamynda paýlanylyşynyň häsiýetine, kepillendirilen we artykmaç suw sarp
etmeleriň arasyndaky gatnaşyga bagly bolýar. Grafikler gurlanda köp suwly döwrüň
ir we giç başlanýan möhletlerini, onuň bir wagtda ýa-da uzak wagtda geçmegini ha-
saba alýarlar.

Akym suw sarp etme üpjünligi dürli bolan birnäçe suw talap edijileri kanagat-
landyrmak üçin sazlananda kepillendirilen suw sarp etme zolagy, kepillendirilen
suw sarp etmäniň basgançaklarynyň sany boýunça *1a*, *1b* we ş.m. kiçi zolaklara
bölünýär (*60-njy b surat*).

Howdanlaryň işini dolandyrmak üçin grafikleri gurmagyň usulyňy S.N.Kriskiý
we M.F.Menkel, W.A.Bagtyýarow, Ý.F.Pleşkow, P.A.Lýapiçew işläp taýýarladylar.

Dispetçer grafikler işlenip taýýarlananda ýyly döwürlere bölýärler, şol döwür-
leriň çäginde howdanyň pasyllyk göwrümi boşadylýar we doldurylýar. Döwürle-
riň dowamlylygy akymy sazlamagyň görnüşine bagly bolýar. Akym köpýyllyk we
çuňňur pasyllyk (ýyllyk) sazlananda howdanyň pasyllyk göwrümi bütin az suwly
döwrüň dowamynda boşaýar, ýylyň galan böleginde bolsa howdan doldurylýar.
Şeýlelikde, şol ýagdaýlarda döwrüň umumy dowamlylygy ýyla deň bolýar:
 $t_{a.s} + t_{k.s} = t_y$. Döwürlere bölmek ortaça seneleri kesgitläp, kalendar araçäklerde
amala aşyrylýar. Köplenç, döwürleriň araçägi aýyň başyna gabat gelýär, şonuň bilen
birlikde hemme ýyllaryň köp suwly döwrüniň (ýa-da joşgunynyň) tolkun görnüşli
hereketi howdanyň doldurylýan döwrüniň içine giren bolmaly. Soňra köp suwly
döwrüň ortaça akymyny $\bar{W}_{k.s}$, az suwly döwrüň ortaça akymyny $\bar{W}_{a.s}$, akymyň
durnuksyzlyk köpeldijisini S_{β} , akymyň deň dälilik köpeldijisini S_{γ} kesgitläp, döwür-
ler boýunça gözegçilik edilen maglumatlary statistik taýdan işläp taýýarlamagyň
hasaplamalaryny ýerine ýetirýärler.

Dispetçer grafigi hasaplamagy we gurnagy ýokarky we aşaky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzyklaryň boşama şahalaryndan başlaýarlar. Kalendar hatardan 5–8 ýyl saýlap alýarlar, olaryň akymy az suwly döwürde $W_{a,s,p}$ -niň hasaplama ululygyna ýakyn bolýar. Şol ýyllaryň az suwly döwriň suw mukdarlaryny $Q_{a,s,t}$ $W_{a,s,p} / W_{a,s,i}$ gatnaşyga köpeltmek ýoly bilen hasaplama üpjünlige getirýärler we kepillendirilen suw mukdary q_p bilen deňeşdirýärler. Her bir saýlanyp alnan ýyl üçin yza ýöräp, ýagny wagtyň hereketiniň tersine, howdanyň boşan pursatyndan başlap, bökdençlige garşy çyzylan çyzygyň boşama şahalarynyň ordinatalaryny kesgitleýärler. Birtopar (baş – sekiz) çyzyklary alýarlar. Hemme gurlan çyzyklaryň ýokarky aýlanyp geçýänini, ýokarky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzygyň boşama şahasy hökmünde kabul edýärler, aşaky aýlanyp geçýän çyzygy bolsa aşaky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzygyň boşama şahasy hökmünde kabul edýärler.

Ýokarky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzygyň doldurma şahasyny gurnamak üçin gidrologik hataryň ýyllaryndan şeýle bir ýyllary saýlap alýarlar, şol ýyllarda köp suwly döwriň akymy $W_{k,s,p} = W_p - W_{a,s,p}$ hasaplama ululyga ýakyn bolýar we köp suwly döwür irki ýa-da giçki möhletde başlanýar. Şol ýyllaryň suw mukdarlaryny $W_{k,s,p} / W_{a,s,p}$ gatnaşyga köpeltme ýoly bilen hasaplama üpjünlige getirýärler we her bir topar üçin yza hereket edip, kepillendirilen sarp etmäniň suw mukdary q_p bilen deňeşdirýärler. Soňra ýyllary köp suwly döwriň bolup geçýän wagtyna (irki we giçki) baglylykda iki topara bölýärler we her bir topar üçin yza ýöräp, berlen sarp etmedäki q_p howdana toplanyp biljek akymyň çyzyklaryny hasaplaýarlar we gurýarlar. Çyzyklary ASD-den howdanyň rugsat berilýän boşamagynyň in pes nokady aralygynda geçirýärler. Irki we giçki joşgunlara degişli akymyň toplanmagynyň birnäçe gurlan çyzyklary boýunça ýokarky we aşaky aýlanyp geçýän çyzyklary geçirýärler, olary laýyklykda irki we giçki joşgundaky ýokarky bökdençlige garşy çyzygyň howdany doldurma şahasy hökmünde kabul edýärler. Bökdençli sarp etmäniň zolagynyň aşaky araçägi hökmünde hemişelik göwrümiň derejesi alynýar. Şol zolagyň çäginde dispetçer grafikde ýokardan aşaklygyna ýerleşýän laýyk çyzyklar bilen çäklendirilen bökdençli sarp etmäniň iki (ýa-da köp) basgançagy belenilýär. Aşaky bökdençligiň garşysyna çyzylan çyzyk bilen gabat gelýän ýokarky çyzyk, mysal üçin, kepillendirilen sarp etmäniň 80%-ine deň bolan suw mukdaryna geçmegiň zerurlygyny kesgitleýär. Aşakda kepillendirilen sarp etmäniň 60%-ine deň bolan çäklendiriji çyzygy geçirýärler we ş.m. Eger-de ýakynda boljak köp suwly döwre çenli howdanyň doly boşamagyna ýol bermezlik üçin howdandaky suw ätiýaçlygy ýeterlik bolmasa, onda birinji azaldylan sarp etmä, gerek bolsa has azaldylan ikinji sarp etmä geçmek göz önünde tutulýar.

Çäklendirilen sarp etmäniň çyzygyny az suwly döwriň akymy az, göwrümi boýunça kepillendirilen sarp etmäniň hasaplama üpjünliginiň akymyna ýakyn bolan birnäçe ýyllar boýunça hasaplaýarlar. Anyk ýyllaryň akymy yza ýöreme hereket bilen hasaplama akyma getirilenden soň, sarp etmäniň $0,8 q_p$, $0,6 q_p$ we ş.m. wa-

riantlary üçin az suwly döwriň ahyrynda boşan howdandan başlap, boşama şahany hasaplaýarlar. Sarp etmäniň dürli azalmagyna laýyk gelýän, doldurmanyň ýokarky aýlanyp geçýän çyzyklaryny bökdençli sarp etmäniň zolagynyň ýokarky araçägi hökmünde kabul edýärler.

Aşaky býefe suw akdyrmagyň garşysyna çyzylýan çyzygy gurmak edil bökdençligiň garşysyna çyzylýan çyzygynyňky ýaly. Ýöne ol ýagdaýda gözegçiligiň statistik hataryndan suwlulygy uly bolan az suwly döwri we köp suwly döwri has köp suwly bolan ýyllary saýlap alýarlar, olaryň üpjünligi $100 - Pa$ ýakyn bolýar, şol ýerde Pa – kepillendirilen sarp etmäniň üpjünligi. Akym yza ýöreme ýoly bilen hasaplama ululyklara getirilenden soň, howdanyň boşamagynyň we suw ýygnamagynyň bir topar çyzyklaryny gurýarlar. Şol çyzyklaryň aşaky aýlanyp geçýän çyzygyny bökdençligiň garşysyna gurlan çyzygyň boşama şahasy hökmünde (köp suwly döwür üçin) kabul edýärler.

Akym köpýyllyk sazlananda howdanyň dispetçer grafige laýyklykda her ýylky boşayan göwrümi howdanyň peýdaly göwrüminiň diňe bir bölegine deň bolýar. Howdandaky köp ýylyň dowamynda ýygananan peýdaly göwrüm doly ulanylmaýar we geljekde az suwly ýyllar bolan ýagdaýynda ulanmak üçin howdanda saklanylýar.

Howdanlar ulanylanda dispetçer grafiklerini, köplenç, batigrafik egri çyzyklary bilen bilelikde ulanýarlar. Suwuň derejesi boýunça $V(H)$ egri çyzygyň kömegi bilen howdandaky suw ätiýaçlygyny anyklap, dispetçer gözegçilik geçirilen pursata laýyk gelýän nokatlary dispetçer grafigine geçirýär we nokadyň grafigiň haýsy zolagyna düşýändigine baglylykda, suw sarp ediljere näçe möçberde suw berip boljakdygy baradaky netijä gelýär.

Dispetçer grafiklerini hasaplamak we gurmak örän kyn iş, ondan başga-da ol uly tejribeliligi we öz işiňe ökdeligini talap edýär.

9.4. Akymy ortalasdyrylan statistik häsiýetlendirijileri ulanyp hasaplamak

Goý, bizde akymyň we sarp etmäniň anyk köpýyllyk ululyklary bolman, diňe akymyň ortalasdyrylan statistik häsiýetlendirijileri belli bolsun: Q_0 , S_{∂} , S_s we sarp etmeler: α_0 , $S_{\partial a}$ we S_{sa} (bu ýerde: $S_{\partial a}$ we S_{sa} -suwaryş normanyň modul köpeldijileriniň $K_a = \frac{m}{m_0}$ durnuksyzlyk we deň dällik köpeldijileri). Erkin saýlanyp alnan ýylyň akymynyň yetmezçiligi aşakdaky tapawut görnüşinde ýazylyar:

$$z = a - K = a_0 K_a - K; \quad (153)$$

bu aňlatmada iki agza hem (a we K) üýtgeýän ululyklar we olaryň her biriniň öz üpjünlik egri çyzygy bar.

Akymy köpýýlyk sazlaýan howdanyň göwrümini kesgitlemek üçin akymyň birýýlyk ýetmezçiliginiň öwezini dolmak ýeterlik, ähli bolup biljek tapawutlaryň (153-nji aňlatma) içinden berlen $p\%$ -i üpjün edip biljek z_p -niň ululygyny saýlap almaly we $\beta_{ky} \geq z_p$ diýip hasap edeliň; muny şeýle ýazmak bolar:

$$\beta_{ky} \geq z_p = (a_0 K_a - K)_p. \quad (154)$$

Akymy köpýýlyk sazlaýan howdanyň göwrümi islendik n -ýylyň akym ýetmezçiliginiň üstüni doldurmak üçin ýeterlik bolar ýaly S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň birinji usulyny ulanyp, aşadaky aňlatmany ýazýarys:

$$\beta_{ky} = \max z_p^{(n)} = \max(a_0 K_a^{(n)} - K^{(n)})_p \cdot n. \quad (155)$$

Şu meseläniň takmynan çözüdini ilkinji bolup W.W.Trofimow tapdy, ol şundan ybarat: 154-nji ýa-da 155-nji aňlatmalardaky tapawutlara girýän her bir agza berlen üpjünlik göterimi $p\%$ üçin alynýar, muny şeýle ýazmak bolýar:

$$Z_p = \alpha_0 K_{a,p} - K_p \quad (156)$$

ýa-da

$$Z_p^{(n)} = (\alpha_0 K_{a,p}^{(n)} - K_p^{(n)}). \quad (157)$$

Şonuň bilen birlikde K_p ýa-da $K_p^{(n)}$, adatda bolşy ýaly, berlen üpjünlik bilen kiçi ululyklaryň tarapyna alynýar, $\alpha_0 \cdot K_{a,p}$ ýa-da $\alpha_0 \cdot K_{a,p}^{(n)}$ ululyklar bolsa uly ululyklaryň tarapyna alynýar, ýagny üpjünlik egri çyzygy adaty ýagdaýda ýerleşende $p\%$ kese okuň sag ujundan çep tarapa goýulýar, ýa-da $\alpha_0 \cdot K_a$ ýa-da $\alpha_0 \cdot K_{a,p}^{(n)}$ ululyklar ýaly 100- $p\%$ üpjünlikde alynýar. 156-njy ýa-da 157-nji aňlatmalar üýtgeýän sarp etmäniň ýagdaýy üçin S. N.Kriskiniň we M. F. Menkeliň birinji usulynyň wagt boýunça ösüşiniň ilkinji ulanylan aňlatmalary bolup hyzmat etdiler.

Mysal üçin, şeýle şertlerde: $S_g = 0,50$, $S_s = 2S_g = 1,00$, $S_{ga} = 0,25$, $S_{sa} = 0,50$ we $\alpha_0 = 0,80$ bolanda, 80 % üpjünlikli birýýlyk akymyň ýetmezçiligini tapmak talap edilýän bolsun. Fosteriň tablisasy boýunça tapýarys: $K_{80} = 0,574$, $K_{a,20} = 1,202$ we $\alpha_0 \cdot K_{a,20} = 0,80 \cdot 1,202 = 0,962$; onda alýarys: $z_{80} = 0,962 - 0,574 = 0,388$.

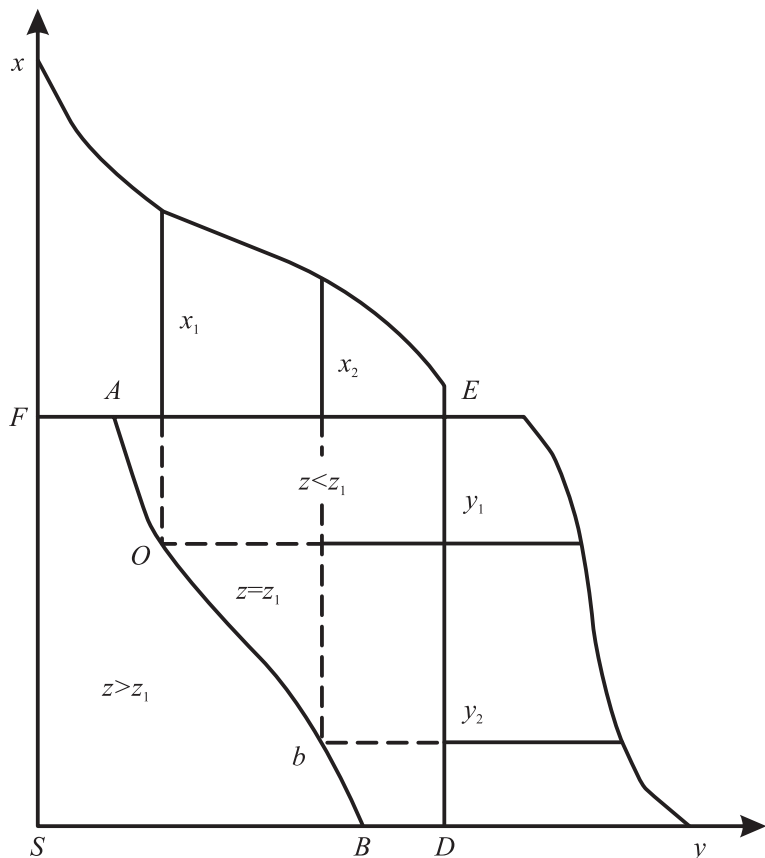
Dürli n -ýyllaryň hasaplama akym ýetmezçiliklerini gözläp tapmak üçin 131-nji baglanyşyklary ulanyp, $S_{g,a}^{(n)}$ we $S_{s,a}^{(n)}$ ululyklary tapmaly.

Ýokarda görkezilen çözütlər diňe takmynandyr, ol usuly diňe ilkinji hasaplamalar üçin ulanmak bolar. Has takyk hasaplamalar üçin S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň üpjünlik egri çyzyklaryny goşmak üçin ulanylan grafoanalitik usulyny ulanmagy maslahat berýärler.

Has umumy meselä seredip görelin. Bizde üpjünlik egri çyzyklaryndan berlen iki sany üýtgeýän x hem-de y ululyklar bar diýeliň we şol üýtgeýän ululyklaryň belli bir funksiýasynyň üpjünlik egri çyzygyny tapmak talap edilýär:

$$z = f(x,y). \quad (158)$$

Goý, x we y özara baglanyşykly däl ululyklar diýip göz öňüne getireliň, diýmek, x -syň berlen ululygynda y -gyň belli bir ululygynyň ýüze çykmagynyň ähtimallygy, bütinleý y -giň üpjünlik egri çyzygy bilen kesgitlenilýär. Taraplary bire (ýa-da 100 %-e) deň bolan koordinat kwadratyny çyzýarys (61-nji surat) we onuň ugurdaş bolmadyk iki tarapynda kese oklardaky ýaly üýtgeýän x we y ululyklaryň üpjünlik egri çyzyklaryny gurýarys.



61-nji surat. $z = f(x, y)$ funksiýanyň üpjünligini grafonolitik usuly bilen hasaplamagyň çyzygysy

Soňra $z = z_1$ funksiýanyň belli bir ululygyny alýarys we şu ululygyň üpjünligini tapýarys. Onuň üçin $x = x_1$ -iň ululyklaryny kabul edýäris we $z_1 = f(x_1, y)$ deňlemenden y_1 -e laýyk gelýän ululygy tapýarys; x we y üpjünlik egri çyzyklarynda x_1 we y_1 ordinatalaryň ýerleşişini tapýarys we şol ordinatalaryň koordinat kwadratda kesişýän nokadyny a tapýarys. $x = x_2$ -niň ululyklaryny kabul edip, $z_1 = f(x_2, y)$ deňlemenden y_2 -niň laýyk gelýän ululygyny we b nokady tapýarys we ş.m. x -yň ululygynyň ýeterlik sanyny kabul edip, biz $z = z_1$ -iň bar bolan hemme nokatlary üçin koordinat kwadratda birsydyrgyn AB egri çyzygy geçirýäris. Ol egri çyzygyň bir

tarapynda $z > z_1$ boljak nokatlaryň, beýleki tarapynda bolsa $z < z_1$ boljak nokatlaryň ýatjakdygy görnüp dur (z , x we y -gyň funksiýasy diýip çak edýäris). Ýönekeý seljermeler netijesinde, koordinat kwadratyň bütin meýdany bolan *SDFE*-den bölek görnüşinde aňladylan meýdan (*ABSF*), üýtgeýän z ululygyň hemme bolup biljek ululyklarynyň içinden z_1 -iň ululygynyň üpjünligini aňlatjakdygyna (biriň bölegi görnüşinde) göz ýetirmek kyn däl. Soňra z -niň dürli ululyklaryny kabul edip we şol ululyklaryň üpjünligini tapyp, üýtgeýän z -niň üpjünlik egri çyzygyny gurup bileris we şol boýunça berlen $p\%$ üpjünlikli z_p -niň ululygyny tapýarys. Şeýlelikde, z -niň berlen ululygynyň üpjünligi, göni ýol bilen, koordinat kwadratda *AB* çyzygyny gurup kesgitlenilýär; ters meseläni çözmek üçin bolsa, ýagny berlen $p\%$ boýunça z_p -ni tapmak üçin şeýle çyzyklaryň dürli z üçin birnäçesini geçirmeli, z -niň üpjünlik egri çyzygynyň bölegini gurmaly we şol boýunça z_p -ni tapmaly.

Şu usul $z_p = (\alpha_0 K_a - K)_p$ ululygy kesgitlemek üçin ulanylanda kwadratyň bir tarapynda K ululyklaryň üpjünlik egri çyzygyny gurýarys, beýleki tarapynda bolsa $\alpha_0 K_a$ ululyklaryň üpjünlik egri çyzygyny gurýarys we z_p -niň birnäçe dürli ululyklaryny kabul edip, olaryň her biri üçin, ýokarda görkezilen usul bilen, dürli z -niň egri çyzyklaryny geçirýäris, kwadrat koordinatada şu çyzyklar bilen kesilen meýdanlary hasaplaýarys we z -niň üpjünlik egri çyzygynyň bölegini gurýarys, soňra şu bölek boýunça (berlen $p\%$ -däki) z_p -ni tapýarys. $z = z_1$ üçin haýsy hem bolsa bir çyzyk çyzylanda, K -nyň dürli ululyklaryny kabul edýäris we şolaryň her biri üçin $\alpha_0 K_a = z_1 + K$ laýyk gelýän ululygy tapýarys ýa-da, tersine, $\alpha_0 K_a$ -nyň dürli ululyklaryny kabul edýäris we $K = \alpha_0 K_a - z_1$ -i tapýarys.

59-njy suratda mysal hökmünde akymyň we sarp etmäniň ýokarda görkezilen statistik häsiýetlendirijilerindäki 0,388-e deň bolan $z = \alpha_0 K_a - k$ ululyklaryň üpjünliginiň grafoanalitik hasaplamasy getirilen. Çyzgyda *AB* egri çyzygyň bir nokadynyň (a) gurluşy görkezilen, onuň üçin $\alpha_0 K_a = 1,00$ kabul edip, $K = \alpha_0 K_a - z = 1,00 - 0,388 = 0,612$ alýarys. Ordinatlary boýunça *ABE* meýdany hasaplap (trapesiýanyň düzgüni boýunça), kwadratyň bütin meýdany 2500 mm^2 bolanda, $ABE = 290 \text{ mm}^2$ -ty alýarys, diýmek, $z = 0,388$ ululygyň üpjünligi aşakdaký ýaly bolar:

$$\frac{2500 - 290}{2500} 100 = 88,4\%.$$

W.W.Trofimowyň usuly boýunça 80 % -iň deregine 88,4 %-i alýarys; garaşylyşy ýaly, kabul edilen z -niň ululygynyň üpjünligi hakykatda görkezilen usulyňkydan has ýokary boldy.

Eger-de biz 80 % üpjünlikli z -niň ululygyny tapjak bolan bolsak, onda biz *AB* çyzygy ýene-de birnäçe z -niň ululygy, meselem, $z = 0,30$ we $z = 0,20$ üçin gurmaly we olaryň üpjünligini kesgitlemeli bolardyk, ondan soň şolar boýunça z -niň ululygynyň üpjünlik egri çyzygynyň bölegini gurmaly we şol boýunça $p = 80\%$ üçin z -niň gözlenýän ululygyny tapmaly (59-njy suratda çyzgyny garjaşdyrmazlyk üçin şu işler ýerine ýetirilmedi).

9.5. Akymyň we sarp etmäniň arasyndaky korrelýasion baglanyşygy hasaba almak

Ýokarda biz üýtgeýän x we y ululyklaryň biri-birine bagly däl ýagdaýyna sere-dip gördük. Indi bolsa olaryň arasynda göni çyzykly bolmasa-da baglanyşygyň bar ýagdaýyna seredip göreliň:

$$y - \bar{y} = \rho(x - \bar{x}), \quad (159)$$

baglanyşygyň ýygylýk derejesi korrelýasion köpeldiji r bilen häsiýetlendirilýär. Bu ýerde \bar{x} we \bar{y} – üýtgeýän x we y -giň ortaça ululyklary (paýlanyşyň merkeziniň ko-ordinatlary), ρ – üýtgemeyän köpeldiji. Üýtgeýän x we y -giň paýlanylyşy normal-dan çala gyşarýar diýip göz önüne getirýäris. X -syň berlen ululygynda, üýtgeýän y -giň hususy ululyklary, 159-njy aňlatmadan kesgitlenilýän y_x -syň ortaça ululykla-ryna eýe bolan hatarda ýerleşerler we pytrama σ_y^x aşakdaky aňlatma boýunça kes-gitlenilýär:

$$\sigma_y^x = \sigma_y \sqrt{1 - r^2}, \quad (160)$$

bu ýerde σ_y - y -giň hemme ululyklarynyň jeminiň pytramagy (hemme x -lerde). Bu ýerden gelip çykyşyna görä, meseläniň çözgüdiniň alnyp barlyşyna aşakdaky düze-dişleri girizmeli. Koordinat kwadratyň bir tarapynda üýtgäp durýan x -syň üpjünlik egri çyzygyny gurup, biz önünden bu üýtgeýän ululygyň birnäçe ululyklaryny ka-bul etmeli (mysal üçin, ol ululyklary her bir 0,1-den alyp we ş.m.) we olaryň her biri üçin üýtgäp durýan y -giň üpjünlik egri çyzygyny gurmaly, onuň üçin 159-njy aňlatmadan ortaça ululygy we 160-njy aňlatmadan pytramany bilmeli.

Soňra x -syň alnan ululyklarynyň birini kabul edip, $z = f(x, y)$ baglanyşyk boýunça y -giň ululygyny tapmaly (berlen z -niň ululygy üçin) we x -syň alnan ulu-lygy üçin gurlan üpjünlik egri çyzykda laýyk gelýän ordinatynyň ýerleşýän ýerini gözläp tapmaly. X -syň aralykdaky ululyklaryny hem almak bolýar, ýöne onda laýyk üpjünlik egri çyzyklaryň aralygyny göz çaky bilen interpolirläp, y -giň laýyk ordi-natalaryny tapmaly. Galan hemme hasaplamalar öňki ýazylyp geçilişi ýaly ýerine ýetirilýär.

Üýtgeýän y -giň ululygynyň üpjünlik egri çyzygyny gurmak üçin Fosteriň tab-lisasynyň kömegi bilen olaryň her biri üçin S_{gy}^x we S_S^x tapmaly. Birinji köpeldijini 160-njy aňlatmadan tapýarys:

$$S_{gy}^x = \frac{\sigma_y^x}{y_x} = \frac{\sigma_y}{y_x} \sqrt{1 - r^2}, \quad (161)$$

üstesine-de y -giň hemme ululyklarynyň ortaçasyny, ýagny \bar{y} -giň ululygyny we şol ululyklaryň durnuksyzlyk köpeldijisini $S_{\theta y}$ bilip, σ_y -giň hemme ululyklarynyň pytramagyny tapýarys:

$$\sigma_y = \bar{y} \cdot S_{\theta y} \text{ we } S_{\theta y}^x = \frac{\bar{y}^x}{y_x} \cdot S_{\theta y} \cdot \sqrt{1-r^2}.$$

Deň dällik köpeldiji $S_{\theta y}^x$ barada bize hiç zat belli bolmaýar, biz ony, adatça, $2S_{\theta y}^x$ görnüşinde kabul edýäris; onda y -giň üpjünlik egri çyzygynyň her biriniň öz $S_{\theta y}^x$ ululygy bolar, diýmek, şol egri çyzyklaryň görnüşleri dürli bolar. Eger-de dürli $S_{\theta y}^x$ -iň deregine hemme egri çyzyklar üçin hemişelik ululygy kabul etsek, onda hemme gurluşlar ýönekeýleşýärler. Şeýle ýagdaýda p -niň ululygy üçin üpjünlik egri çyzygyň ordinatasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$y = y_x (1 + S_{\theta y}^x \cdot F_p),$$

üstesine-de, F_p (Fosteriň tablisasyndaky san) hemme egri çyzyklar üçin üýtgemeýän bolar (sebäbi biz $S_{\theta y}$ -gi üýtgemeýän kabul etdik) $S_{\theta y}^x$ -giň deregine ýokarda ýazylan 161-nji aňlatmany goýup alýarys:

$$y = y_x + y_x \frac{\sigma_y}{y_x} \sqrt{1-r^2} \cdot F_p = y_x + \sigma_y \sqrt{1-r^2} \cdot F_p. \quad (162)$$

Ikinji goşulyjy hemme egri çyzyklar üçin üýtgemeýän ululyk, ol diňe p bagly bolýar, diýmek, dürli x üçin y -giň hemme egri çyzyklary birmeňzeş bolarlar, diňe olar biri-birinden y_x -syň dürli ululyklaryna süýşen bolýarlar.

Aýdylanlary aşakdaky sanly mysalyň üsti bilen düşündireliň. Goý, akym öňki ululyklar bilen häsiýetlendirilen bolsun: $S_{\theta} = 0,50$ we $S_s = 1,00$, suwaryş norma bolsa akymyň ýyllyk moduly bilen korrelýasion baglanyşykly bolsun:

$$m = 6000 - 2000K. \quad (163)$$

(1 gektara m^3 -da), onsoň hem korrelýasion köpeldiji $r = -0,60$. Suwaryş normanyň ortaça ululygy ($K = 1,0$ bolanda) $4000 m^3/ga$ bolar, onuň modul köpeldijileri bolsa aşakdaky ýaly bolar:

$$K_a = \frac{m}{m_0} = 1,5 - 0,5K. \quad (164)$$

Ozalky ýaly $a_0 = 0,80$ ululygy kabul edip, tapýarys:

$$a = a_0 K_a = 1,20 - 0,4K, \quad (165)$$

$\alpha_{or} = 0,80$ bolanda.

Üýtgeýän a -nyň pytramagy K -nyň hemme ululyklarynda aşakdaky ýaly bolar:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\Sigma(a - a_{or})^2}{n}} = 0,4 \sqrt{\frac{\Sigma(1 - K)^2}{n}} = 0,20$$

$$\left(\sqrt{\frac{\Sigma(1 - K)^2}{n}} = S_g = 0,50 \text{ bolany üçin} \right),$$

pytrama bolsa berlen K -da aşakdaka deň bolar:

$$\sigma_a^K = 0,20\sqrt{1 - 0,60^2} = 0,16.$$

$K = 1,0$ ortaça ululyk üçin tapýarys:

$$S_{ga}^1 = \frac{\sigma_a^K}{a_{or}} = \frac{0,16}{0,80} = 0,20,$$

şuňa görä, goý, $S_{sa} = 2S_{ga}^1 = 0,40$ diýeliň we S -niň şu ululygy üçin Fosteriň tablisasyndan dürli p üçin F_p -niň ululyklaryny göçürýäris; bu ululyklary 0,16 köpeldip, 162-nji deňlemäniň ikinji agzasynyň üsti bilen aňladylan egri çyzygyň ordinatalaryny alýarys, olaryň üstüne 165-nji aňlatmadan K_a -nyň ortaça ululygyny goşup bolsa, berlen toparyň ähli egri çyzyklarynyň ordinatalaryny tapýarys, galan egri çyzyklaryň ordinatalaryny bolsa grafik usuly bilen birinji egri çyzygyň hemme ordinatalarynyň üstüne üýtgemeyän α_k -ny sirkul bilen goşup almak bolýar.

Hemme görkezilen hasaplamalary we grafikleri gurmaklygy ýerine ýetirip (olar bu ýerde ýazgylary gysgaltmak maksady bilen getirilmeýär), biz z -niň dürli ululyklary üçin üpjünligiň aşakdaky ululyklaryny alýarys:

28-nji tablisa

$z = -1,0$	$-0,5$	$0,0$	$0,20$	$0,40$	$0,60$
$p\% = 13,3$	29,4	55,5	67,8	79,4	89,4

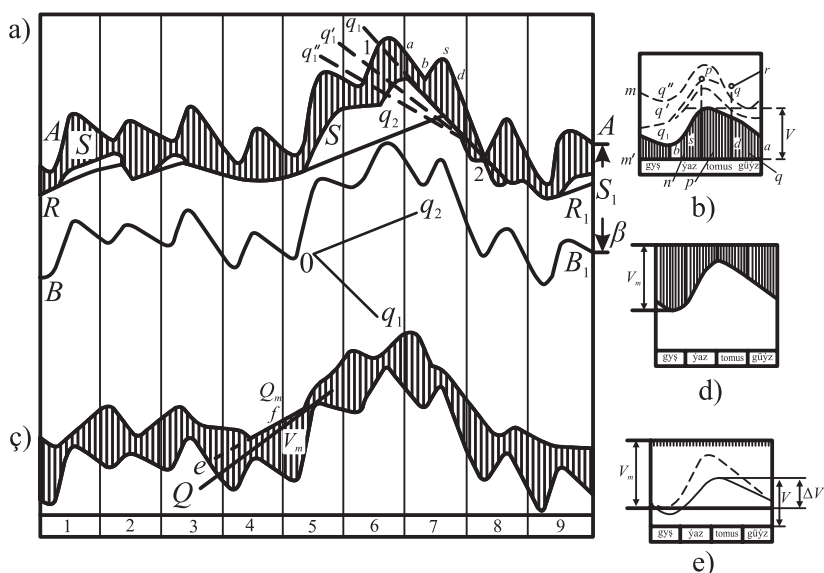
Şu tablisadan gelip çykyşyna görä, $z=0,39$ ululygyň 79% töweregi üpjünligi bolýar, ýokarda akym bilen sarp etmäniň arasynda baglanyşyk bolmadyk ýagdaýynda bolsa üpjünlik 88,4%-e deň bolupdy. Onuň şeýle bolmagy düşnükli, sebäbi soňky mysalda biz minus alamatly korrelyasion baglanyşygyň bolmagyndan ugur aldyk, ýagny az akymda sarp etmäniň uly normasyň bolmagy mümkin diýip çakladyk; şeýle çak etme berlen üpjünlikde akymyň ýetmezçiliginiň ölçeginiň köpelmegine getirip biler ýa-da, başga söz bilen aýdanynda, berlen ululyklaryň ýetmezçiliginiň üpjünligini peseltmäge getirip biler. Korrelyasion baglanyşygy hasaba alyp hasaplamak W.W.Trofimowyň, takmynan usuly bilen alnana ýakyn boldy

(0,79 we 0,80); şondan gelip çykyşyna görä, W.W.Trofimowyn usulyny ulanmak hasaba alynmadyk korrelýasion baglanyşygyň bolmadyk ýagdaýynda belli kepilnamany berýär. Ýokarda ýazylan grafoanalitik usul üýtgeýän sarp etmede we onuň akym bilen korrelýasion baglanyşygynyň bolan ýagdaýynda takyk hasaplamany ýerine ýetirmäge mümkinçilik berýär.

9.6. Suw hojalyk ulgamynyň üýtgeýän kuwwatynda akymy sazlamak

9.6.1. Çaklamany ulanman, dispetçer grafikler usuly bilen akymy sazlamak

Başda “Çaklama düzmek düýbünden mümkin däl we sarp etme iki çäklenendirilen suw mukdarlary bilen çäklenen” diýip çak edeliň: minimal (kepillendirilen) q_1 we maksimal q_2 bilen; sarp etme wagta bagly däl we hasaplanýan wagtyň çäginde ol üýtgemeyär (şeýle sarp ediljilere gidroelektrostansiýa, senagatyň ýa-da ilatyň suw üpjünçiligi degişli) diýip hasap edýäris. Hasaplamalar dispetçer grafikleriniň kömegi bilen aşakdaky tertipde alnyp barylýar. Goý, bizde pasyllardaky üýtgäp durmany hasaba alýan 9 ýyllyk döwrüň çägindeki akymyň integral egri çyzygy (62-nji surat) bar bolsun; onuň aşagyndan $\beta = \beta_{ky} + \beta_{pas}$ aralykda oňa ugurdaş ikinji egri çyzygy geçirýäris; olaryň aralygynda suwy ulanmanyň meýilnamasyny guryýars. Maksimal we minimal suw mukdarlaryň şöhleleri edil şol 62-nji suratda görkezilen. Akymyň hereketini q_1 şöhläniň kömegi bilen öwrenip, akymy sazlamak üçin 1-2 döwrüň howply boljakdygyna göz ýetirýäris, sebäbi ol q_1 suw mukdaryny üpjün etmek üçin howdanda saklanmaly iň uly göwrümi β_1 -i berýär. Eger-de gürrüň akymy üýtgemeyän suw mukdary q_1 üçin sazlamak barada giden bolsa, onda bu β_1 göwrüm howdanyň göwrümi bolardy; ýöne bizde $\beta > \beta_1$ bolany sebäpli suw sarp ediljilere uzak döwrüň dowamynda q_1 suw mukdarynyň deregine q_2 -ni ýa-da olaryň arasyndaky suw mukdaryny berip bileris. 1-2 aralykda akymyň we sarp etmäniň egri çyzyklarynyň arasyndaky ordinatalar howdanyň iş grafigini β_1 aňladýarlar; olar bütin howply döwrüň dowamynda suwuň üýtgemeyän mukdaryny bökdençsiz bermegi üpjün etmek üçin wagtyň her bir pursatynda howdanda galmaly göwrümleri berýärler. Şol döwrüň içinden iň uly suw ätiýaçlykly ýyly saýlap alýars we olaryň ululyklaryny wagt-göwrüm koordinatly aýratyn grafige geçirýäris; şol alnan ýyllyk grafik (62-nji b surat) dispetçer grafigi bolar. Biziň boljak akym barada hiç zat bilmeýänligimiz sebäpli, biz wagtyň her bir pursatynda öwrenilen döwürdeki gözegçilik edilen howply döwrüň başlanmagyna garaşmaly bolýars; diýmek, biz q_1 suw mukdaryny aşaky býefe akdyrmagy üpjün etmek üçin ýylyň islendik wagtynda howdanda dispetçer grafik bilen kesgitlenen suw ätiýaçlygyny saklamaly.



62-nji surat. Akymy dispetçer grafikleriň kömegi bilen sazlamak:

- a – az suw mukdarlarynda suw hojalygyň meýilnamasy; b – az suw mukdarlaryň dispetçer grafigi;*
ç – köp suw mukdarlarynda suw hojalygyň meýilnamasy;
d – has köp suw mukdarlarynyň dispetçer grafigi;
e – iki suw mukdarly dispetçer grafigi

Bu ýerden dispetçer grafigiň howdany ulanmakda gollanma bolup hyzmat edýän görkeziji bolýandygy görnüp durýar; şonuň bilen birlikde, onuň kömegi bilen suwy ulanmagyň amatly taslama meýilnamasyny düzmek we onuň peýdalydygyny hasaplamak aňsat bolýar.

Onuň üçin ýokarky integral egri çyzykdan aşaklygyna, islendik ýylyň her bir paslyna laýyk gelýän dispetçer grafigiň ordinatalaryny goýýarys ($S - S_1$ çyzyk). Aýratyn bölünen zolaklar (inçe çyzyklar çekilen) howply döwür başlanan ýagdaýynda akymy q_1 -e çenli sazlamak üçin howdanda galdyrylýan ätiýaçlygyň üýtgemesiniň hereketini berýär. $S - S_1$ we $B - B_1$ -iň arasynda galan zolak suw hojalygynyň islendik amatly meýilnamasyny gurmak üçin ulanyp bilner, ýöne bu ýerde bir çäklendirme bolýar, ol hem suw mukdarlary q_2 -den köp bolmaly däl we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary minimal bolmaly. Bizde çaklamanyň bolmaýanlygy sebäpli 62-nji a suratda ýogyn çyzyk bilen görkezilen çözügüt has dogrusy bolar. Eger-de howdandaky bar bolan suw ätiýaçlygy mümkinçilik berýän bolsa, onda biz her pursatda suw talap ediljilere köp mukdarda, ýagny q_2 -ni bermäge ymtylýarys; galan hemme wagtda akymy sazlamagy tebigy akymyň egri çyzygy boýunça alyp barýarys, ýöne bir zady ünsden düşürmeli däl, ol hem hiç ýerde suwuň mukdarlary q_1 -den az bolmaly däl (eger-de bir ýerde akym $< q_1$ bolsa, onda biz AA_1 we SS_1 -iň arasyndaky kepillendirilen zolagyň bir bölegini alýarys). Döwrüň ahyrynda howdandaky su-

wuň göwrümi döwrüň başyndaky göwürüme deň bolar ýaly howdanyň iş grafiginiň ahyrky nokatlary (R we R_1) B we B_1 nokatlardan deň aralykda ýatmaly.

Biz has ýönekeý ýagdaýa, ýagny suwy ulanmagyň iki suw mukdarly meýilnamasyna seredip gördük. Onuň ýetmezçiligine sarp etmäniň q_1 -den q_2 -kä çenli birden üýtgäp durmagy degişli. Suwuň goýberilýän mukdarynyň arasyndaky geçişi birsydyrgyn etmek üçin aşakdaky ýaly etmek bolar. Çetki q_1 we q_2 suw mukdarlaryň arasyndaky aralykda ýene-de birnäçe aralyk suw mukdarlaryny (q_1, q_2 we ş.m.) kabul edýäris, adaty, q -yň tegelenen ululyklaryny alýarys. Olaryň her biri üçin öňki ýaly dispetçer grafiki hususy egri çyzygy gurýarys, ondan başga-da dürli q üçin howp-ly döwrüň dürli bolup biljekdigini ýatdan çykarmak bolmaýar; iň aňsady, berlen q üçin dürli az suwly döwürleriň birnäçe egri çyzyklaryny gurmak we gutarnykly egri çyzyklaryň ulusyny saýlap almakdyr.

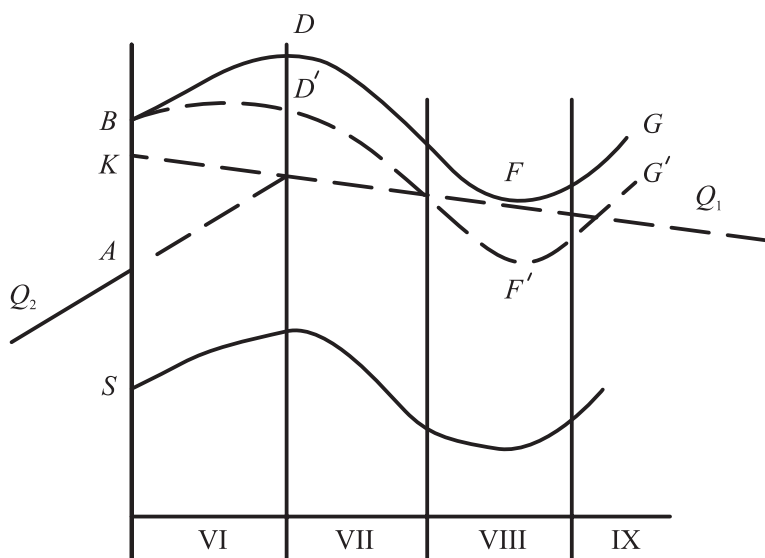
Köp suw mukdarly dispetçer grafiki ulanmak aşakdakydan ybarat bolar. Goý, gysyň başynda (*62-nji b surat*) howdandaky suwuň ätiýaçlygy mm' ordinata bilen kesgitlenýän bolsun; onda howdandan q_1 -niň we q_2 -niň aralygyndaky suw mukdarlary berilýär; soňra eger-de ýazyň başynda suwuň ätiýaçlygy nn' -e çenli köpelyän bolsa, onda suwuň q_1' mukdary berilýär we ş.m. Umuman, wagtyň her bir pursatynda, howdandan akdyrylýan suwuň mukdary, howdandaky suwuň ätiýaçlygy we dispetçer grafiki laýyk gelýän egri çyzygy boýunça kesgitlenilýär. Edil şeýle tertip suwy ulanmagyň meýilnamasy düzülide we howdanyň takyk sarp etmesiniň hasaplama taslananda berjaý edilmeli.

9.6.2. Çaklamany ulanyp akymy sazlamak

Indi bolsa bölekleyin çaklama bolan ýagdaýynda şol hasaplama nähili üýtgeşiklikleri girizip boljakdygyna gysgaça seredip göreliň.

Goý, haýsy hem bolsa bir pursatda (mysal üçin, iýun aýynyň 1-de) howdandaky bar bolan suwuň göwrümi A nokat bilen kesgitlenýän bolsun (*63-nji surat*). B we S nokatlar howdanyň boş we doly çyzyklary görnüşinde bolsunlar. Goý, akymyň çaklamasyny 1 aý öňünden düzüp bolýan bolsun, üstesine-de, çaklamanyň maglumatlary boýunça bolaýjak ýalňyşlyklary hasaba alyp, iýun aýynda B, D çyzykda şekillendirilen akymyň hereketine garaşmaly bolsun.

Biziň jemleme egri çyzygymyzy iýul aýynyň 1-ine gutarýan D nokadyň ýerleşşi, akymyň çaklamasy esasynda biziň alyp biläýjek ahyrky netijämizi berýär. Iýul aýynyň 1-inden soň akymyň hereketi bize näbelli bolýar, diýmek, has amatsyz şertleriň bolmagyna, ýagny örän az suwly akyma garaşmaly.



63-nji surat. Çaklamany ulanmagyň çyzgysy

Şoňa laýyklykda çyzgyda DFG çyzygy geçirilen. Şol çyzyga azaldylan suw mukdarynyň Q_1 kabul edilen ululygyna laýyk gelýän, ýapgytly galtaşma çyzygyny geçirip, akymyň berlen çaklamada az suwly döwrüň ahyryna çenli sarp etmäni bökdenceşiz üpjün etmek üçin talap edilýän, howdanyň iýun aýynyň 1-indäki göwrümini (BK kesim) kesgitläris. Eger-de hojalygy öňki dolandyryşyň netijesinde howdanyň AB göwrümi iýun aýynyň 1-indäki BK göwrümünden köp bolsa, onda Q_2 sarp etmäni bermegi dowam etmek bolýar. Eger-de tersine bolsa, ýagny $AB < BK$ bolsa, onda suwuň azaldylan mukdaryna Q_1 -e geçmeli. Çaklamasyz hasaplama bilen tapawut aşakdakydan ybarat, akymy çaklama esasynda kesgitlenýän D nokadyň ýerleşşi çäklendirilen pes akym hasaplanandaky D_1 -den ýokarda ýerleşýär. Şonuň üçin hem laýyklykda integral egri çyzygyň hemme şahalary DFG (çaklamasyz ol $D'F'G'$ ýaly ýerleşerdi), DD' kesimiň ululygyna ýokary galýar. Howdanyň iýun aýynyň 1-indäki gözlenýän kepillendirilen göwrümi edil şol ululyga azalýar.

Şol mysalyň üsti bilen çaklamany ulanmagyň düýp manysy düşündirilýär; taslama hasaplamalarynda diňe howdanyň ulanylýan döwründe bolup biljek çaklamalary ulanmaly. Geljek döwür üçin akym bellenende, düzedişleri uly bolan ýagdaýda (minus alamatly), akym бүтін öwrenilýän döwrüň wagt böleginde (aý, pasyl) gözegçilik edilen akymdan kiçi bolmagy mümkin; şeýle ýagdaýda S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň çaklamalary boýunça hasaplanan akymy alman, gözegçilik edilen iň az akymy almagy maslahat berýärler.

9.6.3. P.A.Lýapiçewiň usulyny ulanyp akymy sazlamak

P.A.Lýapiçew tarapyndan işlenip taýýarlanan usul ýokarda ýazylandan birneme tapawutly.

Goý, köpýyllyk hatarda howply ýyl boýunça ýyllyk sarp etmäni V_0 üpjün edýän howdanyň göwrümi W_0 kesgitlenen bolsun; diňe şol göwrüm bolan ýagdaýda sarp etme hiç haçan V_0 -dan köp berlip bilinmez, sebäbi biz hiç haçan howply döwrüň başlanmajakdygyny kepillendirip bilmeýäris (akymyň çaklamasyny takyk düzmek mümkin däl hasap edilýär). Indi biz howdanyň $W_e > W_0$ göwrümi bar diýip hasap edeliň, üstesine-de, goşmaça göwrüm $W_{goş} = W_e - W_0$ kepillendirilen sarp etmäni köpeltmek üçin ulanylman, köp suwly döwürlerde goşmaça suw bermek üçin ulanylýar. Goý, biz haýsy hem bolsa bir ýylyň az suwly döwrüniň başynda duran bolalyň. Indiki ýylda suw bökdençligi bolmaz ýaly, bütin indiki ýyl üçin haýsy maksimal ýyllyk sarp etmäni bellemeli diýen sorag ýüze çykýar. Şol ýyllyk sarp etmäniň $V_{ýyl}$, howply ýyl boýunça hasaplanan ýyllyk minimal sarp etmeden (V_0) we goşmak howdandaky indiki ýyla gerek boljak kepillendirilen ätiýaçlykdan artyp galýan göwrümden ybarat boljakdygy görnüp dur. Ony aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$V_{ýyl} = V_0 + (W_{a.s} - W_0), \quad (166)$$

bu ýerde $W_{a.s}$ – az suwly döwrüň başynda howdanda saklanyp galan ätiýaçlyk suwuň göwrümi. Şoňa laýyklykda, iň uly ýyllyk sarp etme şeýle aňladylýar:

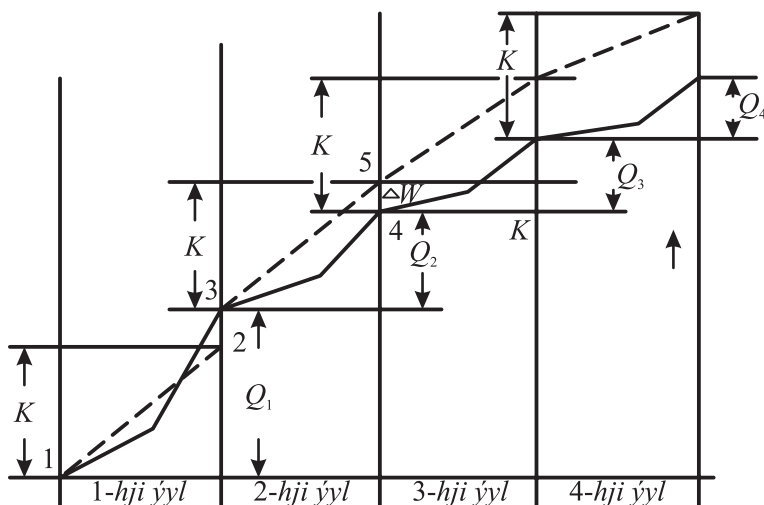
$$\max V_{ýyl} = V_0 + (W_e - W_0) = K. \quad (167)$$

167-nji aňlatma meseläniň çözgüdini berýär. Ony ulanyp we akymyň hronologik grafigi ýa-da onuň integral egri çyzygy bar bolsa, bütin hasaplama döwür üçin sarp etmäniň grafigini we howdanyň iş grafigini gurmak, ýitgini we akymy sazlamagyň umumy peýdalydygyny kesgitlemek aňsat bolýar.

Mesele integral egri çyzygyny ulanyp, grafik usuly bilen çözülende aşakdaky ýaly ýönekeý gurluşlar (64-nji surat) ýerine ýetirilýär.

Goý, başda (1-nji nokat) howdan doly ($W_{a.s} = W_e$) we 1-nji ýyl köp suwly, ýagny akymy $> \max V_{ýyl}$ bolsun. 1-nji nokatdan ýokaryk K kesimi goýýarys we 2-nji nokada çenli kese çyzyk geçirýäris; 1-2 çyzyk 1-nji ýyldaky sarp etme egri çyzygy bolar (göwrüm $\max V_{ýyl} = K$), 2-3 kesim 1-nji ýyldaky aşaky býefe suw akdyrmany görkezzer; ýylyň ahyrynda howdan W_e çenli doldurylan. 2-nji ýylyň akymyny kabul edýäris $Q_2 < \max V_{ýyl}$; şol öňki gurluşy gaýtalap, sarp etmäniň doly üpjün edilýändigini tapýarys, ýöne 2-nji ýylyň ahyrynda howdanyň göwrümi ΔW ululyga azalýar (4-5 kesim), üstesine-de $\Delta W_3 = \max V_{ýyl} - Q_2 = K - Q_2$ we howdanda 2-nji ýylyň az suwly döwürüne çenli galan suw aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$W_{a.s,3} = W_e - (K - Q_2) = W_0 + Q_2 - V_0. \quad (168)$$



64-nji surat. P.A.Lýapiçewiň usuly boýunça hasaplamak

Q_2 akyma baglylykda, ol galan göwrüm $W_{a.s,3} = W_0(Q_2 = V_0$ bolanda)-dan $W_{a.s,3} = W_e(Q_2 = \max V_{ýyl}$ bolanda) çenli çäkke üýtgäp durýar.

3-nji ýylyň sarp etme egri çyzygyny almak üçin 5-nji nokatdan ýokaryk howdanda galan göwrümi, ýagny $W_e - \Delta W$ -ni goýarys; 4 – 5 kesimiň ΔW -ni aňladýanlygy sebäpli, K -nyň ululygyny 4-nji nokatdan ýokaryk goýmaly. 3-nji ýylda sarp etme, şol ýylyň akymyna bagly bolmaýar we aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$V_3 = K - \Delta W_3 = Q_2, \quad (169)$$

ýagny geçen ýylyň doly akymyna deň bolar (V_0 -dan $\max V_{ýyl}$ -a çenli); umuman, islendik ýylda $\max V_{ýyl}$ -dan az bolan akym doly ulanylar, ýöne indiki ýylda çaklamalaryň bolmaýanlygy we $W_0 + W_{goş}$ göwrümli howdanyň barlygy edil şonuň bilen aňladylýar, üstesine-de akym V_0 -a çenli azalýan ýagdaýynda-da W_0 hemişe ätiýaçlykda galýar, $W_{goş}$ bolsa islendik ýylyň $\max V_{ýyl}$ -dan az bolan suw mukdaryny indiki ýylda doly ulanmaga mümkinçilik berýär.

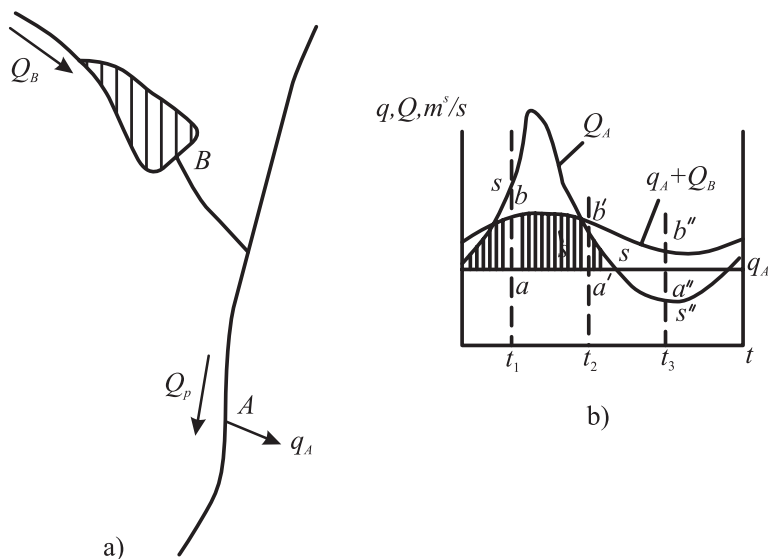
Akymy sazlamagyň şeýle tertibi howdanyň göwrümi we akymyň häsiýeti bilen kesgitlenýän, howdandan maksimal suw sarp etmäni üpjün edýär; şonuň üçin awtor ony “maksimal sarp etmäniň sazlamasy” diýip atlandyrýar. Anyk bir mysal üçin ýerine ýetirilen hasaplamalar $\beta = 0,857$ bolanda we kepillendirilen üýtgemeyän suw mukdarynda akym sazlananda ortaça ýyllyk sarp etme $\alpha = 0,74$ -e deň bolýar; egerde kepillendirilen sarp etmäni $\alpha_0 = 0,45$ -e çenli azaltsak ($\beta_0 = 0,214$ talap ederdi) we akymy sazlamagy ýazylan usul boýunça alyp barsak, onda ortaça ýyllyk sarp etme eýýäm $\alpha' = 0,93$ bolýar, ýagny ($\alpha = 0,74$ -e garanynda) 25,5 % köp.

AKYMY SAZLAMAGYŇ ÇYLŞYRYMLY GÖRNÜŞLERI

10.1. Akymyň öwezini dolup sazlamak

Akymyň öwezini dolup sazlamagyň manysy derýanyň suw ýetmezçiliginiň üstüni derýadan suw alýan desgadan ýokarda ýerleşen howdanyň hasabyna doldurmakdan ybaratdyr. Akymy sazlamagyň şol görnüşini belli bir şertler sebäpli (topografik, gidrogeologik, ykdysady we ş.m.) derýadan suw alynýan ýerde howdan gurmak mümkinçiligi bolmadyk ýagdaýynda we bir derýa ulgamynda gurlan howdanlaryň göwrümini başarnykly peýdalanyp, akymy sazlamagyň has gowy netijesini almak üçin ulanýarlar.

Akymyň öwezini dolup sazlamagyň ýönekeý görnüşü iki gurluşdan ybarat (65-nji a surat): ýokarky (goşantdaky howdan) akymy sazlaýjy desga we aşaky diňe sarp edijilere suw bermegi üpjün edýän desga. Howdanyň (B ölçeg kesigi) we suw alyjy desganyň (A ölçeg kesigi) arasynda derýanyň suw ýygnaýan meýdany ýerleşýär, ol meýdanda akym sazlanmadyk bolýar. Suw alynýan ýerde talap edilýän suwuň mukdary sazlanmadyk akymyň we goşantdaky howdandan suw almagyň hasabyna üpjün edilýär.



65-nji surat. Akymyň öwezini dolup sazlamagyň çyzgysy:

a – howdanyň ýerleşişiniň çyzgysy; b – hasaplama çyzgysy

Akymyň has köpelyän wagtynda, ýagny $Q_A > q_A$ bolanda, suw sarp etme бүтінлеý derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň akymy sazламаýан böleginiň hasabyna üpjün edilýär. Şol döwürde derýanyň goşandyndaky howdan doldurylýar. Howdandan diňe sanitar maksatlar üçin aşaky býefe suw akdyrylýar we howdandan aşaky desganyň ölçeg kesigine çenli aralykda ýerleşen senagat, kommunal hem-de beýleki suw alyjylaryň suwa bolan talaby kanagatlandyrylýar. Eger-de az suwly döwürlerde derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň akymy sazlanmadyk böleginden akyp gelýän suwuň mukdary aşaky ölçeg kesikde berlen sarp etmäni üpjün edip bilmeýän bolsa ($Q_A < q_A$), onda ýetmeýän suwuň öwezini dolmak üçin howdandan aşaky býefe suw akdyrylýar.

Şeýlelikde, ýetmeýän suwuň öwezini dolduryjy howdanyň iş düzgüni aşaky ölçeg kesigindäki suwy ulanyşyň şertlerine bagly bolýar. Köp suwly döwürlerde howdandan suw almak iň az mukdaryna ýetýär, az suwly döwürlerde bolsa howdandan suw almak derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň akymy sazламаýан böleginiň akymynyň üýtgäp durmagyny tekizläp, uly çäklerde üýtgäp durýar. Howdanyň işleýiş şertleri örän çylşyrymly bolýar.

Ýetmeýän akymyň öwezini dolup sazlamak pasyllyk (ýyllyk) ýa-da köpýyllyk bolup biler. Akymyň öwezini dolup sazlamagyň hasaplamalaryny akymyň kalendar hataryny ulanyp, şeýle hem umumylaşdyrylan usullar bilen ýerine ýetirýärler. Şonuň bilen birlikde ilkinji maglumatlara we hasaplamanyň takyklygyna baglylykda M.W.Potapowyň, Ý.F.Pleşkowyň, G.P.Iwanowyň, Ş.Ç.Çoçiniň usullaryny ulanýarlar.

Mysal hökmünde M.W.Potapowyň usuly boýunça goşantdaky bir howdan bilen akymyň öwezini dolup pasyllyk sazlamagyň hasaplamasynyň tertibine seredip göreliň (65-nji a surat).

Ýetmeýän suwuň öwezini dolup, akymy sazлаýан howdanyň peýdaly göwrümini kesgitlemek üçin B kesikde akymyň hasaplama gidrografyny $Q_A(t)$ we A nokatdaky suw alyjy desganyň ölçeg kesigindäki talap edilýän ýyllyk suw sarp etmäni $q_A(t)$ bir çyzgyda utgaşdyryp çyzýarys (65-nji b surat). Ondan başga-da sarp etme çyzykdan ýokarlygyna B ölçeg kesiginde hasaplama gidrografyň ordinatlaryny goýýarys we $(Q_B + q_A) = f(t)$ grafigi gurýarys.

Suwuň B ölçeg kesikden A ölçeg kesige çenli akyp barmagynyň wagtyny hasaba almazlyga rugsat berilýär. Wagtyň öz häsiýetli t_1 , t_2 we t_3 pursatlarynda howdany suwdan doldurmak üçin näçe suw alyp boljakdygyna seredip göreliň. t_1 pursatda ölçeg kesigindäki suwuň mukdary A , talap edilýän suw sarp etmeden ep-esli köp, ýagny $Q_A > q_A$, şonuň üçin hem goşandyň suw mukdaryny tutuşlygyna howdanda saklamak bolýar we şonuň bilen birlikde beýleki goşantlaryň berýän, bs ordinata deň bolan peýdalanylmaýan artykmaç akymy galýar. t_2 pursatda B goşant $a'b'$ suw mukdaryny berýär, ýöne ondan howdanda diňe A nokatdaky sarp etmeden artyp galýan akymyň bölegini, ýagny $a's'$ ordinatany galdyrmak bolýar. Ahyrsoňy t_3 pursatda aşaky ölçeg

kesikde suw ýetmezçiligi bolýar we Q_B suw mukdaryndan howdanda suw alyp galmak mümkinçiligi bolmaýar. Şeýlelikde, B goşandyň öwezini dolup sazlamak üçin ulanyp boljak artykmaç akymyny W'_B , sarp etme çyzygy we $Q_A(t), (Q_B + q_A) = f(t)$ egri çyzyklar bilen çäklendirilen meýdan (ştrih çyzyklar çekilen meýdan) boýunça kesgitlemek bolýar (65-nji b surat). Tapylan artykmaç akymy ýetmezçilik bilen deňeşdirip, howdanyň näçe taktida işleýänligini anyklaýarys we akymy öwezini dolup sazlaýan howdanyň gerek bolan peýdaly göwrümini kesgitleýäris. Hasaplamalary deňagramlylyk tablisa-san usuly bilen ýerine ýetirýäris (29-njy tablisa), şonuň bilen birlikde, suw ýitgilerini hasaba alýarys, howdany doldurmagy we artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagy kesgitleýäris, howdanyň iş grafigini gurýarys.

29-njy tablisa

Akymyň öwezini dolup sazlamagy hasaplamak

Wagtyň hasaplama aralygy Δt	Suw alynýan ölçeg kesigindäki suwuň mukdary, m^3/s		$Q_A - q_A$, m^3/s		Howdanyň ölçeg kesigindäki suwuň mukdary $Q_B, m^3/s$	Artykmaç akymyň göwrümi W'_B, m^3	Howdanyň ahyrky doldurylmasyň göwrümi V_a, m^3	Howdandan aşaky býefe akdyrylan suwuň göwrümi V_{ak}, m^3
	aky-myňky Q_A	sarp etmäniňki q_A	+	-				

Kalendar gidrometrik gözegçilik maglumatlary bolan ýagdaýda öwezini dolup akymy sazlaýan howdanyň hasaplamasyny, şeýle hem akymyň we sarp etmäniň integral egri çyzyklarynyň kömegi ýerine ýetirmek bolýar.

Şu ýerde bir zady bellemeli, ol hem akymyň öwezini dolup sazlaýan howdanyň peýdaly göwrümi, esasy derýadan suw alynýan kesikde akymy sazlamak üçin gerek bolan göwrümden az bolmaly däl, käbir ýagdaýlarda bolsa ol göwrümden köp bolýar.

Eger-de derýa goşantlarynyň hiç biri-de aýratynlykda akymy geregiçe sazlamaga mümkinçilik bermeýän bolsa, onda howdan gurmak üçin amatly bolan derýa goşantlarynyň içinden ikisini we ondan hem köpüsini barlap görmeli. Şol derýa goşantlarynyň artykmaç akymynyň grafigini esasy derýanyň hasaplama ölçeg kesigindäki talap edilýän sarp etmäniň grafigi bilen deňeşdirip, ähli howdanlaryň jemi göwrümini we olaryň her biriniň göwrümini aýratyn kesgitleýärlər, şeýle hem howdanlaryň iş düzgünini anyklaýarlar. Şeýle meseleler umumy göwrümi aýratyn howdanlaryň arasynda bölmäge degişlilikde, şeýle hem howdanlary ulanmagyň meýilnamasyna birnäçe çözgütleri anyk çözmäge mümkinçilik berýär. Gurluşyk, suw hojalyk, ykdysady we howdanlary ulanyş şertleri hasaba alyp, gutarnykly netijä gelýärlər.

10.2. Akymy kaskad usuly bilen sazlamak

Haýsy hem bolsa bir derýanyň ugry boýunça basgançak görnüşinde yzygiderli ýerleşdirilen howdanlar ulgamyna kaskad diýilýär. Kaskada girýän howdanlaryň iş şertleri tapawutly bolýar. Derýa akymynyň ugry boýunça aşakda ýerleşen her bir howdan, kaskadyň ýokarda ýerleşen basgançaklarynyň üstünden geçen we onuň täsirine sezewar bolan akymy ulanýar. Netijede, derýanyň uzynlygy boýunça akymyň düzgüni üýtgeýär: suwy ulanyjylaryň zerurlyklary üçin suwuň alynmaklygy we howdanyň üstünden bugarma netijesinde suw ýitgisiniň bolýanlygy sebäpli akymyň jemi göwrümi azalýar, ondan başga-da wagt geçmegi bilen akym täzededen paýlanylýar.

Eger-de howdany döredýän bentleriň býefleri biri-birine utgaşýan bolsalar we olaryň arasynda akymy sazlanmadyk meýdan bolmasa, onda birleşen kaskad bolýar. Şeýle ýagdaýda kaskady emele getiriji howdanlar öz aralarynda gidrawlik taýdan baglanyşýarlar we akymyň ugry boýunça aşakda ýerleşen howdanyň iş düzgüni ýokarda ýerleşen basgançagyň aşaky býefindäki suwuň derejesine täsir edýär. Şonuň bilen birlikde, akymy täzededen has doly paýlamak we derýa akymyny gidroenergetika, gämi gatnawy, şeýle hem halk hojalygyň beýleki pudaklarynyň maksatlary üçin ulanmaga amatly şertler döreýär.

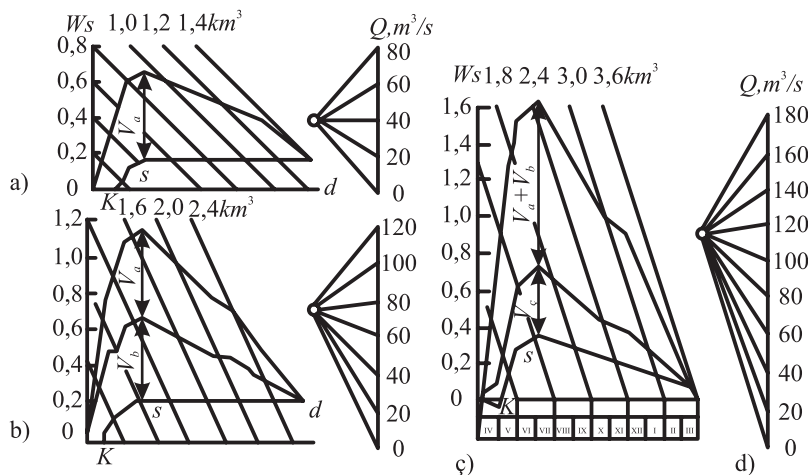
Eger-de aşakda ýerleşen howdanyň çişgini ýokarda ýerleşen howdanyň aşaky býefine ýetmeýän bolsa we kaskadyň basgançaklarynyň arasynda akymy sazlanmadyk derýa bölegi bar bolsa, şol kaskada birleşmedik diýýärler. Şeýle kaskad akymyň ulanylyş nukdaýnazaryndan amatsyz hasaplanylýar.

Kaskadyň howdanlarynyň bagly bolmadyk ýa-da akymy öwezini dolup sazlaýan düzgünde işlemekleri mümkin. Bagly bolmadyk her bir howdan özüne berkidilen suw ulanyjylaryň talabyny kanagatlandyrmak maksady bilen akymy sazlaýar. Haçanda howdan beýleki basgançaklaryň ýa-da бүтін kaskadyň iş şertlerine bagly bolanda, onda akymyň öwezini dolup sazlamak usulynyň düzgüni ýüze çykýar.

Howdanlaryň kaskady bilen akymy sazlamagyň hasaplamalaryny kalendar gidrologik hatarlar boýunça tablisa, grafik we umumylaşdyrylan usullar bilen ýerine ýetirýärler.

Hasaplamalary kalendar hatarlar boýunça ýerine ýetirmek üçin her bir ölçeg kesikde hasaplama wagt aralyklary boýunça akymyň ýyl içinde paýlanyşy, sarp etmäniň göwrümi, howdanlaryň häsiýetlendirijileri barada degerli maglumatlar bolmaly. Hasaplamalary derýanyň akymynyň ugry boýunça iň ýokarky howdandan başlaýarlar, soňra aşakda ýerleşen howdanlara yzygiderli geçýärler. Mysal üçin, hasaplama grafik usulda ýerine ýetirilende ýokarky ölçeg kesik üçin akymyň we sarp etmäniň gyşyk burçly koordinatdaky integral egri çyzyklaryny gurýarlar we ýokarky howdanyň peýdaly göwrümini, onuň doldurylyşyny we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny kesgitleýärler (*66-njy a surat*). Soňra gidrometrik gözegçilikleriň maglumatlary boýunça, kaskadyň akymyň ugry boýunça ikinji ölçeg kesiginde indiki basgançak üçin akymyň integral egri çyzygyny gurýarlar. Şol integral egri

çyzygyň ordinatasyndan birinji howdanyň hasaplama wagt aralyklarynyň ahyryndaky howdanyň doldurylan göwrümini aýryp, ýokarda ýerleşen howdanyň işleýşini hasaba alyp, ikinji howdan üçin akymyň integral egri çyzygyny alýarys (66-njy b surat). Şol düzedilen egri çyzyk we berlen sarp etme boýunça ikinji howdanyň peýdaly göwrümini we doldurylyşyny tapýarlar.



66-njy surat. Üç howdan bolanda akymy bagly bolmadyk kaskad usuly bilen sazlamanyň çyzgysy (W.A.Bahtiýarow boýunça): a, b, ç – kaskadyň 1-nji, 2-nji, 3-nji basgançaklary.

V_a, V_b we V_c – laýyklykda 1-nji, 2-nji we 3-nji howdanlaryň peýdaly göwrümleri

Edil şeýle ýol bilen kaskadyň indiki basgançaklaryny hasaplaýarlar. Kaskadyň ölçeg kesikleriniň aralygy biri-birinden örän uzakda ýerleşen bolsa, suwuň bir ölçeg kesikden beýleki ölçeg kesige çenli akyp barýan wagtyny hasaba almaly.

Kaskad usuly bilen akymy bagly bolmadyk sazlamagyň hasaplamalarynyň yzygiderliligi tablisa usuly bilen sazlananda-da edil şunuň ýaly bolýar.

Howdanlaryň kaskady umumylaşdyrylan usullar bilen hasaplananda akymy sazlamagyň ähtimallyk nazaryýeti we gidrologik hatary modelirlenmegiň matematik usullary ulanylýar. Monte-Karlonyň usuly bilen hasaplananda, mysal üçin, ilkinji gidrometrik maglumatlaryň esasynda uzak möhletli (1000 ýyl we ondan hem köp) emeli gidrologik hatarlar gurulýar, şonuň bilen birlikde, şol bir ölçeg kesiginde dürli wagt aralygyndaky, ölçeg kesikleriň arasyndaky, gapdaldan akyp gelýän goşantlaryň we esasy derýanyň suw mukdarlarynyň arasyndaky korrelýatiw baglanyşyk hasaba alynýar. Soňky hasaplamalary deňagramlylyk (tablisa) usuly boýunça ýerine ýetirýärler.

Suw hojalyk hasaplamalary ýerine ýetirilende, köplenç, Ý.F.Pleşkownyň umumylaşdyrylan usulyny ulanýarlar, ol kaskadyň aşaky howdanynyň hasaplamasyny aýratyn ýerleşen howdanyň hasaplamasyna getirýär.

Kaskadda howdanlaryň özara täsiri örän çylşyrymly bolýar, kaskadyň işini we akymy sazlamagyň parametrlerini kesgitleýän hemme faktorlary hasaba almak bol-

sa hasaplamalar ýerine ýetirilende köp wagt talap edýär. Şonuň üçin hem kaskadlar hasaplananda amatly hasaplama usullar we hasaplaýjy maşynlar giňden ulanylýar.

XI BAP

AŞAKY BÝEFE SUW AKDYRYJY DESGALARY HASAPLAMAK

11.1. Joşgunyň howdanyň üstünden geçişi

11.1.1. Çözülýän meseläniň düýp manysy

Aşaky býefe suw akdyryjy desgalary hasaplamak, adaty suw derejesine (ASD) çenli doldurylan howdanda hasaplama joşgunyň başlanýan wagtyna laýyk gelýän has amatsyz şertler üçin alnyp barylýar. Eger-de suw alyjy desgalar ýörite joşgun suwuň mukdaryny geçirmek üçin niýetlenen bolmasalar, olaryň üstünden geçýän suwuň mukdary hasaba alynmaýar; eger-de aşaky býefe suw akdyryjy desgalarda agyzýapy bar bolsa, onda olar “doly açyk” diýlip göz önüne getirilýär. Şol başlangyç çaklamalardan her hili gyşarmalary hasaba almak bolýar, olar barada laýyk gelýän bölümlerde ýazylýar.

Ýokarda aýdylyşy ýaly, suw akdyryjy desgalaryň esasy iki görnüşi bolýar: bendiň ýokarky böleginde bent gädigi we bendiň aşaky böleginde deşik ýa-da turba; birinji ýagdaýda suw erkin akýar, ikinji ýagdaýda bolsa basyşly akýar. Suw akdyryjy desganyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary iki ululyklar bilen: desganyň ölçegi bilen (bent gädiginiň bosagasynyň giňligi B ýa-da turbanyň kesiginiň meýdany) we desgadaky basyş h bilen kesgitlenilýär. Desgalaryň ölçegi we basyş desganyň üstünden geçýän maksimal suwuň mukdary q_{\max} boýunça hasaplanan bolmaly, suwuň edil şol mukdaryna uly basyşyň h_{\max} (ätiýaçlyk suw derejesinde $\check{A}SD$) laýyk gelýändigini gumansyzdyr.

Eger-de howdanyň suw ýüzüniň meýdany uly bolmasa, onda suwuň adaty derejesiniň ASD we ätiýaçlyk suw derejesiniň $\check{A}SD$ arasyndaky göwrüm joşgunyň akymynyň göwrümi bilen deňeşdireniňde kiçi bolar; şol ýagdaýda howdan joşgun suwunyň mukdaryna sazlaýjy täsir etmeýär diýseň hem bolar we aýratyn hem aşaky býefe akdyrylýan suwuň maksimal mukdary q_{\max} joşgun suwunyň maksimal mukdaryna Q_{\max} deň diýip hasaplamak bolar. Şeýle ýagdaýda aşaky býefe suw akdyryjy desgalary hasaplamak kyn bolmaýar, ilki bilen, desganyň ölçeginiň we maksimal

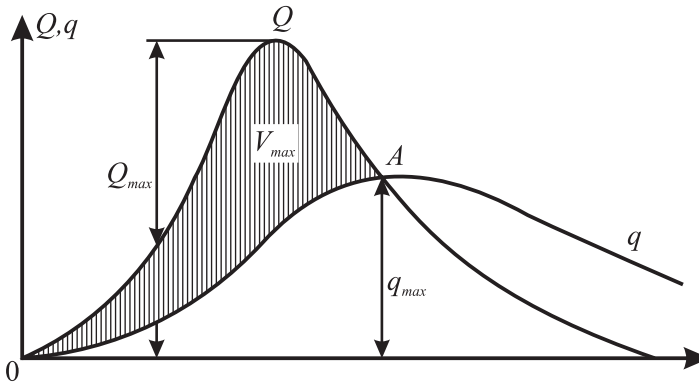
basyşyň arasyndaky amatly gatnaşygy saýlap almaga alyp barýar; maksimal basyş, adaty, bendeni aşaky bölegini suwa basdyrmazlyk ýa-da energiýany gowşatmak şertlerinden ugur alnyp belenilýär. Biz edil şeýle ýagdaýa derýada suwuň derejesini ýokarlandyrmak üçin niýetlenen pes basyşly derýa bentleri hasaplananda düşgelyäris. Şeýle bentleriň emele getiren howdanlarynda akym diňe gije-gündizlik sazlanýar.

Eger-de adaty suw derejesiniň (ASD) we ätiýaçlyk suw derejesiniň ($\dot{A}SD$) arasyndaky göwrüm (ony V_{\max} -da aňladarys) joşgunyň göwrüminiň esli bölegini tutýan bolsa, onda şol göwrüm joşgunyň akymyna sazlaýjy täsir edýär; joşgun akymynyň bir bölegi howdanda saklanýar, şol sebäpli howdandan akdyrylýan suwuň mukdary gelyän suwuň mukdary bilen deňşdireniňde az bolýar; desganyň üstünden geçýän suwuň maksimal hasaplama mukdary q_{\max} hem Q_{\max} -dan az bolýar, ol bolsa aşaky býefe suw akdyryjy desganyň ölçegini kiçeltmäge mümkinçilik berýär. V_{\max} näçe uly bolsa, ýagny suwuň derejesi h_{\max} näçe ýokary bolsa, şonça-da q_{\max} -yň ululygy Q_{\max} bilen deňşdireniňde kiçi bolýar. Şeýlelikde, q_{\max} -y diňe suw akdyryjy desganyň ölçeglerini kesgitlemek bilen baglanyşdyryp kesgitlemek bolýar, şol bolsa olaryň hasaplamalaryny has kynlaşdyrýar.

Şeýle ýagdaýda hasaplamanyň umumy alnyp barlyşy aşakdaky ýaly bolar. Joşgun akymynyň grafigi berlen howdanyň häsiýetnamasy we ASD -niň belligi belenen. Aşaky býefe suw akdyryjy desganyň ölçeglerini (B ýa-da ω) kabul edýäris we aşakdaky ýazylan düzgünleri gollanma edinip, suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarlarynyň hronologik grafigini gurýarys, olar, adaty, joşgunyň grafigi bilen bir çyzgyda çyzylýar (*67-nji surat*). Şonuň bilen birlikde, aşaky býefe akdyrylýan suwuň iň köp mukdary q_{\max} hem kesgitlenilýär. Suwuň şol mukdary boýunça desganyň iň uly çişginini h_{\max} we oňa laýyk gelyän ululyklary kesgitleýäris: V_m , Ω_m ($\dot{A}SD$ -däki suw ýüzüniň meýdany) we ş.m. Eger-de alnan h_{\max} bizi kanagatlandyryýan bolsa, onda hasaplamany bes edýäris; köplenç ýagdaýlarda birnäçe wariantlary hasaplamaly bolýar, onuň üçin dürli B ýa-da ω kabul edýäris, bularyň her biri üçin görkezilen hasaplamalary gaýtalaýarys, q_{\max} , h_{\max} , Ω_{\max} , desganyň bahasyny we ş.m. tapyp, iň amatly wariantyň çözgüdini saýlap alýarys. Hasaplamalardan alnan netijelere has takyk baha bermek üçin olary grafik görnüşinde şekillendirýärler, onuň üçin çyzgynyň kese oky boýunça belli bir ululygy (mysal üçin, B ýa-da q_{\max}), dik oky boýunça bolsa taslamany düzüjini gyzyklandyryýan hemme beýleki görkezijileri (h_m , V_m , Ω_m desganyň bahasy we başgaly) goýýarlar.

Şeýle göni hasaplama ýolundan başga-da q_{\max} -yň ululygyny kabul edip, ýönekeý usul bilen B -ni (ω -ny), h_{\max} -y we h_{\max} bilen baglanyşykly beýleki ululyklary kesgitlemäge mümkinçilik berýän, takmynan, hasaplama usuly hem bar; ol usul (D.I.Koçeriniň usuly) barada indiki bölümlerde ýazylar, indi bolsa

hasaplamalaryň esasy usulyňa ýüzlenýäris, ýagny sazlaýjy göwrüm V_{\max} bolanda suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarlarynyň hronologik grafigini gurmaly.



67-nji surat. Joşgunyň we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlarynyň utgaşdyrylan grafigi

11.1.2. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarlarynyň deňlemesi we ony barlamak

Ýokarda görkezilen şertlerdäki suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň grafiginiň differensial deňlemesini tapýarys. Goý, belli bir t pursatda desgada basyş $h-a$ deň (68-nji a we b suratlar), howdana gelýän akym Q we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary q bolsun; laýyk bellikde suw ýüzüniň meýdany Ω deň bolsun. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary aşakdaky ýaly bolar:

Bent gädigi üçin (68-nji a surat):

$$q = m_1 B h^{3/2}; \quad (170)$$

Suw geçiriji deşik üçin (68-nji b surat):

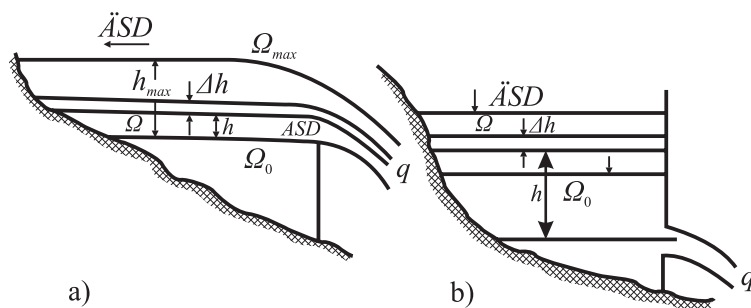
$$q = m_2 \omega h^{1/2}. \quad (171)$$

Goý, belli bir wagt aralygynda suwuň derejesi Δh beýiklige galan bolsun, şonuň netijesinde bolsa howdanda $\Omega \Delta h$ göwrüm toplanýar. Howdanyň Δt wagt aralygyndaky suw deňagramlylygyny ýazýarys:

$$Q \Delta t = q \Delta t + \Omega \Delta h, \quad (172)$$

ýa-da başgaça :

$$\Omega \frac{\Delta h}{\Delta t} = Q - q. \quad (173)$$



68-nji surat. Aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň işleýşiniň çyzgysy:
a – bent gädigi, b – suw akdyrylýan turba

173-nji aňlatma girýän her bir funksiýanyň ýanynda bagly bolmadyk laýyk üýtgeýän ululygy belläp, aňlatmany aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\Omega(h) \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} = Q(t) - q(h), \quad (174)$$

ondan başga-da $q(h)$ funksiýanyň görnüşi 170-nji ýa-da 171-nji aňlatmalar bilen kesgitlenilýär; $\Omega(h)$ suw yüzüniň meýdanynyň egri çyzygy bilen kesgitlenilýär, $Q(t)$ bolsa joşgunyň akymynyň grafigi bilen, ýagny Ω, Q we q – belli funksiýalar.

174-nji deňleme h we t -ni baglanyşdyrýan differensial deňlemedir; ony integrirläp biz $h = F(t)$ baglanyşygy tapýarys, ýagny basyşyň üýtgeýşiniň hronologik grafigini tapýarys, tapylan sanlary bolsa 170-nji, 171-nji aňlatmalara goýup, $q = f(t)$ baglanyşygy tapýarys, ýagny suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarlarynyň gözlenýän hronologik grafigini tapýarys. Şeýlelikde, hasaplama meselämizi çözmek, aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň 173-nji, 174-nji deňlemelerini integrirlemekden ybarat bolýar.

Şol integrirlemäniň usuly barada aşakda ýazylar, häzirlikçe biz 173-nji deňlemäni barlamagyň üstünde durup geçeris; şol barlag bolsa bize suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň grafiginiň görnüşi barada umumy düşünje berer.

h we q -nyň t -den funksiýa bolanlygy sebäpli aşakdaky ýaly ýazmak bolýar:

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{\Delta h}{\Delta q} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (175)$$

170-nji we 171-nji deňlemelerden tapýarys:

– bent gädigi üçin: $\frac{\Delta h}{\Delta q} = \frac{K_1}{\sqrt[3]{q}},$

bu ýerde $K_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{(m_1 B)^{2/3}};$

– suw geçiriji

deşik üçin: $\frac{\Delta h}{\Delta q} = K_2 q$,

bu ýerde $K_2 = \frac{2}{(m_2 \omega)^2}$.

Bu aňlatmalary 175-nji aňlatma we soňra 173-nji aňlatma goýup tapýarys:

Bent gädigi üçin:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(Q - q)\sqrt[3]{q}}{K_1 \Omega}; \quad (176)$$

Suw geçirýän deşik üçin:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q - q}{K_2 \Omega q}. \quad (177)$$

Başda bent gädikli ýagdaýyň üstünde durup geçeliň.

1. Joşgunyň başynda, ýagny $Q = 0$ we $q = 0$ bolanda, $\frac{\Delta q}{\Delta t} = 0$ bolýar, $t = 0$ bolanda joşgunyň grafigi kese oka galtaşýar, üstesine-de şol ýerde biz 2-nji tertipli galtaşmaly bolýarys $\left(\frac{\Delta^2 q}{\Delta t^2} = 0\right)$. Hatda joşgun birden ahyrky suw mukdarlary bilen başlanýan bolsa-da ($t = 0$ -da $Q \neq 0$), onda q egri çyzyk kese ok bilen galtaşýar. Şeýlelikde, joşgunyň başynda hemişe $q < Q$ bolýar, ýagny howdanda suw toplanýar, başgaça aýdylanda, $\frac{\Delta h}{\Delta t} > 0$ bolýar (bu $Q > q$ bolanda 173-nji aňlatmadan görnüp durýar), diýmek, $\frac{\Delta q}{\Delta t} > 0$ bolýar, ýagny q köpeliýär.

2. $q < Q$ bolany sebäpli q ululyk hemişe köpeliýär, joşgunyň suw mukdarlary bol-sa belli bir maksimum mukdaryna ýetip, azalyp başlaýar, onda $Q = q$ bolan pursadyň boljakdygy şübhesiz bolýar. Şonuň bilen birlikde, 176-njy aňlatmadan görnüşi ýaly $\frac{\Delta q}{\Delta t} = 0$ bolýar, ýagny q egri çyzygyň maksimal ululygy joşgun çyzygynyň aşak gaýdýan şahasy bilen kesişýän ýerinde bolýar (67-nji suratda *A* nokat).

A nokatdan soň q egri çyzygyň ordinatalary hemişe azalýar, üstesine-de, joşgun gutarandan soň ($Q = 0$ bolanda) $\frac{\Delta q}{\Delta t} = -\frac{q\sqrt[3]{q}}{K_1 \Omega}$ bolýar. Ω -ny üýtgemeyän hasap edip, şol aňlatmany integrirläp alýarys:

$$q = \frac{1}{\left(\frac{t}{3K_1 \Omega} + C\right)^3}, \quad (178)$$

bu ýerde C – integrirlemäniň hemişeligi. 178-nji aňlatmadan, diňe $t = \infty$ bolanda $q = 0$ bolýandygyny görýäris, ýagny howdanda galan suwuň bent gädiginden akmagy köp wagtlap dowam edýär; suwuň derejesi öňkä görä tiz wagtyň içinde ASD-niň belligine ýetýär.

Ýokarda Q we aşakda q egri çyzyklaryň arasynda ýerleşen meýdan, joşgun geçende howdana ýygnanýan suwuň iň köp göwrümüne berýär, ýagny ASD we \dot{ASD} bellikleriniň arasyndaky V_{\max} göwrümi. A nokatdan sagda q egri çyzyk (ýokarda), Q egri çyzyk we kese ok (aşakda) bilen aralykda ýerleşen meýdan, edil şol howdandan akýan V_{\max} göwrümi berýär.

Indi bolsa düýpdäki suw akdyryja seredip görelin.

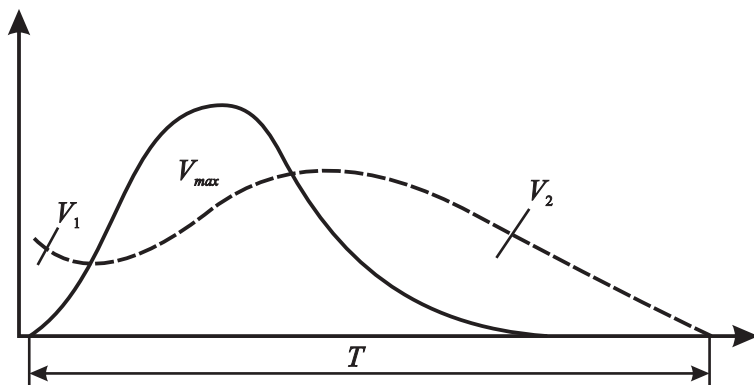
177-nji aňlatma $Q = 0$ bolanda (joşgunyň başynda) aşakdaky aňlatmany berýär:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = -\frac{1}{K_2 \Omega_0}, \quad 173\text{-nji aňlatma bolsa } \frac{\Delta h}{\Delta t} = -\frac{q}{\Omega_0} \text{ berilýär.}$$

Diýmek, eger-de aşaky býefe suw akdyryjy deşik birbada doly meýdanyna ω açylan we suwuň mukdary $q = K_2 \omega h_0^{1/2}$ kadalaşan bolsa, onda howdandaky suwuň derejesi peselýär we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary azalýar (69-njy surat); $q = Q$ bolan wagty, q egri çyzyk minimum derejesine ýeter we soňra galyp başlar; joşgunyň aşak gaýdýan şahasy bilen täzedden kesişende $\frac{\Delta h}{\Delta t} = 0$ bolar, ýagny aşaky býefe akdyrylýan suwuň maksimum mukdary bolýar; joşgun gutarandan soň ($Q = 0$) şeýle bolar, $\frac{\Delta q}{\Delta t} = -\frac{1}{K_2 \Omega}$, ýagny joşgunyň grafigi göni çyzyk görnüşinde bolýar we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary wagtyň (T) ahyrynda nola çenli pese düşýär. Şol ýerde aşakdaky ýaly boljakdygy görnüp dur:

$$V_{\max} = V_1 + V_2.$$

Eger-de joşgunyň başynda $Q \neq 0$ bolsa, onda egri çyzygyň ugry $Q - q_0$ tapawudyň alamatyna bagly bolýar; $Q > q_0$ bolanda egri çyzyk ýokary galýar, $Q < q_0$ bolanda pese düşýär we $Q = q_0$ bolanda kese oka parallel bolup gidýär.



69-njy surat. Düýpki suw akdyryjynyň üstünden joşguny geçirmegiň çyzygysy

Suwy aşaky býefe akdyrmak üçin düýpki deşikler ulanylanda joşgun howdanyň dolmadyk ýagdaýynda başlanýandygyna aýratyn üns bermeli (şeýle ýagdaýa soňra joşgun geçiriji howdanlary öwrenenimizde duş geleris).

Goý, joşgunyň başynda suwuň derejesi suw akdyryjy deşigiň okuna gabat gelýän bolsun, ýagny $h_0 = 0$. Şonuň bilen birlikde $q_0 = 0$ bolýar we 177-nji aňlatma näbelli görnüşe eýe bolýar: $\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{0}{0}$. Ol näbelliligi adaty usul bilen aýdyňlaşdyryp, tapýarys:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{1}{K_2 \Omega} \cdot \frac{\Delta(Q - q)}{\Delta q} = \frac{1}{K_2 \Omega} \cdot \frac{\frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta q}{\Delta t}}{\frac{\Delta q}{\Delta t}}, \quad (179)$$

$\frac{\Delta q}{\Delta t}$ ululyk üçin kwadrat deňlemäni alýarys:

$$K_2 \Omega \left(\frac{\Delta q}{\Delta t} \right)^2 = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

bu deňlemäni çözüp, tapýarys:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\sqrt{1 + 4K_2 \Omega \frac{\Delta Q}{\Delta t}} - 1}{2K_2 \Omega}. \quad (180)$$

Eger-de aşaky býefe suw akdyryjy deşik howdanyň düýbüne ýakyn çuňlukda ýerleşdirilen bolsa, onda suw ýüzüniň meýdany Ω_0 örän az we köküň aşagyndaky ikinji goşulyjy birlik bilen deňeşdireniňde kiçi bolýar; kwadrat köki hatara bölüp we kiçi ululygyň birinji derejesi bilen çäkläp alýarys:

$$\sqrt{1 + 4K_2 \Omega \frac{\Delta Q}{\Delta t}} = 1 + 2K_2 \Omega \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (181)$$

we 180-nji aňlatma goýup, alýarys: $\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, ýagny görkezilen şertlerde joşgunyň

başynda aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň egri çyzygy, akymyň egri çyzygy bilen umumy galtaşma çyzykly bolar.

11.1.3. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň deňlemesiniň analitik çözügi (M.W. Potapowyň usuly)

173-nji deňlemäni kwadraturalarda diňe $Q = \text{const}$ bolanda, ýagny akymyň grafigi gönüburçly bolanda çözmek bolar. Şeýle ýagdaýda aşakdaky deňlemeleri alýarys:

$$\Delta t = \frac{\Omega \Delta h}{Q - q(h)}, \quad t = \int \frac{Q \Delta h}{Q - q(h)}. \quad (182)$$

Bent gädikli ýagdaý üçin, ýagny haçan-da $q(h) = mh^{3/2}$ we $\Omega = \text{const}$ bolanda (bent gädigi üçin takmynan kabul etmek bolýar, sebäbi bent gädiginiň bosagasynyň üstünde suwuň derejesiniň, diýmek, suw ýüzüniň meýdanynyň üýtgäp durmagy uly çäkde bolmaýar) 182-nji integral gutarnykly görnüşde ýeňil alynýar we aşakda aňlatmada getirilýär:

$$t = \frac{2\Omega H_{\max}}{3Q} \left\{ \ln \frac{\sqrt{1+\sqrt{z}} + z}{1-\sqrt{z}} - \sqrt{3} \left[\arctg \frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{z} \right) - \frac{\pi}{6} \right] \right\}, \quad (183)$$

bu ýerde $z = \frac{h}{H_{\max}}$, H_{\max} bolsa bent gädiginiň üstünden Q suw mukdary geçende alynýan bent gädiginiň iň uly basyşy. Aňlatmany şekilli ýaýda $\varphi(z)$ -nji üsti bilen aňladyp, gutarnykly alýarys:

$$t_2 - t_1 = \frac{2\Omega H_{\max}}{3Q} [\varphi(z_2) - \varphi(z_1)]; \quad (184)$$

$\varphi(z)$ funksiýa Guld tarapyndan hasaplanan; Gulduň tablisasyny gysgaldylan görnüşde getirýäris (30-njy tablisa)

30-njy tablisa

z	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
$\varphi(z)$	0,000	0,153	0,314	0,486	0,675	0,888	1,149	1,479	1,914	2,613	3,389	4,94

Mysal. Goý, $\Omega = 40 \text{ km}^2 = 40 \cdot 10^6 \text{ m}^2$; $B = 100 \text{ m}$; $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ bolsun; joşgun başlanandan soň, bir gije-gündiz geçenden soň basyşy we bent gädiginiň üstünden akyp geýän suwuň mukdaryny kesgitlemeli. Bent gädiginiň üstünden akyp geýän suwuň mukdarynyň köpeldijisini 0,40 kabul edip, tapýarys:

$$H_{\max}^{3/2} = \frac{2000}{0,40 \sqrt{2g} \cdot 100} = 11,3 \text{ we } H_{\max} = 5,0 \text{ m};$$

soňra hasaplaýarys:

$$\frac{2\Omega H_{\max}}{3Q} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 5,0}{3 \cdot 2000} = 66700.$$

we 184-nji aňlatma goýarys:

$$86400 = 66700 \cdot \varphi(z_2), \text{ bu ýerden } \varphi(z_2) = 1,30.$$

Guldyň tablisasynda $z_2 = 0,6$ we $0,7$ aralygyny interpolýasiýa edip, tapýarys $z_2 = 0,65$, ol ýerden $h = 0,65 \cdot 5,0 = 3,25m$ we $q = 0,40 \sqrt{2g} \cdot 100 \cdot 3,25 = 1040 \text{ m}^3/\text{s}$.

11.2. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň deňlemesini takmynan integrirleme

11.2.1. Meseläniň düýp manysy we meseläni hasaplamagyň mysaly

Joşgunyň islendik grafigi üçin suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň grafigini 174-nji aňlatmany ýakynlaşma integrirleme ýoly bilen nokatlar boýunça gurmak bolýar. Onuň üçin joşgunyň бүтін döwrüni ahyrky wagt aralyklara Δt bölýäris. Şeýle kiçi bölekler bölmegini esasy maksady, şol bölekleriň her birinde Q , şeýle hem suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdary q göni çyzyk boýunça üýtgeýär diýip hasap eder ýaly bolmaly. Onda her bir aralyk üçin $Q\Delta t$ we $q\Delta t$ -niň deregine şeýle ýazmak bolar:

– akyp gelen göwrüm:

$$Q_{or}\Delta t = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t, \quad (185)$$

– akyp giden göwrüm:

$$q_{or}\Delta t = \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t, \quad (186)$$

bu ýerde Q_1 we $q_1 - \Delta t$ aralygyň başynda joşgun suwunyň mukdary we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary, Q_2 we q_2 bolsa edil şolar, ýöne Δt aralygyň ahyrynda.

Δt aralykda howdanda suwuň göwrüminiň artmagyny ΔV ýa-da $V_2 - V_1$ bilen belleýäris, bu ýerde: V_2 we V_1 – wagt aralygyň ahyryndaky we başyndaky göwrümler.

Onda 172-nji aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t + V_2 - V_1,$$

ýa-da

$$\Delta V = Q_{or} \Delta t - \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t. \quad (187)$$

Soňra suwuň mukdarynyň q (berlen B ýa-da ω ululyklarda), 170-nji ýa-da 171-nji deňlemeler bilen aňladylýan basyşyň h anyk funksiýasydygyny göz önünde tutýarys, basyş h bolsa, öz gezeginde, howdanda ýyganan suwuň göwrüminiň V anyk funksiýasydyr; şonuň üçin hem aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary q , V -niň funksiýasy bolýar, ýagny aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary her bir berlen pursatda howdanda ýyganan göwrümiň möçberi bilen kesgitlenilýär; muny şeýle ýazmak bolar:

$$q = f(V), \quad (188)$$

ýa-da

$$q_1 = f(V_1), \quad (189)$$

$$q_2 = f(V_2). \quad (190)$$

Goý, biz belli bir aralyk başlanýança haýsy hem bolsa başga bir usul bilen suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň grafigini gurduk diýip göz önüne getireliň, ýagny aralygyň başynda q_1 ululygy bilýäris (diýmek, V_1 -i hem); biz önümüzde mesele goýýarys: 1-nji aralykda q -yň grafigini gurmaýy dowam etmeli, ýagny aralygyň ahyrynda q_2 -ni we V_2 -ni tapmaly. Şeýle meseläni çözmek üçin 187-nji deňleme bar, onda Q_1 we Q_2 hemişe belli bolýar, sebäbi joşgunyň grafigi berlen bolýar, q_1 we V_1 belli bolýarlar we iki sany belli bolmadyk ululyklar q_2 we V_2 galýarlar; eger-de bäräk 190-njy deňlemäni birleşdirsek, onda iki deňlemäniň iki näbellili ulgamyny alýarys, olar hem önümüzde goýlan meseläni çözüärler.

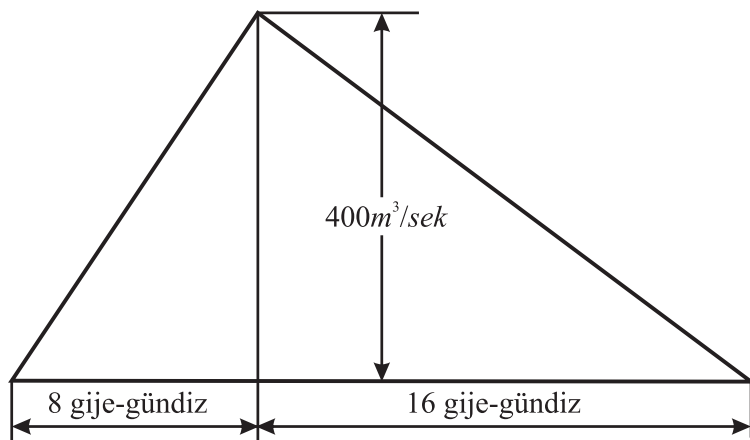
Eger-de biz, ondan başga-da, birinji aralyk üçin, ýagny joşgunyň başlanýan pursady üçin q_1 we V_1 ululyklary bilýän bolsak, onda ol meseläni hemme aralyklar üçin yzygiderli çözüp, nokatlar boýunça aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlarynyň ähli grafiklerini gurup bileris.

Görkezilen meseläni çözmek üçin (q_1 we V_1 boýunça q_2 we V_2 -ni tapmak) dürli döwürde birnäçe usullar hödürlendi, olaryň esasyalary barada aşakda ýazylar.

Şeýle usullaryň hemmesi boýunça bir umumy belligi etmek bolar: ol usullar oňaly ulanylanda, olaryň her biri bilen wagty we zähmeti köp ýa-da az sarp edip, islendik takyklykda q -yň grafigini gurmak meselesini çözmek bolar. Dürli hasaplama usullaryň ulanylyşyny şol bir sanly mysalda aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň iki warianty üçin görkezeris, ýagny meýdanlaryň egri çyzygynyň deň-

lemesini $\Omega = 0,2H^{3/2}$ görnüşde kabul ederis, şol ýerde Ω – suw ýüzüniň meýdany, km^2 ; H – bendiň ýanynda suwuň çuňlugy, m ; laýyklykda göwrüm egri çyzygynyň deňlemesi şeýle görnüşde bolar: $V = 0,08H^{5/2}$, bu ýerde: V – göwrüm mln m^3 . Bent gädigi üçin $30\ m$ bellikde bosaganyň giňligini $30\ m$ bellikde $B = 10,0\ m$ kabul edýäris. Düşpki, merkezi $5,0\ m$ bellikde ýerleşen aşaky býefe suw akdyryjy deşigiň meýdanyny $10,0\ m^2$ kabul edýäris. Bent gädiginiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdarynyň köpeldijisini kabul edýäris: $m_1 = 0,40\sqrt{2 \cdot 9,81} = 1,77$; aşaky býefe suw akdyryjy deşigiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdarynyň köpeldijisi $m_2 = 0,80\sqrt{2 \cdot 9,81} = 3,54$.

Joşgunyň grafigini 70-nji surata görä kabul edýäris, ýagny iň uly ordinatasy $400\ m^3/s$ bolan, üçburçluk joşgunyň ösüş döwrüni $T_1 = 8$ gije-gündiz we peseliş döwrüni $T_2 = 16$ gije-gündiz kabul edýäris; az suwly döwrüň suw mukdaryny nola deň kabul edýäris.



70-nji surat. Hasaplama joşgunyň çyzgysy

11.2.2. Ýönekeýleşdirilen tablisa usuly

Eger-de suwuň mukdary q güýçli üýtgäp durýan bolmasa, 187-nji deňlemede suwuň ortaça mukdarynyň $\frac{q_1 + q_2}{2}$ deregine aralykdaky eýýäm bize belli suwuň başlangyç mukdaryny q_1 goýsak, biz uly ýalňyşlyk goýbermeris. Ýöne onda aralykdaky artýan göwrüm ΔV ýeňil tapylýar, diýmek, aralygyň ahyryndaky göwrüm V_2 hem ýeňil tapylýar. Şol göwrüm esasynda 190-njy deňlemäniň grafigi boýunça aralygyň ahyryndaky suwuň mukdary q_2 hem tapylýar. ΔV we V_2 aşakdaky ýaly hasaplanylýar:

$$\Delta V = Q_{or} \Delta t - q_1 \Delta t \text{ we } V_2 = V_1 + \Delta V.$$

Mysal. Biziň kabul eden joşgunymyz üçin düýpki suw akdyryjy deşiğiň üstünden akdyrylýan suwuň mukdarynyň grafigini gurmaly. Howdandaky suwuň derejesi *ASD*-niň belliginde bolanda, “Joşgun başlan pursatda düýpki suw akdyryjy doly açylýar” diýip göz öňüne getirýäris.

Hasaplamalary 31-nji tablisa geçirip, $q = f(V)$ baglanyşygyň grafigini gurmakdan başlaýarys.

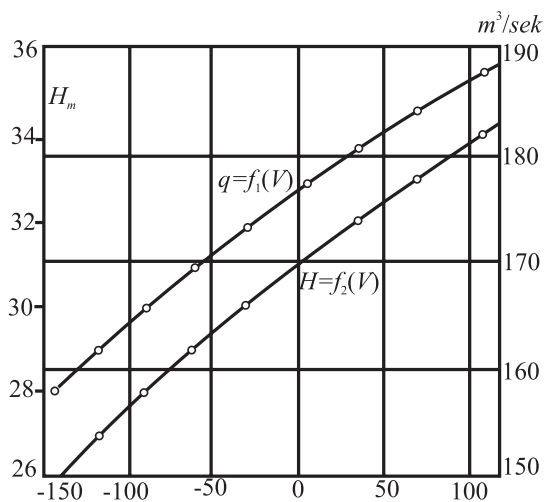
Tablisanyň 1-nji sütünine her 1 *m*-den howdandaky suwuň derejesiniň beligini ýazýarys: joşgun aşaky býefe geçirilip başlananda suwuň derejesiniň hökman peselmelidigi sebäpli, biz *ASD*-den (30,0 *m*) 3-*m*-den ýokaryk we aşak alýarys. Tablisanyň 2-nji sütünine aşaky býefe suw akdyryjy deşiğiň merkeziniň üstündäki basyşyny ýazýarys, tablisanyň 3-nji sütünine aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenen deşiğiň üstünden akyp geçýän suwuň mukdaryny ýazýarys:

$$q = 3,54\omega h^{\frac{1}{2}} = 3,54 \cdot 10,0 h^{\frac{1}{2}} = 35,4 h^{\frac{1}{2}}.$$

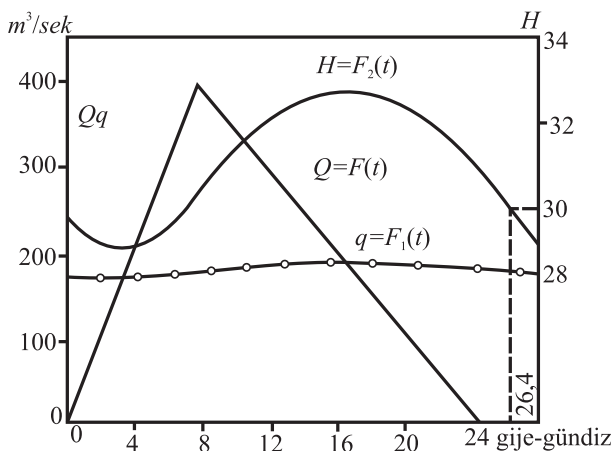
31-nji tablisa

<i>H</i>	<i>h</i>	<i>q</i>	<i>V</i> _{doly}	<i>V</i>	<i>qΔt</i>
27,0	22,0	83,0	303	-91	14,3
28,0	23,0	85,0	332	-62	14,7
29,0	24,0	86,8	363	-31	15,0
30,0	25,0	86,5	394	0	15,3
31,0	26,0	90,3	428	34	15,6
32,0	27,0	92,0	464	70	15,9
33,0	28,0	93,6	501	107	16,2

4-nji sütüne her bir *H* üçin göwrüm egri çyzygyny ulanyp (biziň ýagdaýymyzda $V = 0,08 H^{5/2}$ mln m^3 deňlemäni ulanýarys), howdandaky suwuň doly göwrümini ýazýarys; doly göwrümden *ASD*-däki göwrümi (394 mln m^3) aýryp, *ASD*-si we üýtgeýän suwuň derejesiniň aralygyndaky göwrümi alýarys (ilkinji üç göwrüm üçin minus alamatyň bolmagynyň sebäbi suwuň derejesi *ASD*-den aşakda kabul edilýär). Şu tablisanyň maglumatlarynyň esasynda $q = f_1(V)$ baglanyşygyň grafigini (71-nji a surat) gurýarys: edil şol çyzygyda $H = f_2(V)$ baglanyşyk grafigini gurýarys (ýagny göwrüm egri çyzygyň bize gerek çägendäki bölegi). Indi bolsa *ASD*-niň belligindäki başda aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny hasaplaýarys: $q_0 = 3,54 \cdot 10,0 \cdot 25^{1/2} = 177 m^3/s$.



a)



b)

71-nji surat. Düyþki aşaky býefe suw akdyryjynyň üstünden joşguny geçirmegiň hasaplamasy:

$a - q = f_1(v)$ we $H = f_2(v)$ grafıklar; $b - Q = F(t)$ we $q = F_1(t)$ grafıklar

Maglumatlaryň hemmesini taýýarlap, 173-nji deňlemäni tablisada integrirlemäge başlaýarys; aşaky býefe suw akdyryjy deşiğiň hemişe uly we az üýtgeýän basyşyň aşagynda işleýändigini sebäpli, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlary köp üýtgemeyär we 187-nji aňlatmada $\frac{q_1 + q_2}{2}$ -niň deregine arkaýyn q_1 -i almak bolýar, ýagny ýönekeýleşdirilen tablisa usulyny ulanmak bolýar. Hasaplamalary 32-nji tablisa geçirýäris, aralygyň dowamlylygyny 2 gije-gündiz = 172800 sekunt alýarys.

Tablisadaky hemme belgiler düşündirişi talap etmeyärler; ony düzmegiň tertibi ilkinji aralyklarda jikme-jik düşündireris.

1-nji aralyk. Aralygyň başynda $q = 177 \text{ m}^3/\text{s}$; şol suw mukdary boýunça 1-nji aralykdaky aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümini hasaplaýarys we $177 \cdot 172800 = 30,6 \text{ mln } \text{m}^3$ alýarys. Edil şol aralykdaky akymyň göwrümi $Q_{or} \Delta t = 50 \cdot 172800 = 8,6 \text{ mln } \text{m}^3$ -a deň bolýar.

Howdanda göwrümiň köpelişi:

$$\Delta V = Q_{or} \Delta t - q_1 \Delta t = 8,6 - 30,6 = -22 \text{ mln } \text{m}^3.$$

Aralygyň başynda toplanan göwrüm (*ASD*-de) $V_1 = 0$; diýmek, aralygyň ahyrynda $V = -22,0 \text{ mln } \text{m}^3$. Şol göwrüm we $q = f(V)$ grafik (*71-nji a surat*) boýunça $q = 174 \text{ m}^3/\text{s}$ tapýarys, 2-nji aralygyň başynda hem şeýle suw mukdary bolar.

32-nji tablica

Aralyklar	Q	Q_{or}	$Q_{or} \cdot \Delta t$	q	$q_1 \cdot \Delta t$	ΔV	V	H
	0			177			0	30,0
1		50	8,6		30,6	-22,0		
	100			174			-22,0	29,3
2		150	25,9		30,2	-4,3		
	200			174			-26,3	29,2
3		250	43,2		30,1	13,1		
	300			175			-13,2	29,6
4		350	60,5		30,4	30,1		
	400			179			16,9	30,5
5		375	64,8		30,9	33,9		
	350			182			50,8	31,5
6		325	56,2		31,5	24,7		
	300			185			75,5	32,2
7		275	47,6		31,9	15,7		
	250			186			91,2	32,6
8		225	38,9		32,2	6,7		
	200			187			97,9	32,8
9		175	30,3		32,2	-2,0		
	150			187			95,9	32,7
10		125	21,6		32,2	-10,6		
	100			186			85,3	32,4
11		75	13,0		32,1	-19,1		
	50			184			66,2	31,9
12		25	4,3		31,8	-27,5		
	0			181			38,7	31,2
13		0	0		31,3	-31,3		
	0			177			7,4	30,2
14		0	0		30,8	-30,8		
	0			174			-23,4	29,2

2-nji aralyk. Bizde $q_1 = 174 \text{ m}^3/\text{s}$ bar, bu ýerden $q_1 \Delta t = 30,2 \text{ mln. m}^3$; $Q_{or} \Delta t = 25,9 \text{ mln m}^3$, bu ýerden $\Delta V = 25,9 - 30,2 = -4,3 \text{ mln m}^3$ (howdanda suwuň azalmagy dowam edýär); aralygyň ahyrynda $V_2 = -22,0 - 4,3 = -26,3 \text{ mln m}^3$ we çyzygy boýunça $q = 174 \text{ m}^3/\text{s}$ (suwuň mukdary hasaplama takyklygynyň çäginde üýtgemän galýar).

Hasaplamalaryň soňky alnyp barlyşy edil öňki ýaly: hasaplamalary has gowy özleşdirmek üçin bütin tablisany özbaşdak täzeden hasaplamaly.

32-nji tablisanyň maglumatlary 71-nji b suratda görkezilen. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary, garaşsyzmyz ýaly örän az üýtgeýär. Suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň grafigi deňleme seljerilende beýan edilen egri çyzygyň görnüşini doly derejede tassyklaýar; suwuň derejesiniň minimum we maksimum derejeleri (diýmek, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyňky hem) Q we q egri çyzyklaryň kesişýän pursatlaryna gabat gelýärler. Howdanda suwuň derejesiniň üýtgemeginiň gerimi 3,6 m -e deň, ondan 0,8 m ASD-den aşak düşýär we 2,8 m ASD-den ýokary galýar. Grafikden görnüşine görä, ASD-si joşgun gutarandan soň 2,4 gije-gündiz geçende öz öňki derejesine ýetýär, edil şol wagt hem aşaky býefe suw akdyryjy desgany ýapmaly.

11.2.3. Takyk tablisa usuly

Eger-de q aýratyn aralyklaryň dowamynda birden üýtgeýän bolsa, onda öňki usul hasaplamalarda ynamsyzlyk döredýär we onuň uly ýalňyşlyklara eltmegi mümkin; şeýle ýagdaýlarda işi has köp, ýöne has takyk tablisa usulyny ulanmak bolýar (şu manyda takyk, ol her bir aralygyň çäginde Q -yň we q -yň kabul edilen çyzykly üýtgemegine doly laýyk gelýär).

Şeýle usulyň öňküden tapawudy, ΔV üçin aňlatma q_1 -iň deregine $q_{or} = \frac{q_1 + q_2}{2}$ girizilýär, ýagny 187-nji deňleme takyklykda kanagatlanarly netije berýär. q_2 -ni we ΔV -ni tapmak üçin şeýle edýäris. Berlen ýerde q egri çyzygyň umumy ugruny yzarlap, q_2 -ni göz çaky bilen kabul edýäris (munuň üçin tablisa usuly bilen birlikde q -yň grafigini gurmak hem peýdaly bolýar). Bu ululygy 187-nji aňlatma girizýäris we ΔV -ni tapýarys, soňra bolsa V_2 -ni tapýarys, V_2 we $q = f(V)$ grafik boýunça q_2 -ni tapýarys we bu ululygy kabul edilen bilen deňeşdirýäris; eger-de gabat gelseler, onda berlen aralyk üçin hasaplama gutarýar; gabat gelmedik ýagdaýynda q_2 -niň başga ululygyny kabul edýäris, iň gowusy grafik boýunça alnan ululygy kabul edýäris we ýene-de täzeden barlaýarys; ikinji synag, adatça, kanagatlanarly çözgüdi berýär.

Mysal. Joşgunyň edil şol grafigi üçin biziň kabul eden howdanymyzyň bent gädiginiň üstünden aşaky býefe akyp geçýän suwuň grafigini gurmaly. Öňinçä 33-nji tablisada $q = f(V)$ baglanyşyk grafigi tapýarys.

Suwuň mukdaryny $q = 1,77 \cdot 10 \cdot h^{3/2} = 17,7 h^{3/2}$ aňlatma boýunça göwrümleri bol-
sa öňki ýaly $V = 0,08 h^{5/2}$ mln m^3 aňlatma boýunça hasaplaýarys. 33-nji tablisanyň
maglumatlary boýunça 72-nji a suratda $q = f_1(V)$ we $H = f_2(V)$ baglanyşyk grafikler
gurlan.

q -yň grafigini gurmak boýunça hasaplamalar 34-nji tablisada getirilen; Q_{or}
 Δt ululyklar 32-nji tablisadan geçirilen; hasaplamanyň alnyp barlyşyny ilkinji
aralyklarda düşündireris.

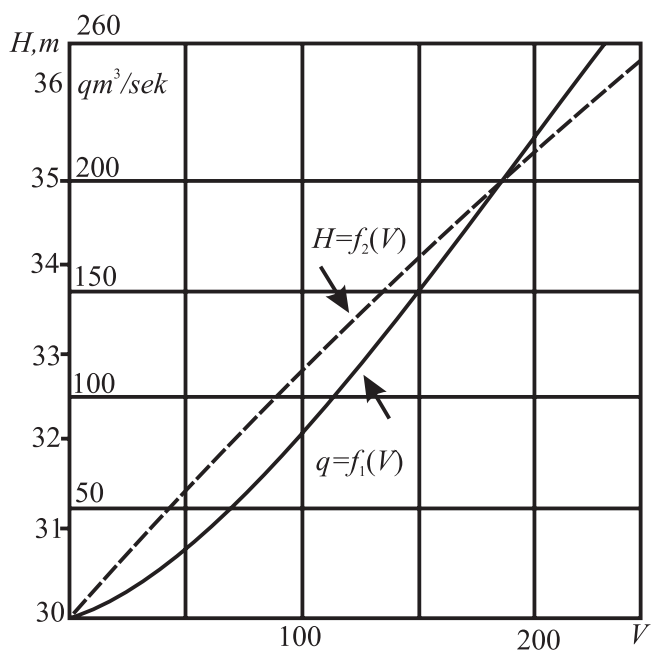
33-nji tablisa

H	h	q	$V_{dolý}$	V
30,0	0	0	394	0
30,5	0,5	6	411	17
31,0	1,0	18	428	34
31,5	1,5	33	446	52
32,0	2,0	50	464	70
33,0	3,0	92	501	107
34,0	4,0	142	539	145
35,0	5,0	198	579	185
36,0	6,0	260	622	228

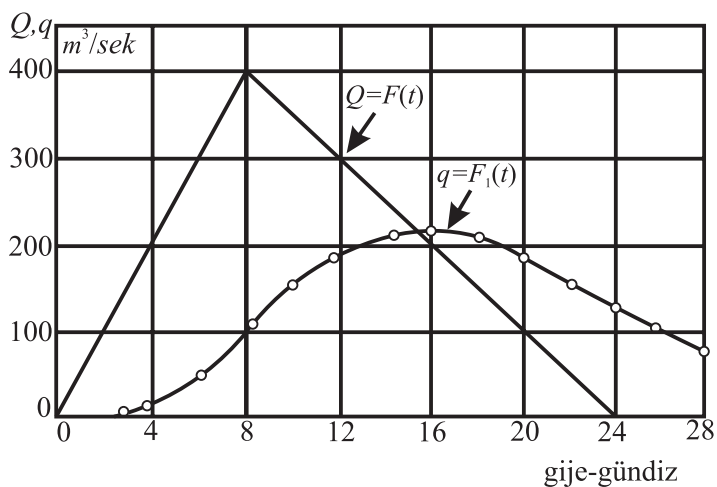
1-nji aralygyň başynda $q_1 = 0$, $V_1 = 0$, $H = 30,0$ m ýazýarys. $q_2 = 0$ kabul
edýäris, sebäbi q -yň grafigi, bize belli bolşuna görä, joşgunyň başynda kese oka
galtaşýar. Onda $q_{or} = 0$ we $\Delta V = 8,6$ bolar, ýagny $V_2 = 8,6$ mln m^3 . 72-nji a surat
boýunça $q = 4$ m^3/s tapýarys. Alnan suwuň mukdary grafik boýunça kesgitlenen
bilen takyk gabat gelmeýär, şonuň üçin hem $q_2 = 4$, 0 m^3/s alýarys, $q_{or} = 2$ m^3/s
we $q_{or} \Delta t = 0,4$ mln m^3 -y tapýarys. Indi $\Delta V = V_2 = 8,6 - 0,4 = 8,2$ mln m^3 bolar we
şonda grafik boýunça ýene-de $q_2 = 4$ m^3/s bolýar, biz muny tablisada 1-nji we 2-nji
aralyklaryň arasynda ýazýarys, şeýle hem joşgunyň suw mukdarynyň grafigine (72-
nji b surata) geçirýäris.

Kabul edilen $q_2 = 4,0$ boýunça $q_{or} = 2,0$, $q_{or} \Delta t = 0,4$, $\Delta V = 8,2$ we $V_2 = 8,2$ -ni tab-
lisa ýazýarys. Ikinji aralyk. $q = 10$ m^3/s kabul edýäris we hasaplaýarys: $q_{or} = 7$ m^3/s ,
 $q_{or} \Delta t = 1,2$, $\Delta V = 25,9 - 1,2 = 24,7$ we $V_2 = 8,2 + 24,7 = 32,9$ mln m^3 ; Grafik boýun-
ça tapýarys: $q_2 = 18,2$ m^3/s , $q_2 = 18$, $q_{or} = 11$, $q_{or} \Delta t = 1,9$, $\Delta V = 25,9 - 1,9 = 24,0$,
 $V_2 = 8,2 + 24 = 32,2$ we barlag üçin $q_2 = 17,5 \approx 18$ m^3/s kabul edip, ikinji çalşyrmany
ýerine ýetirýäris.

Hasaplamalar şeýle tertipde alnyp barylýar; her bir aralyk üçin, adatça, çalşyr-
many iki gezek ýerine ýetirmeli bolýar, tas hemişe diýen ýaly ikinji çalşyrma
gutarnykly netijäni berýär.



a)



b)

72-nji surat. Bent gädiginiň üstünden joşguny geçirmegiň hasaplamasy:

$a - q = f_1(V)$, $H = f_2(V)$ grafikler; $b - Q = F(t)$ we $q = F_1(t)$ grafikler

34-nji tablisanyň maglumatlary boýunça howdanyň aşaky býefine akdyrylýan suw mukdarlarynyň grafigi gurlan (72-nji b surat). Hasaplamalarda alyndylar: $\dot{A}GD = 35,3 \text{ m}$, diýmek, $h_{\max} = 5,3 \text{ m}$, sazlanýan göwrüm $V_{\max} = 198,3 \text{ mln } m^3$.

Aralyklar	$Q_{or} \cdot \Delta t$	q	q_{or}	$q_{or} \cdot \Delta t$	ΔV	V	H
1	8,6		2	0,4	8,2		
		4				8,2	30,2
2	25,9		11	1,9	24,0		
		18				32,2	30,9
3	43,2		34	5,9	37,3		
		50				69,5	32,0
4	60,5		78	13,5	47,0		
		106				116,5	33,2
5	64,8		133	23,0	41,8		
		160				158,3	34,3
6	56,2		177	30,6	25,6		
		194				183,9	34,9
7	47,6		203	35,1	12,5		
		212				196,4	35,2
8	38,9		214	37,0	1,9		
		216				198,3	35,4
9	30,3		211	36,5	- 6,2		
		206				192,1	35,1
10	21,7		198	34,2	- 12,5		
		190				179,6	34,8
11	13,0		177	30,6	-17,6		
		164				162,0	34,4
12	4,3		150	25,9	- 21,6		
		136				140,4	33,8
13	0		122	21,1	-21,1		
		108				119,3	33,3
14	0		97	16,8	-16,8		
		86				102,5	32,9

11.2.4. Tomasyň usuly

Eger-de geçen usullarda ulanylan $q = f(V)$ baglanyşyk grafigi birneme üýtgedilse, synaglaryň kömegi bilen q_2 ululygy saýlamak gerek bolmaýar. Goý, 73-nji suratda akymyň (W) we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň (w) egri çyzyklary çyzylan bolsun. Islendik wagt aralygyny Δt alyarsy we şol aralygyň orta-sy boýunça AD ordinatany geçirýäris. Ol ordinatanyň bölünjek kesimleri aşakdaky ululyklara eýe bolýar: $AD = W_{or}$ – akymyň jemleme egri çyzygynyň aralykdaky ortaça ordinatasy; $AB = V_{or}$ – wagt aralygynda howdandaky suwuň ortaça göwrümi; $BS = \frac{1}{2} q_{or} \Delta t$ – wagt aralygynda aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrüminiň ýarysy, eger-de q_{or} berlen aralykda suwuň ortaça mukdary bolsa; $SD = w_1$ – aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň integral egri çyzygynyň aralygyň başyndaky ordinatasy.

Ol kesimler üçin şeýle gatnaşyklary alýarys: $AD - SD = AB + BS$ ýa-da:

$$W_{or} - w_1 = V_{or} + \frac{1}{2} q_{or} \Delta t. \quad (191)$$

Bu gatnaşygyň çep böleginiň iki agzasy hem bize belli: diýmek, berlen aralyk üçin onuň sag bölegi hem belli, yöne şol bölegiň iki agzasy hem bize belli q_{or} -dan funksiýanyň esasydyr, diýmek, bütin sag bölek q_{or} -dan funksiýa bolýar. Şol funksiýanyň grafigini $V = f(q)$ egri çyzygyň hemme ordinatalaryna $1/2 q \Delta t$ ululyklary goşup gurýarys, bu ýerde Δt - aralygyň kabul edilen dowamlylygy.

Hasaplamanýň alnyp barlyşy şeýle bolar: berlen aralyk üçin W_{or} hem-de w_1 we $W_{or} - w_1$ - tapawudy tapyp, şol ululyk boýunça agzalyp geçilen grafikde göni q_{or} -ny tapýarys, ondan soň $w_2 = w_1 + q_{or} \cdot \Delta t$ -ny hasaplaýarys we indiki aralyga geçýäris. Şeýlelikde, şol usul bilen q -yň ululygyny aralyklaryň araçäginde tapman, olaryň ortasy üçin tapýarys, umuman, munuň hiç hili tapawudy bolmaýar.

Mysal. Aşaky býefe düýpki suw geçiriji deşigiň üstünden hasaplama joşgun geçirilende aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň grafigini gurmaly, joşgun başlan pursatynda “Howdandaky suwuň derejesi 1-nji mysaldaky suw geçiriji deşigiň merkezi bilen gabat gelýär” diýip göz önüne getirýäris, ýagny “+ 5,0 m bellikde dur” diýip hasap edýäris. Hasaplamalary ýönekeýleşdirmek üçin “Suw geçiriji deşik başdan bütin meýdany bilen işleýär” diýip göz önüne getirýäris.

Öňünden kömekçi grafigiň ordinatalaryny hasaplaýarys $V + \frac{1}{2} q \Delta t = f(q)$, hasaplamalary 35-nji tablisa ýazýarys.

35-nji tablisa

H	h	q	$V_{dolý}$	V	$q \Delta t$	$V + \frac{1}{2} q \Delta t$
1	2	3	4	5	6	7
5,0	0	0	5	0	0	0
7,5	2,5	56	12	7	10	12
10,0	5,0	79	25	20	14	27
12,5	7,5	97	44	39	17	47
15,0	10,0	112	70	65	19	75
17,5	12,5	125	102	97	22	108

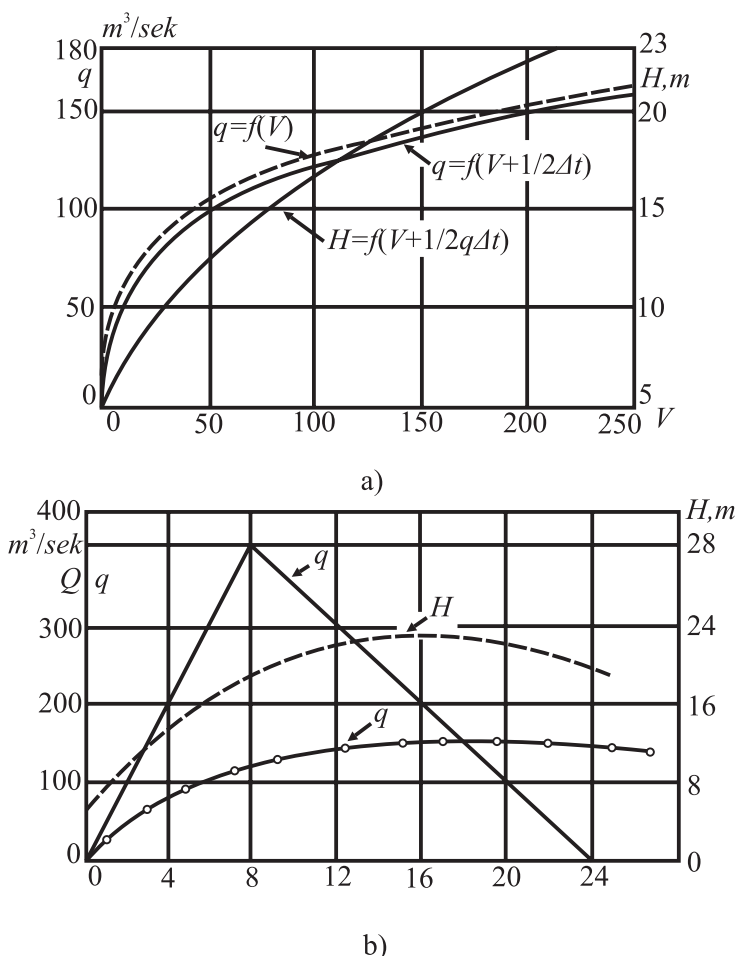
35-nji tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5	6	7
20,0	15,0	137	151	146	24	158
22,5	17,5	148	192	187	26	205
25,0	20,0	158	250	245	27	263
27,5	22,5	168	318	313	29	328
30,0	25,0	177	394	389	32	409

35-nji tablisanyň maglumatlary boýunça $q = f\left(V + \frac{1}{2}q\Delta t\right)$ grafik gurlan (74-nji a surat); edil şol çyzygyda (punktir bilen) $q = f(V)$ grafik, şeýle hem $H = f\left(V + \frac{1}{2}q\Delta t\right)$ egri çyzyk çyzylan. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň grafiginiň ordinatalaryny hasaplamagy 36-njy tablisa geçirýäris.

36-njy tablisa

Aralyklar	$Q_{or} \cdot \Delta t$	W	W_{or}	q_{or}	$q_{or} \cdot \Delta t$	w	$W_{or} - w_1$	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		0				0		
1	8,6		4,3	30	5,2		4,3	5,9
		8,6				5,2		
2	25,9		21,6	64	11,1		16,4	8,4
		34,5				16,3		
3	43,2		56,1	92	15,9		39,8	11,5
		77,7				32,2		
4	60,5		107,9	112	19,4		75,7	15,0
		138,2				51,6		
5	64,8		170,6	128	22,1		119,0	17,8
		208,0				73,7		
6	56,2		231,1	137	23,7		157,4	20,0
		259,2				97,4		
7	47,6		283,0	144	24,9		185,6	21,5
		306,8				122,3		
8	38,9		326,2	148	25,6		203,9	22,4
		345,7				147,9		
9	30,3		360,8	149	25,7		21209	22,8
		376,0				173,6		
10	21,6		386,8	149	25,7		213,2	22,8
		397,6				199,3		
11	13,0		404,1	147	25,4		204,8	22,5
		410,6				224,7		
12	4,3		412,7	144	24,9		188,0	21,6
		414,9				249,6		
13	0		414,9	140	24,2		165,3	20,4
		414,9				273,8		
14	0		414,9	133			141,1	19,1
		414,9						



74-nji surat. Tomasyn usuly boýunça grafoanalitik hasaplama:

a – kömekçi baglanyşyk grafiki, b – aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň baglanyşyk grafiki

Tablisany doldurylyşyň yzygiderliligi aşakdaky ýaly. 1-nji aralyk üçin şeýle bolýar: $W_{or} = 4,3$ we $w_1 = 0$, şonuň üçin hem $V + \frac{1}{2}q\Delta t = W_{or} - w_1 = 4,3$ (8-nji sütüne ýazýarys). Şol ululyk boýunça kömekçi grafikden $q_{or} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ alýarys we 5-nji sütüne ýazýarys. Soňra hasaplaýarys: $q_{or}\Delta t = 5,2 \text{ mln } \text{m}^3$ we $w_2 = 5,2 \text{ mln } \text{m}^3$, ondan soň 2-nji aralyga geçýäris. Onuň üçin $W_{or} - w_1 = 21,6 - 5,2 = 16,4$ hasaplap, baglanyşyk grafik boýunça $q_{or} = 64 \text{ m}^3/\text{s}$ tapýarys we ş.m.

Ähli hasaplamalar hiç hili barlagsyz çalt alnyp barylýar, ýönekeýleşdirilen usuldaky ýaly, ýöne netije örän takyk bolýar. 36-njy tablisa boýunça 74-nji *b* surat çyzylan, onda q -nyň we H -nyň hronologik grafiki gurlan. Görşümüz ýaly, howdandaky suwuň in ýokary belligi $22,8 \text{ m}$ -e deň ($h_{\max} = 17,8 \text{ m}$).

akdyrylýan suwuň mukdary q_1 (GM kesim) tapylan bolsun; aralygyň ahyrynda V_2 -ni we q_2 -ni tapmak talap edilýär. Aşakdaky gurluşlary ýerine ýetirýäris: M nokatdan ýokarlygyna MD kesimi goýýarys, ol suwuň mukdarynyň masştabynda m_Q aralygyň dowamyndaky ortaça akymy Q_{or} aňladýar; D nokatdan $O'T$ çyzyga parallel edip, F nokatda egri çyzygyň ýokarky şahasy bilen duşuşança DF göni çyzygy geçirýäris we FN ordinatany geçirýäris; biz “ FN kesim q_2 -niň ululygyny aňladýar” diýip aýdyp bilýäris, OB kesim bolsa laýyk masştabda V_2 -niň ululygyny aňladýar, ýagny AB kesim $\Delta V = V_2 - V_1$ -i aňladýar.

Subut etmek üçin AB çyzyga parallel edip, EF çyzygy geçirýäris we üçburçluklaryň meňzeşliklerinden DEF we $O'ST$ -ni ýazýarys:

$$\frac{EF}{DE} = \frac{ST}{O'S}, \text{ bu ýerden } EF = AB = \frac{DE \cdot ST}{O'S}, \quad (192)$$

bu ýerde proporsiýanyň her bir agzasy kesimiň uzynlygyny aňladýar. Şeýle uzynlyklary olaryň görkezýän ululyklarynyň we masştablarynyň üsti bilen aňladýarys:

$$DE = DM - EM = DM - (AM + FB) = \frac{Q_{or} - \frac{q_1 + q_2}{2}}{m_Q};$$

$$EF = \frac{\Delta V}{m_v}; \quad ST = \frac{\Delta t}{m_t}; \quad O'S = P.$$

192-nji deňlemä goýup, alýarys:

$$\frac{\Delta V}{m_v} = \frac{1}{P} \left[\frac{Q_{or} - \frac{1}{2}(q_1 - q_2)}{m_Q} \cdot \frac{\Delta t}{m_t} \right],$$

ýa-da ýönekeýleşdirilenden soň:

$$\Delta V = \left[Q_{or} - \frac{q_1 + q_2}{2} \right] \cdot \Delta t \cdot \frac{m_v}{pm_Q \cdot m_t}. \quad (193)$$

193-nji deňlemeden görýäris, eger-de hemme şertler berjaý edilse, biziň gurluşlarymyz, hakykatdan hem, meseläni oňaýly çözüär:

$$\frac{m_v}{pm_Q m_t} = 1, \text{ ýa-da } P = \frac{m_v}{m_Q \cdot m_t}. \quad (194)$$

Biz ýene-de öň bize belli “şöhlepisint masşabyndaky” polýus aralygy p üçin aňladyjyny aldyk. Şeýlelikde, biz şol ýerde 187-nji deňlemäni grafik görnüşinde integrirlemäni aldyk. Ol usul aralygyň üýtgeýän ululygynda hasaby alyp barmaga mümkinçilik berýär, ony gerek bolsa uly ýa-da kiçi edip saýlap almak bolýar; onuň üçin diňe S nokatdan sag tarapa Δt -niň hasaplamalarda duş gelýän birnäçe ululyklaryny goýmaly we her gezek aralygyň ahyrynda $O'T$ şöhläni geçirmeli.

Gurluşy 1-nji aralykdan başlaýarys, şol aralygyň başynda V_1 we q_1 belli bolmaly we gurluşy joşgunyň bütin döwri üçin dowam edýäris.

Has aýdyň suratlandyrmak üçin aşakdaky mysala seredip görelin: biziň hasaplama joşgunymyz, ölçegleri öňküler ýaly bolan bent gädiginiň üstünden geçende, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň egri çyzygyny grafik usul bilen gurmak, ýöne bent gädiginde goşmaça şitler (agyzyýapylar) goýulýar diýip göz önüne getirýäris, olar suwuň derejesi ASD-den 2,0 m ýokary galan badyna aýrylýarlar.

Ilkibada agyzyýapylar açylan pursatyndaky ýyganan göwrümi we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny hem-de agyzyýapynyň açylan wagtyny kesgitleýäris. 34-nji tablisa boýunça alýarys: $h = 2,0$ m bolanda, $V = 70$ mln m^3 we $q = 50$ m^3/s . 36-njy tablisada 3-nji aralygyň ahyrynyň öň ýanynda akymyň göwrüminiň 70 mln m^3 -a ýetýändigini görýäris. Akymyň integral egri çyzygyny bir aralygyň çäginde göni çyzykly hasap edip, interpolýasiýa boýunça göwrümiň $W = 70$ mln. m^3 bolan pursatyny tapýarys:

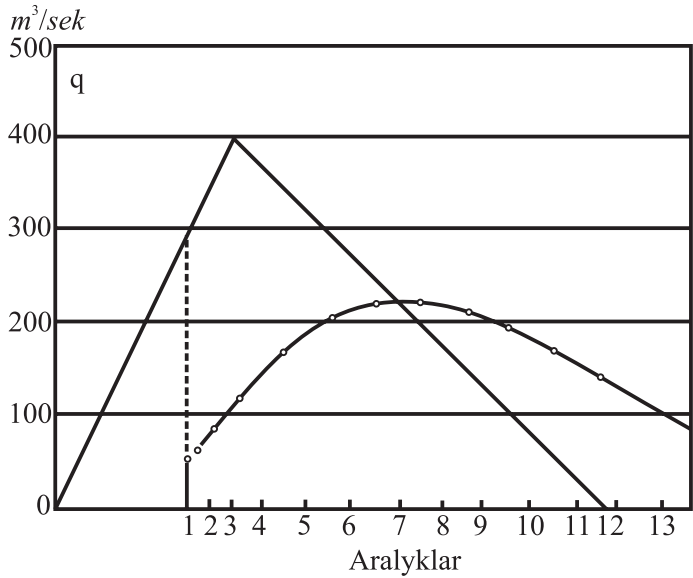
$$\frac{t_1}{2_{\text{gün}}} = \frac{70 - 34,5}{77,7 - 34,5}, \text{ bu ýerden } t_1 = 2 \cdot \frac{35,5}{43,2} = 1,65 \text{ gün.}$$

Diýmek, aşaky býefe suw akdyrylyp başlanandan dördünji günüň ahyryna çenli 0,35 gün bolýar, biz şol wagt aralygyny 1-nji hasaplama aralyk diýip alýarys; indiki iki aralygy bir günden alýarys, soňkulary bolsa 2 günden (agyzyýapylar birden açylanlaryndan soň suwuň mukdarynyň üýtgemegini has takyk kesgitlemek üçin başda has kiçi aralyklary alýarys). Şol drobly aralyklardaky ortaça akym: birinjiniňki (76-njy çyzygdaky joşgunyň grafigi boýunça hasaplaýarys) 290 m^3/s ikinjiniňki 325 m^3/s , üçünjiniňki 375 m^3/s . Grafik usuly bilen hasaplamalar 77-nji suratda görkezilen: aşakdaky masşablary kabul edýäris: $m_g = 20$ mln m^3/sm , $m_o = 100$ m^3/s , 1 sm-de, $m_t = 0,80$ gün ýa-da $86400 \cdot 0,80 = 69120$ s, 1 sm-de, bu ýerden alýarys:

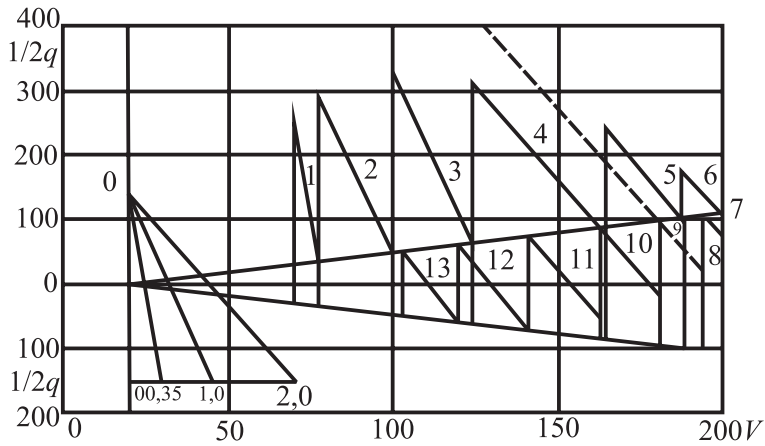
$$P = \frac{20000000}{100 \cdot 69120} = 2,89 sm.$$

Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň grafigi 76-njy suratda berlen; suw mukdarlaryň masşabynyň iki çyzygyda-da birmeňzeş bolany sebäpli, aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlarynyň egri çyzygynyň ordinatalary göni grafik gurluşlardan geçirilýärler; olary masşab boýunça okap, tablisa geçirmek bolýar. Gurluş $V = 70$ mln m^3 -

dan başlanýar; aşaky egri çyzykdan 1-nji aralykdaky ortaça akymy $290\text{-m}^3/\text{s}$ goýýarys we 3,5 gün aralygyň ahyryna gelýän şöhlä parallel edip kesiji geçirýäris; şol kesijini 1 bellik bilen belleýäris we ş.m. 7-nji aralykda ortaça akym 6-njy aralygyň ahyrynda aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarynyň, takmynan, ýarysyna deň bolýar; alnan ordinatada, 8-nji aralykdaky suwuň ortaça mukdaryny goýup, ýokarky egri çyzygyň aşagyndaky kesimiň ahyryny alýarys we şoňa görä, kesijini geçirip çepe süýşürýäris, ýagny 8-nji aralygyň ahyryndaky göwrüm we suwuň mukdary aralygyň başyndakydan az bolýar. 12-nji aralykda $Q_{or} = 0$, şonuň üçin hem kesijini göni aşaky egri çyzykdan geçirýäris; iň soňky gurluşy nazaryýet boýunça tükeniksiz dowam edip bileris.

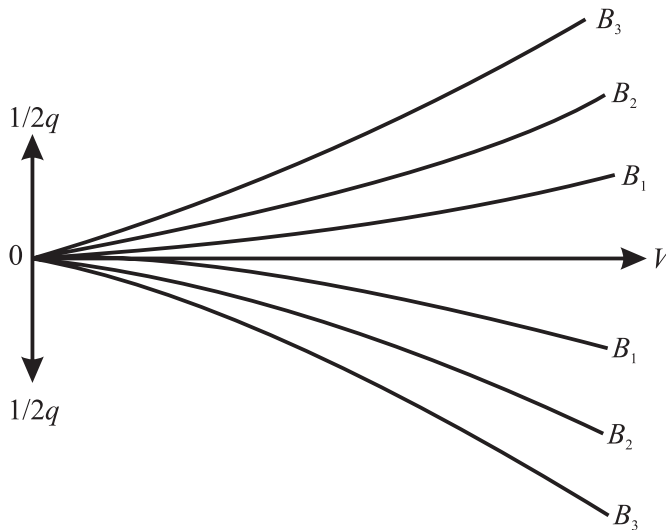


76-njy surat. Agyzýapysy aýrylýan bent gädiginiň üstünden aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlarynyň grafigi



77-nji surat. Joşguny geçirmegiň grafik hasaplamasy

Beýan edilen usul diňe joşgun bent çäginä üstünden geçirilende ulanylman, eýsem düýpki suw geçiriji deşigiň üstünden geçirilende hem edil şeýdip ulanylyr; tapawut diňe $\frac{1}{2}q = f(V)$ egri çyzyklaryň görnüşinde bolar. Soňra gurluşy dürli ölçegli bent gädigi we suw geçiriji deşik üçin umumylaşdyrmak bolar; çyzgyda bir goşa egri çyzygyň deregine birnäçe goşa egri çyzyklar bolar (78-nji surat), olaryň her biri desganyň belli bir ölçegine laýyk gelýär. Desga ulanylyan döwründe, onuň ölçegi belli bir kanun boýunça özgerýän bolsa (deşigi ýuwaş-ýuwaşdan açmak ýa-da ýapmak), onda birnäçe goşa egri çyzykly çyzygy ulanyp, aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň grafigini gurmak bolýar; onuň üçin her bir aralygyň kesijisini laýyk gelýän egri çyzykdan geçirmeli.



78-nji surat. Bosaganyň giňligi üýtgäp duranda hasaplama grafigiň çyzgysy

11.3.2. Aralyklar üýtgemände M.W.Potapowyň usulyny ýönekeýleşdirmek

Δt -niň ululygy üýtgemeyän bolanda çyzgy gurluşlary has ýönekeýleşdirip bolýar, ol aşakdaky düşüňjeden görnüp durýar. 187-nji deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazmak bolýar:

$$\left(V_2 + \frac{q_2}{2} \Delta t \right) = Q_{or} \Delta t + \left(V_1 - \frac{q_1}{2} \Delta t \right). \quad (195)$$

Ýaýyň içinde ýazylan her bir aňlatma, laýyk pursat üçin alnan q -dan (ýa-da V -den) belli bir funksiýany berýär. Şonuň üçin 195-nji deňlemäni şeýle ýazmak bolýar:

$$f_2(V_2) = Q_{or}\Delta t + f_1(V_1). \quad (196)$$

Eger-de aňlatmany agzalar boýunça Δt -ä bölseň we V -ni q -dan funksiýa diýip aňlatsaň, onda şeýle ýazmak bolýar:

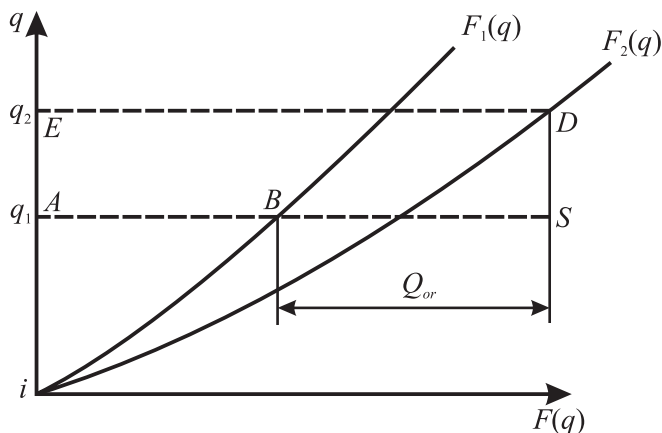
$$F_2(q_2) = Q_{or} + F_1(q_1). \quad (197)$$

Islendik aralyk üçin biz $F_1(q_1)$ ululygy bilýäris (sebäbi q_1 -i we V_1 -i bilýäris) we Q_{or} -nyň ululygyny bilýäris, diýmek, $F_2(q_2)$ ululygy hem bilýäris, bu ýerden q_2 -ni hem tapýarys.

Şeýlelikde, esasy mesele 197-nji örän ýönekeý deňlemäni çözmekden ybarat bolýar; eger-de $V - \frac{1}{2}q\Delta t = F_1(q)$ we $V + \frac{1}{2}q\Delta t = F_2(q)$ funksiýanyň grafikleri bar bolsa ýa-da $V - \frac{1}{2}q\Delta t = f_1(V)$ we $V + \frac{1}{2}q\Delta t = f_2(V)$ grafikler bar bolsa, onda şol çözügi dürli usullar bilen ýerine ýetirmek bolar.

a) Grafiki gurluşlar.

Has amatly gurluşlaryň biri aşakdakydanyň ýbarat bolar (79-njy surat):



79-njy surat. Joşgunyň geçişiniň grafoanalitik hasaplamasynyň çyzgysy

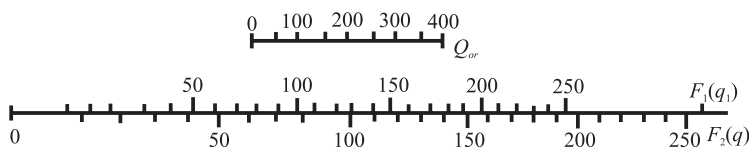
Ordinat oky boýunça q -y, kese ok boýunça bolsa $F(q)$ goýlar (suw mukdarlaryň masşabynda) we şu oklarda iki egri çyzygy gurýarys: $F_1(q)$ we $F_2(q)$; şeýlelikde, grafik usuly bilen hasaplamak üçin taýýarlyk işi gutarýar. Goý, bize aralygyň başynda suwuň mukdary q_1 (OA ordinata) belli bolsun. $F_1(q)$ egri çyzyk bilen düşüşänça kese AB göni çyzygy geçirýäris we onuň dowamyna berlen aralyk üçin $BS = Q_{or}$ -ny goýýarys; soňra $F_2(q)$ egri çyzyk bilen düşüşänça SD dik çyzygy

geçirýäris; aralygyň ahyrynda $D(OE)$ nokadyň ordinatasy gös-göni q_2 suw mukdaryny berýär.

b) Goşa skala.

79-njy çyzygy boýunça gurluşdan ýene-de bir gurluşa geçmek aňsat, ol usul ulanmak üçin örän amatly hem ýönekeý. Onuň üçin 79-njy suratyň $F_1(q)$ egri çyzygyndaky q -nyň bütün ululyklaryna laýyk gelýän nokatlary kese oka proyektirleýäris, olary q -nyň laýyk ululyklary bilen belgileýäris we suw mukdarynyň bölekleri gýradeň bölünmedik şkalasyny alýarys, bölekleriň her biri nol nokatdan (şkalanyň başyndan) $F_1(q)$ ululykly uzaklykda durýar; bölekleri we belgileri göni çyzygyň bir tarapynda (ýokarsynda) ýerleşdirýäris. Edil şeýle edip, $F_2(q)$ egri çyzygy ulanyp, kese okda, q -nyň ululyklary bilen belgilenen (aşakda), $F_2(q)$ ululyklaryň şkalasyny alýarys. Şol goşa şkalany ulanmak örän aňsat: ýokarky şkaladan q_1 -iň ululygyny alyp, grafik usul bilen saga (sirkulyň ýa-da masştab lineýkasynyň kömegi bilen) Q_{or} -nyň ululygyny goşýarys we soňkynyň ahyrynda aşaky skala boýunça q_2 -ni alýarys. Sirkul bilen şkalany zaýalamazlyk üçin aňyrsy görnüp duran kagyz bölejigine Q -yň şkalasyny goýmaly [$F(q)$ masştabda]; hasap alnanda şol şkalanyň noluny ýokarky şkaladaky q_1 -iň belliginiň bölegi bilen gabatlaşdyrýarys we Q_{or} -a laýyk gelýän böleginde aşakdaky skala boýunça gözlenýän q_2 -niň ululygyny alýarys.

Şeýle goşa şkalanyň mysaly (edil şol bent gädigi üçin) 80-nji suratda berilýär; onuň hemme hasaplamalary 37-nji tablisada (33-nji tablisanyň dowamy) ýerine ýetirilen. Ol şkalany ulanyp, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň öňki gurlan grafigini barlamak bolýar we edil şol bent gädiginiň we joşgunyň islendik grafigi üçin beýleki meseleleri çözmek bolýar.



80-nji surat. Bent gädiginiň üstünden joşguny geçirmegi hasaplamak üçin goşa skala

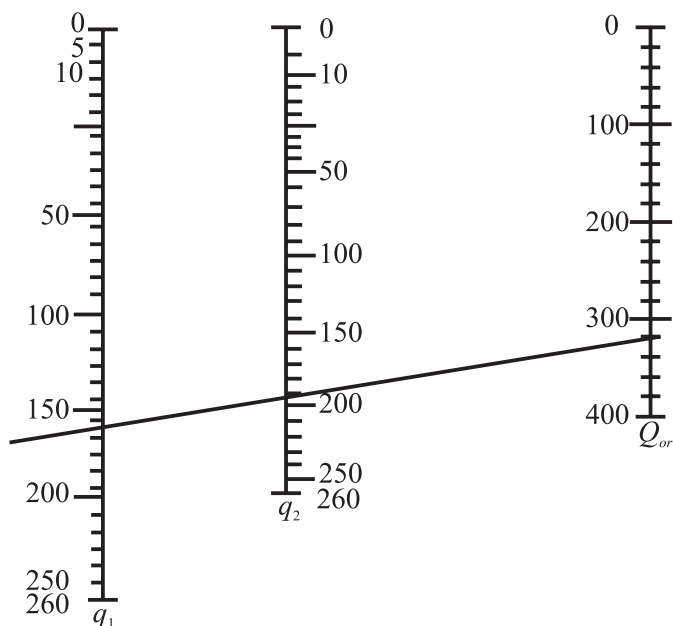
37-nji tablisa

$q, m^3/s$	$V, \text{mln } m^3$	$\frac{V}{\Delta t}, m^3/s$	$\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}$	$\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}$
0	0	0	0	1
6	17	98	101	95
18	34	197	206	188
33	52	301	317	285
50	70	405	430	380

92	107	619	665	573
142	145	839	910	768
198	185	1071	1170	972
260	228	1320	1450	1190

ç) Çyzykly nomogramma.

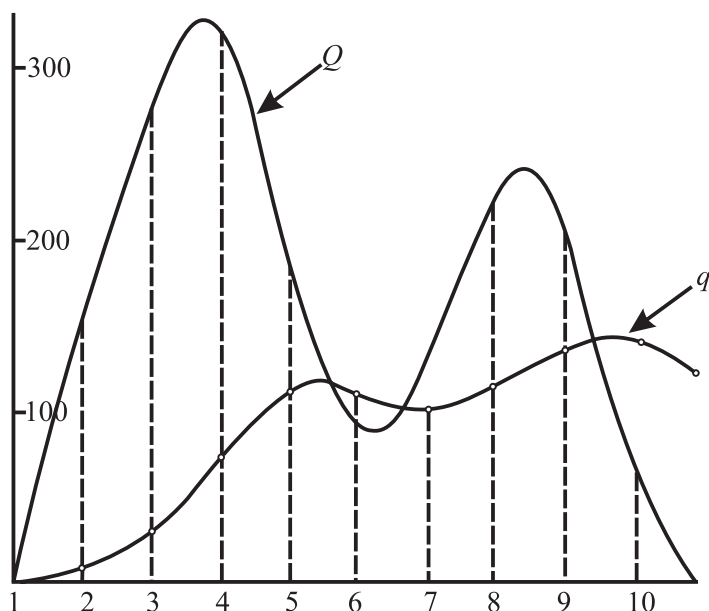
Öňki gurluşlar biraz amatsyz bolýar, sebäbi Q_{or} üçin masştab goşa şkaladaky q -nyň üýtgeýän masştaby bilen deňeşdireniňde kiçi bolýar. Şol amatsyzlyklardan 197-nji deňlemäni çözmek üçin üç sany parallel şkalalardan ybarat bolan nomogrammany gurup dynmak bolýar (81-nji surat). Şkalalaryň bolmaly ýagdaýyndaky aralyklary saýlap alyp, masştablaryň arasyndaky islän gatnaşygy alyp bilýäris.



81-nji surat. Joşguny geçirmegi hasaplamak üçin nomogramma

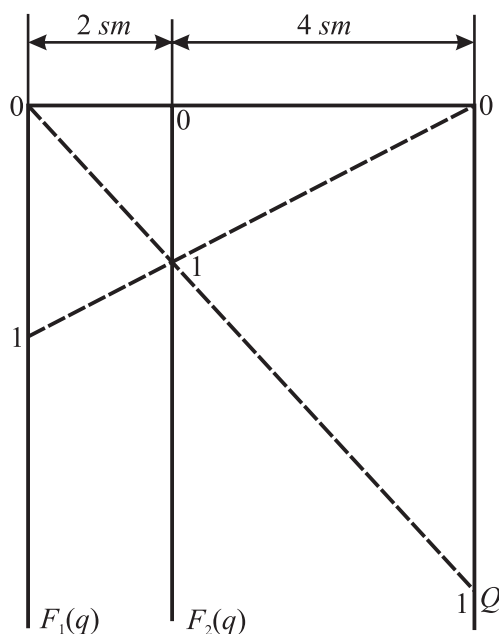
Şu görnüşli nomogrammalary ulanyşyň düzgüni örän ýönekeý hasap edilýär. 81-nji suratda bir aralyk üçin meseläniň çözülişiniň mysaly görkezilen: $q_1=160 \text{ m}^3/\text{s}$ we $Q_{or}=325 \text{ m}^3/\text{s}$ bilip, bu nokatlary nomogrammada göni çyzyk bilen birleşdirýäris we onuň q_2 şkala bilen kesişýän ýerinde $q_2=195 \text{ m}^3/\text{s}$ alýarys.

82-nji suratda joşgunyň erkin saýlanyp alnyp, grafikde berlen görnüşi üçin edil şol nomogrammanyň kömegi bilen gurlan, aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň grafiginiň mysaly görkezilen; grafigiň hemme gurluşlary hiç hili ýazgyny talap etmeýärler we 10-15 minudyň içinde ýerine ýetirilýär.



82-nji surat. Aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlarynyň 81-nji nomogrammanyň kömegi bilen gurlan grafiği

81-nji çyzygdaky nomogrammanyň gurluş usulyny beýan edýäris.

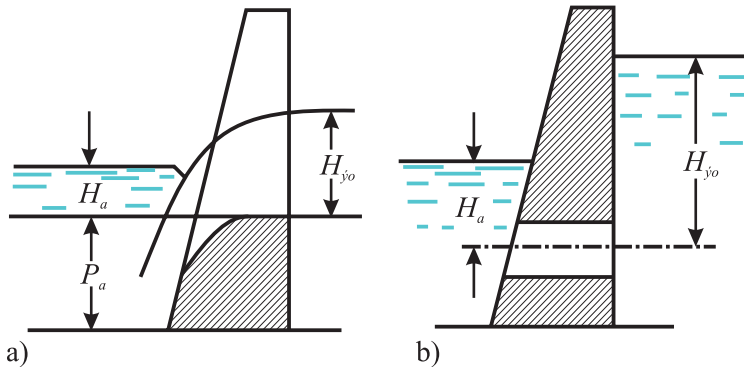


83-nji surat. Nomogrammanyň çyzygysy

83-nji suratda görkezilişi ýaly, üç şkalany ýerleşdirýäris. Q_{or} üçin masştaby 1 sm-de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ kabul edýäris; onda, suratdan görnüşi ýaly, $F_1(q)$ üçin masştab 1 sm-de $80 \text{ m}^3/\text{s}$ bolar, $F_2(q)$ üçin bolsa 1 sm-de $120 \text{ m}^3/\text{s}$. q -yň ululygyny erkin kabul edýäris, mysal üçin, $q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$. 79-njy suratdaky $F_1(q)$ we $F_2(q)$ egri çyzyklar boýunça kese okdan alýarys: $F_1(q) = 980 \text{ m}^3/\text{s}$, $F_2(q) = 1176 \text{ m}^3/\text{s}$; diýmek, nol nokatlardan $q = 200$ nokada çenli aralyk biziň iki şkalalarymyzda bolarlar: $F_1(q)$ şkalada, $l_1 = \frac{980}{80} = 12,2 \text{ sm}$, $F_2(q)$ şkalada, $l_2 = \frac{1176}{120} = 9,8 \text{ sm}$. Edil şeýle edip şkalalarda q -yň beýleki hemme ululyklary üçin nokatlaryň ýerleşişini tapýarys (her bir 10 ýa-da $5 \text{ m}^3/\text{s}$ -dan).

Eger-de aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň dürli ölçegleri bolsa, onda her bir ölçeg üçin aýratyn nomogramma gurulýar.

11.3.3. Bendiň aşaky býefiniň akdyrylýan suwuň mukdaryna täsiri



84-nji surat. Hasaplama çyzgysy:

a – suwa basdyrylan bent gädiginiňki, b – suwa basdyrylan düýpki deşiginiňki

Şu wagta çenli biz aşaky býefe suw akdyryjy desganyň üstünden suwuň erkin akan ýagdaýyna, ýagny aşaky býef tarapdan çişginiň bolmadyk ýagdaýyna seredip geldik. Ýöne kähalatlarda, aýratyn-da pes basyşly derýa bentlerinde aşaky býefe akdyrylýan suw aşaky býefiň suw derejesiniň aşagyna akýar; şeýle ýagdaý düýpki suw geçiriji deşik suwa basdyrylanda we suwa basdyrylan bent gädiginde bolup biler. Şeýle ýagdaýlarda suwuň mukdaryna bendiň diňe bir ýokarky býefiniň belligi täsir etmän, eýsem onuň aşaky býefiniň belligi hem täsir edýär; suw mukdarynyň laýyk aňlatmalary gidrawlika dersinde berilýär. Olary şeýle ýazmak bolýar:

– bent gädigi üçin (84-nji a surat):

$$q = m_1 B \sqrt{2g} \cdot H_{yo}^{3/2}, \quad (198)$$

bu ýerde

$$m_1 = 1,05 m_0 \left(1 + 0,2 \frac{H_a}{P} \right)^3 \sqrt{\frac{H_{yo} - H_a}{H_{yo}}} \quad (199)$$

$$\left(\frac{H_{yo} - H_a}{P} < 0,7 \quad bolan \quad şertlerinde \right);$$

düýpki suw akdyryjy deşik üçin (84-nji b surat):

$$q = m_2 \sqrt{2g\omega} (H_{y_0} - H_a)^{\frac{1}{2}}. \quad (200)$$

Umuman, şeýle ýazmak bolýar:

$$q = f(H_{y_0}, H_a). \quad (201)$$

Şu ýagdaý üçin ýokarda ýazylan hemme usullary göni ulanyp bolmajakdygy görnüp dur, sebäbi olaryň hemmesi q –yň H_{y_0} -a göni baglanyşygyna, ýagny aşakdaký deňlemä esaslanýarlar:

$$q = F(H_{y_0}). \quad (202)$$

Ýöne ol kynçylygy aradan aýyrmak bolýar, sebäbi bendiň aşaky býefiniň belligi H_a we desganyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary q özara göni baglanyşykly:

$$q = \varphi(H_a). \quad (203)$$

Şeýle baglanyşyk bendiň aşaky býefindäki suwuň derejesi bilen suwuň mukdarynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýar, ýagny derýanyň özüniň tebigy ýagdaýynda (bent gurulmazdan öň); bu baglanyşyk gidrometrik gözegçilikler bilen kesgitlenilýär we bendiň kesigi üçin suwuň mukdarynyň egri çyzygy görnüşinde aňladylýar.

Şeýlelikde, 201-nji deňlemä 203-nji deňlemäni birleşdirmeli; olardan H_a -ny aýryp, q -yň we H_{y_0} -nyň arasyndaky baglanyşygy alýarys, ýagny 202-nji görnüşdäki deňlemäni alýarys. Şol deňlemäni ýokarda beýan edilen islendik usul bilen hasaplamak üçin ulanmak bolýar.

Iş ýüzünde şeýle-de edilýär. Aşaky býefe suw akdyryjy deşik üçin q -yň dürli ululyklaryny kabul edýäris, suw mukdarynyň egri çyzygy boýunça H_a -ny tapýarys we 202-nji deňlemä goýýarys, ol ýerden H_{y_0} -ny şeýle tapýarys:

$$H_{y_0} = \left(\frac{q}{m_2 \sqrt{2g\omega}} \right)^2 + H_a. \quad (204)$$

Suwa basdyrylýan bent gädiginde hasaplama kynlaşýar, sebäbi 198-nji deňleme 199-njy bilen bilelikde H_{y_0} degişlilikde çözülmeyär; hasaplamak üçin ony aşakdaký görnüşde ýazmak amatly bolýar:

$$(H_{y_0} - H_a) H_{y_0}^{\frac{7}{2}} = \left[\frac{q}{1,05 m_0 B \sqrt{2g} \left(1 + 0,2 \frac{H_a}{P} \right)} \right]^3. \quad (205)$$

q -ny kabul edip we suw mukdarynyň egri çyzygy boýunça H_a -ny tapyp, 205-nji deňlemäniň sag bölegini hasaplaýarys we soňra H_{yo} -nyň dürli ululyklaryny kabul edip, grafige geçirýäris, şol boýunça 205-nji deňlemäni kanagatlandyrýan H_{yo} -nyň ululygyny kesgitlemek kyn bolmaýar.

Eger-de bent gurlanda aşaky býefiň hanasynda suw mukdarynyň we suwuň derejesiniň arasyndaky baglanyşygy özgerdäýjek işler ýerine ýetirilen bolsa, onda olary hasaba almaly we suwuň mukdarynyň egri çyzygyny täzedan gurmaly, derýa-nyň tebigy şertlerdäki düzgüni üçin gurlan egri çyzygy ulanmaly däl.

11.3.4. Dürli usullary deňeşdirmek

Ýokarda beýan edilen usullaryň haýsy hem bolsa birini hasaplamak üçin saýlap almak işleri hasaplamanyň şertlerine, ýagny ilkinji nobatda, talap edilýän takyklyga we göz önünde tutulýan hasaplama işleriň göwrümüne baglylykda ýerine ýetirilýär. Eger-de 1-2 joşguny geçirmeli bolsa, onda grafik gurluşlary ýerine ýetirmegiň zerurlygy bolmaýar we tablisa hasaplamalaryny ýerine ýetirmek amatly bolýar, takmynan, hasaplamalarda ýönekeýleşdirilen tablisa usulyny, has takyk hasaplamalarda bolsa Tomasyň usulyny ulanmaly bolýar. Şeýle hem hasaplama aralyklaryň ululyklary talap edilýän takyklyga bagly bolýar, takmynan, hasaplamalarda joşguny (bir tolkunly) 10-12 sany deň aralyklara, has takyk hasaplamalar üçin 20-25 aralyklara bölmek ýeterlik.

Eger-de dürli joşgun we dürli ölçegli aşaky býefe suw akdyryjy desgalar üçin uly möçberli hasaplamalar ýerine ýetirilmeli bolsa, onda grafik we grafoanalitik usullara geçmek amatly bolýar. Soňky usul barada aýdylanda bolsa, çyzgyny taýýarlamak işleri näçe kyn bolsa, şonça-da ony ulanmak aňsat bolýar. Şonuň üçin hem iş göwrümi az bolanda bir usuly, iş göwrümi köp bolanda bolsa beýleki usuly ulanmak amatly bolýar. Umuman, diňe koordinat oklaryna parallel çyzyk geçirmeli bolýan usullary has amatly hasap etmeli, ol usullar millimetrli kagyzyň toruny ulanmaga mümkinçilik berýärler. Şol nukdaýnazardan 79-njy suratda görkezilen usul has amatly bolýar. Şeýle çyzgyny dürli ölçegli aşaky býefe suw akdyryjy desgalar üçin birnäçe goşa egri çyzyklar bilen üpjün edip, biz onuň kömegi bilen ölçegleriň dürli joşgunlary geçirmekdäki täsirini öwrenip bileris. Haçan-da desgalaryň ölçegi önünden saýlanyp alnan bolsa we köp sanly tebigy joşgunlar üçin aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň grafigini gurmak talap edilýän bolsa, onda hasaplamanyň çalşyp bolmajak usuly bolup 81-nji suratdaky nomogramma hyzmat edýär. Ol görnüşi örän çylşyrymly joşgunlar üçin hasaplamalary tiz we takyk alyp barmaga mümkinçilik berýär. Eger-de haýsy hem bolsa bir sebäp bilen üýtgeýän ululykly aralyklary ulanmaly bolsa, onda 75-78-nji suratlardaky çyzgylary ulanmak ýeterlik amatly bolýar.

XII BAP

HOWDANYŇ MAKSIMAL SUW MUKDARYNA SAZLAÝJY TÄSIRI

12.1. Umumy ýagdaýlar

Köp suwly döwürde (joşgunda) artykmaç suwuň belli bir bölegi wagtlaýyn howdanda saklanylýar. Şonuň bilen birlikde, suwuň derejesi *ASD*-siniň üstünden ýokary galýar, ýagny suwuň derejesi forsirlenýär (wagtlaýyn ýokary galýar) we köp suwly döwrüň (joşgunyň) gidrografy aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň gidrografyna öwrülýär. Akymyň beýik suw derejesiniň belli bir bölegini özünde saklaýan suw derejesiniň *ASD*-den ýokary galmagy netijesinde emele gelen göwrüm, howdanyň aşaky býefine akdyrylýan maksimal suw mukdarlaryny azaltmaga we hut şonuň netijesinde derýanyň aşaky böleklerinde ýerleriň suwa basdyrylmagynyň önüni almaga, şeýle hem gidrotehniki desgalaryň ölçeglerini kiçeltmäge mümkinçilik berýär. Şonuň bilen birlikde, howdanda suwuň derejesiniň *ASD*-den ýokary galmagy, bendiň beýikliginiň köpelmegine we ýerleri goşmaça suwa basdyrmaga alyp gelýär. Şonuň bilen baglylykda, köp suwly döwrüň (joşgunyň) maksimal suw mukdarlaryny azaltmak ýa-da howdanyň aşaky býefinde ýerleri suwa basdyrmagyň garşysyna göreşmek üçin niýetlenen amatly göwrüm tehniki-kydysady hasaplamalaryň esasynda anyklanylýar.

Maksimal suw mukdarlaryny aşaky býefe akdyrmak üçin geçirilýän howdanyň suw hojalyk hasaplamalary, howdandaky suwuň deňagramlylygynyň deňlemesi esasynda ýerine ýetirilýär. Howdandaky suwuň Δt wagt aralygyndaky deňagramlylygyny umumy görnüşde aşakdaky differensial deňlemäniň üsti bilen aňlatmak bolýar:

$$Q\Delta t = q\Delta t \pm \Omega\Delta h, \quad (206)$$

ýa-da başga görnüşde

$$Q - q = \pm \Omega\Delta h / \Delta t, \quad (207)$$

bu ýerde Q – ölçeg kesigindäki howdana akyp gelýän suwuň hasaplama mukdary, m^3/s ; q – aşaky býefe suw akdyryjy desganyň ölçeg kesigindäki suwuň mukdary, m^3/s ; Ω – howdanyň suw ýüzüniň meýdany, m^2 .

206-njy we 207-nji deňlemelerden gelip çykyşyna görä, maksimal suw mukdarlaryny aşaky býefe geçirmek maksady bilen howdanyň hasaplamalaryny ýerine ýetirmek üçin şu maglumatlar bolmaly: köp suwly döwrüň (joşgunyň) hasaplama gidrografy $Q(t)$; aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň funksiýasy $q(t)$ ýa-da $q(h)$; $\Omega(h)$ baglanyşyk, ýagny howdanyň suw ýüzüniň meýdanynyň egri çyzgysy.

Köp suwly döwrüň (joşgunyň) gidrograflary tebigy faktorlaryň täsiriniň astyn-da emele gelýär we suwuň maksimal mukdary, akymyň göwrümi, gidrografyň görnüşiniň asimetriýasy, köp suwly döwrüň (joşgunyň) dowamlylygy bilen häsiýetlendirilýär.

Hasaplama gidrografyň görnüşini taslama düzmegiň düzgünleri esasynda hasaplama ölçeg kesiginde ýa-da meňzeş derýada gözegçilik edilen nusgalar boýunça kabul etmegi maslahat berýärler. Gözegçilik maglumatlary ýok bolsa ýa-da ýeterlik bolmasa, köp suwly döwrüň hasaplama gidrograflarynyň dürli sadalaşdyryş usullaryny ulanýarlar. Hasaplama gidrograflary köp suwly döwrüň (joşgunyň) deň üpjünçilikli göwrümleri we maksimal suw mukdarlary boýunça gurýarlar.

Köp suwly döwrüň hasaplama gidrografyny gurmak üçin nusga hökmünde hasaplama üpjünlige ýakyn bolan maksimal suw mukdarlary we akymyň gatlagy bilen häsiýetlendirilýän gidrografy kabul edýärler.

Nusga gidrografdan hasaplama gidrografa geçilende hasaplama gidrografyň koordinatlaryny aşakdaky baglanyşyk boýunça kesgitleýärler:

$$Q_{pi} = Q_{ni} \bar{Q}_p \bar{Q}_n \quad (208)$$

we

$$t_i = \frac{t_{ni} \bar{M}_n h_p}{h_n \bar{M}_p}, \quad (209)$$

bu ýerde Q_{pi}, t_i – hasaplama gidrografyň häzirki wagtky koordinatalary, m^3/s we s ; Q_{ni}, t_{ni} – gidrografyň nusgasynyň häzirki wagtky koordinatlary, m^3/s we s ; \bar{Q}_p, \bar{Q}_n – hasaplama ölçeg kesigindäki we nusga üçin hasaplama üpjünçilikli gije-gündizdäki ortaça maksimal suw mukdarlary, m^3/s ; h_p, \bar{M}_p – köp suwly döwrüň akymynyň hasaplama gatlagy we moduly, mm we $l/(s \cdot km^2)$; h_n, \bar{M}_n – nusganyň akymynyň gatlagy we moduly, mm we $l/(s \cdot km^2)$.

Gije-gündizdäki maksimal suw mukdarlaryny \bar{Q}_p , hasaplama maksimal suw mukdaryny Q_p, K_r köpeldijä bölmek ýoly bilen hasaplaýarlar (38-nji tablisa).

Kiçi we orta derýalar üçin bir depeli gidrografy G.A.Alekseyew tarapyndan hödürlenen aşakdaky deňleme boýunça gurmak bolýar:

$$y = 10^{-a(1-x)^{2/x}}, \quad (210)$$

bu ýerde $y = Q_{pi} / \bar{Q}_p$ – hasaplama gidrografyň ordinatasy, ol berlen üpjünligiň gije-gündizdäki ortaça maksimal suw mukdarynyň \bar{Q}_p böleginde aňladylan; $x = x_i / t_{yo}$ – hasaplama gidrografyň absissalary, ol köp suwly döwürde suw derejesiniň ýokary galmagynyň şertli dowamlylygynyň böleginde aňladylýar t_{yo} ; a – hasaplama gidrografyň görnüşini häsiýetlendirýän parametr; soňky ululyk gidrografyň daş görnüşini häsiýetlendirýän parametr; soňky ululygy gidrografyň deň dällik köpel-

dijisine $K_s = h_{yo}/h$ baglylykda meňzeş derýanyň gidrografy boýunça kesgitleýärler; h_{yo} – joşgunyň ýokary galýan döwründäki akymyň gatlagy, mm ; h – akymyň jemlenen gatlagy, mm .

38-nji tablisa

Gysga wagtlyk hasaplama maksimal suw mukdarlaryndan Q_p , gije-gündizlik ortaça suw mukdarlaryna geçmek üçin köpeldijiler K_t

Derýalar we tebigy zolak	Derýanyň suw ýygnaýan meýdany, km^2							
	1	10	50	100	500	1000	2000	5000
Düzlükdäki derýalar:								
– tundra zolaklarynyň we tokaý zolaklarynyň derýalary	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
– tokaýsähra we sähra zolaklarynyň derýalary	4,0	3,0	2,0	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0
– guraksähra we ýarymçöl zolaklarynyň derýalary	6,0	4,0	2,5	2,0	1,5	1,4	1,3	1,2
– köp suwly döwri ýaz-tomus bolýan daglyk derýalar	2,0	1,7	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

Bellik. Aralyk meýdanlar üçin K_t -yň ululyklary interpolýasiýanyň kömegi bilen kesgitleýär.

Köp suwly döwürüň we joşgunyň hasaplama gidrograflary ýönekeýleşdirilen usullar bilen hasaplananda, gidrograflar üçburçluk, trapesiýa (D.I.Koçeriniň usuly) ýa-da depeleri birleşýän iki parabolik egri çyzyklar görnüşinde bolýarlar (D.L.Sokoloskiniň usuly). Bu usullara 12.3-nji bölümde seredilýär.

Artykmaç suw suw akdyryjy desgalaryň üsti bilen howdanyň aşaky býefine akdyrylýar. Howdanlarda aşaky býefe suw akdyryjy desga hökmünde depesi germewli we germewsiz bent gädigi, şeýle hem agyzýapyly düýpki suw akdyryjylar ulanylýar.

Bent gädiginiň üstünden suw erkin akyp geçende suwuň mukdaryny aşakdaky aňlatmanyň kömegi bilen kesgitleýärler:

$$q = mB\sqrt{2g} H_o^{3/2}. \quad (211)$$

Düýpki suw akdyryjy üçin

$$q = \mu\omega\sqrt{2gH_o}, \quad (212)$$

bu ýerde m we μ – laýyklykda bent gädiginiň we düýpki suw akdyryjy deşigiň suw mukdarynyň köpeldijileri; B – bent gädiginiň giňligi, m ; ω – suw akdyryjy deşigiň

meýdany, m^2 ; H_o – doly basyş, ýagny suwuň akyp gelýän tizligini hasaba alýan basyş, m ; g – erkin gaçmanyň tizlenmesi, m/s^2 .

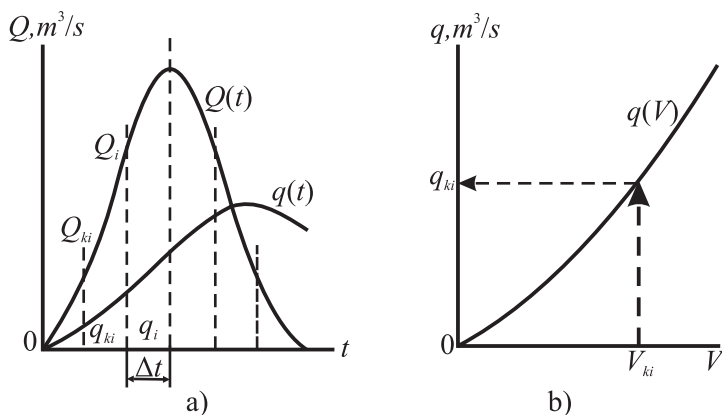
Şol görkezilen suw akdyryjy desgalar bilen bir hatarda olaryň beýleki görnüşleri (şahtaly, sifonly we başgalary) hem ulanylýar; olaryň gurluşlar “Gidrotehniki desgalar” dersinde öwrenilýär.

170-nji deňlemä girýän $\Omega(h)$ baglanyşyk howdanyň statik ýa-da dinamik göwrümleri boýunça anyklanylýar. Eger-de derýanyň suw derejesiniň tebigy ýagdaýda üýtgäp durmagy howdanyň bendi bilen döredilýän çişginden esli az bolsa, onda howdanyň suwunyň ýüzi keseligine tekiz, onuň göwrümi bolsa “statik” diýlip kabul edilýär. Tebigy suw derejeleriň çişgini uly bolmadyk howdanlarda suwuň ýüzi tekiz bolmaýar. Hasaplamalar ýerine ýetirilende şol ýagdaýy hasaba almaly, olary erkin suw ýüzüniň egri çyzygyny hasaba alyp, ýagny gidrawlik usullary ulanyp dinamik göwrüm boýunça ýerine ýetirýärler.

12.2. Köp suwly döwrüň akymyny sazlamagyň hasaplamalary

Suw deňagramlylygyň deňlemesine (206-njy aňlatma) girýän, köp suwly döwrüň gidrografyny $Q(t)$ we $\Omega(h)$ funksiýany häsiýetlendirýän baglanyşyklar çylşyrymly görnüşe eýe bolýarlar we ony gös-göni integrirleme ýoly bilen çözmek örän kyn bolýar. Şonuň üçin hem howdanyň suw hojalyk hasaplamalarynda, takmynan, integrirlemäniň dürli usullaryny ulanýarlar. M.P.Potapow tarapyndan teklip edilen usullaryň birine seredip göreliň.

Joşgunyň бүтін geçýän döwrüni ahyrky wagt aralyklaryna Δt bölýärler, şol wagt aralyklaryň dowamynda akyp gelýän suwuň mukdarlary Q we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlary q göni çyzygyň kanuny boýunça üýtgeýär diýip hasap etmek bolýar (85-nji surat). Şonuň bilen birlikde, hasaplama aralyklaryň araçäginiň birini köp suwly döwrüň (joşgunyň) hasaplama gidrografynyň maksimal ordinatasy bilen gabat getirmek we aralyklary birmeňzeş etmek amatly bolýar.



85-nji surat. Howdandaky suwuň deňagramlylyk deňlemesini takmynan integrirlemäniň çyzygysy: a – hasaplama çyzygysy; b – $q = f(V)$ grafiki

Şeýle ýagdaýda 206-njy deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazmak bolýar:

$$\frac{Q_b + Q_a}{2} \Delta t = \frac{q_b + q_a}{2} \Delta t \pm (V_a - V_b), \quad (213)$$

bu ýerde Q_b, q_b we $V_b - \Delta t$ wagt aralygynyň başynda howdana akyp gelýän akym, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary we howdandaky suwuň göwrümi; Q_a, q_a we V_a – edil şolar, ýöne aralygyň ahyrýnda.

Grafoanalitik hasaplamalar geçirilendäki ahyrky artmalarda (köpelmelerde) 213-nji deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazýarlar:

$$V_a + \frac{1}{2} q_a \Delta t = Q_{or} \Delta t + \left(V_b + \frac{1}{2} q_b \Delta t \right) - q_b \Delta t. \quad (214)$$

Bu görkezilen deňlemäniň çep böleginde ýerleşen agzalar, ýagny V_a we q_a belli däl, deňlemäniň sag tarapynda ýerleşen agzalar bolsa her bir wagt aralygy üçin belli bolýar, sebäbi aralygyň başlanýan pursatynda olar ilkinji parametrler boýunça kesgitlenilýär, soňra hasaplama alnyp barlanda bir aralykdan beýleki aralyga geçirilýär.

213-nji we 214-nji deňlemeleri yzygiderli ýakynlaşma ýoly bilen hasaplaýarlar. Ilkinji maglumatlar hökmünde hasaplama gidrograf, aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarynyň deňlemesi we howdanyň batigrafik (ýa-da göwrüm) häsiýetlendirijileri hyzmat edýär. Adatça, öňünden forsirlemäniň h_p dürli gatnaşyklaryny kabul edip, şol usullara laýyk gelýän howdandaky suwuň göwrümini V (batigrafiki häsiýetlendirijiler boýunça) we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlaryny q (aşaky býefe suw akdyryjy desganyň geçirýän suw mukdarynyň deňlemesi boýunça) hasaplaýarlar. Alnan maglumatlar boýunça $q = f(V)$ egri çyzygy gurýarlar (85-nji b surat). Soňra tablisa görnüşinde (39-njy tablisa) 213-nji ýa-da 214-nji deňleme boýunça hasaplamagy ýerine ýetirýärler.

39-njy tablisa

Takmynan integrirleme usuly bilen köp suwly döwrüň akymyny özügmegiň hasaplamasy

Δt	Q_b	Q_a	$\frac{Q_b + Q_a}{2}$	q_b	q_a	$\frac{q_b + q_a}{2}$	V_b	V_a
------------	-------	-------	-----------------------	-------	-------	-----------------------	-------	-------

Bent gädigi görnüşli, depesiniň belligi ASD -ne deň bolan aşaky býefe suw akdyryjy desga üçin howdan köp suwly döwürden (joşgundan) öň ASD -ne çenli doldurylan ýagdaýda, birinji hasaplama wagt aralygynyň Δt başynda akyp gelýän suwuň mukdarlary Q_{b1} we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlary q_{b1} nola deň bolýar, howdanyň doldurylmagy bolsa $V_{b1} = V_{ASD}$ -e deň bolýar. Şol aralygyň ahyrýnda akym Q_{a1} hasaplama gidrografyň laýyk ordinatasy görnüşinde kesgitlenilýär. Birinji ýakynlaşmada aralygyň ahyrýnda aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny

q'_a kabul edip we belli ululyklary 213-nji deňlemä goýup, howdanyň birinji aralygyň ahyryndaky göwrümünü kesgitlemek bolýar:

$$V_{a1} = V_{b1} + Q_{or} \Delta t - q_{or} \Delta t. \quad (215)$$

$q = f(V)$ grafik boýunça hasaplanan V_{a1} -iň ululygyna laýyk gelýän q_{a1} -iň suw mukdaryny tapýarlar. Eger-de ol öňki kabul edilen ululyga deň bolmasa, onda aşaky býefe akdyrylýan suwuň başga mukdaryny kabul edýärler, hasaplama $q'_{a1} = q_{a1}$ deňlik alynýança dowam etdirilýär.

Birinji aralygyň ahyryndaky akymyň suw mukdarlarynyň Q_{a1} , aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlarynyň q_{a1} we howdanyň doldurylmagynyň V_{a1} ahyrky ululyklary ikinji wagt aralygy üçin başlangyç bolýar. Hasaplamanýň netijeleri boýunça aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlarynyň egri çyzygyny gurýarlar (85-nji surat). Köp suwly döwrüň (joşgunyň) hasaplama gidrografyny we bent gädiginiň üsti bilen aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň egri çyzygyny bir çyzgyda utgaşdyrmagy seljermek, aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdarynyň joşgunyň peselýän böleginde akymyň we aşaky býefe akdyrylýan suwuň gidrograflarynyň kesişýän nokadynda, ýagny $Q = q$ bolan nokatda ýerleşýändigini görkezýär. Aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň artmagy köp suwly döwrüň suw mukdarlary bilen deňeşdireniňde gijä galýar. Howdanyň suw ýüzüniň meýdany näçe uly bolsa, şonça gijä galmak uly bolýar. Ony şeýle düşündirmek bolar, howdanyň suw ýüzüniň meýdany näçe uly bolsa, şonça-da köp suwly döwrüň suw mukdarynyň artmagy bilen suwuň derejesiniň ýokary galmagy haýal bolýar. Aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň egri çyzygy köp suwly döwrüň gidrografynyň görnüşine, aşaky býefe suw akdyryjy desganyň hiline we howdanyň häsiýetlendirijilerine bagly bolýar.

Köp suwly döwrüň (joşgunyň) akymyny howdanyň kömegi bilen özgertmegi hasaplamagyň başga-da birnäçe belli we ulanylýan usullary bar, olar hem howdandaky suwuň suw deňagramlylygynyň deňlemesini, takmynan, integrirlemege esaslanýarlar: M.W.Potapowyň, N.A.Rjanisynyň grafik usullary; M.W.Potapowyň, Ý.D.Gildenblatyň, W.G.Andriýanowyň we başgalaryň grafoanalitik usullary. Şol usullaryň hemmesinde ýeterlik takyk netijeleri almak üçin joşguny 20-25 aralyga bölmeli, ol bolsa hasaplamalary örän kynlaşdyrýar. Şonuň bilen baglylykda, takmynan, integrirleme usulyny, esasan, diňe hasaplamalaryň ýokary takyklygyny almaly bolan aýratyn jogapkärli ýagdaýlarda ulanýarlar.

12.3. Joşgunlary özgertmegi hasaplamagyň takmynan usullary

Aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň köpçülikleýin suw hojalyk taslamalarynda D.I.Koçeriniň takmynan usuly giňden ulanylýar, ol şol usuly 1927-nji ýylda teklipti. Usulyň esasy iki çaklama düzýär: köp suwly döwrüň (joşgunyň) ha-

saplama gidrografy üçburçluk ýa-da trapesiýa görnüşinde bolýar; aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň köpelmegi göni çyzygyň kanuny boýunça bolup geçýär.

Beýle usuly agyzýapysyz ýeke bent gädigi üçin ulanmak bolýar, bent gädigi-niň depesiniň belligi *ASD*-si bilen gabat gelmeli, howdan bolsa köp suwly döwrüň başynda *ASD*-ne çenli doldurylan bolmaly. D.I.Koçeriniň usulynda başga-da bir-näçe çaklamalar kabul edilýär. Köp suwly döwrüň (joşgunyň) göwrümi bilen deňşdireniňde ululyklarynyň ujypsyzlygy sebäpli peýdaly sarp etmäni, şeýle hem howdanda bugarma we ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgilerini hasaba almaýar-lar. Suw alyjy deşikleriň, turbinalaryň, gämi şlýuzlarynyň ýa-da beýleki bar bolan desgalaryň üsti bilen aşaky býefe suw akdyrmak mümkinçilikler göz önünde tu-tulmaýar. Howdany doldurmagyň göwrümelerini statik häsiýetlendirijiler boýunça kesgitleýärler.

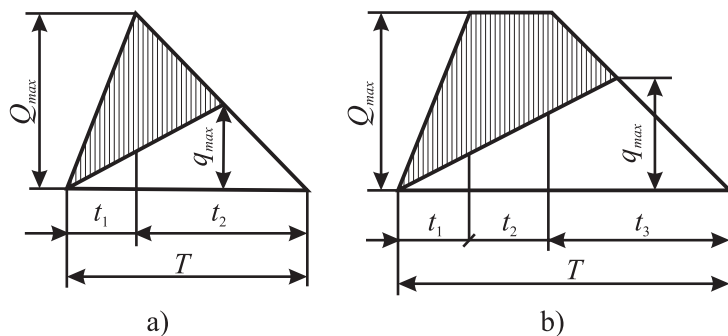
D.I.Koçeriniň usuly joşguny özgertmegiň hasaplamalaryny ep-esli sadalaşdyr-ýar, şol bir wagtda ol usul ulanylanda ýalňyşlyk 5-10%-den köp bolmaýar, ýagny gidrometrik ölçegleriň takyklygynyň çäginde bolýar. Köp suwly döwrüň üçburçluk görnüşli gidrografynyň hasaplama çyzygysy 86-njy a suratda görkezilen. Şol çyzga görä, köp suwly döwrüň akymy gidrografyň meýdanyna deň:

$$W_{k.s} = Q_{\max} T/2, \quad (216)$$

köp suwly döwrüň geçýän wagtyndaky aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrümi bolsa aşakdaky aňlatmanyň kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$W_{ak} = q_{\max} T/2, \quad (217)$$

bu ýerde Q_{\max} , q_{\max} – köp suwly döwrüň akymynyň we aşaky býefe akdyrylýan suwuň maksimal suw mukdarlary, m^3/s ; T – köp suwly döwrüň dowamlylygy, s .



86-njy surat. Gidrograf üçburçly (a) we trapesiýa (b) görnüşli bolanda joşguny özgertmegi hasaplamagyň çyzygysy

Forsirlenen (artdyrylan) göwrüm (86-njy a suratdaky inçe çyzyklar çyzylan meýdan) köp suwly döwrüň göwrüminiň we aşaky býefe akdyrylýan suwuň göwrü-miniň tapawudy görnüşinde kesgitlenilýär:

$$W_{FSD} = W_{k.s} (1 - q_{\max} / Q_{\max}). \quad (218)$$

Görkezilen aňlatmadan aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdarynyň baglanyşygyny almak kyn bolmaýar:

$$q_{\max} = Q_{\max} (1 - V_{FSD} / W_{k.s}), \quad (219)$$

bu ýerde: V_{FSD} – forsirlenen göwrüm (howdanyň ASD -sinden ýokardaky göwrüm).

Köp suwly döwrüň (joşgunyň) gidrografy trapesiýa görnüşinde sadalaşdyrylanda (86-njy b surat) forsirlemäniň göwrümi aşakdaky ýaly bolar:

$$V_{FSD} = W_{k.s} - W_{ak} = \frac{Q_{\max}}{2} (T + t_2) - \frac{q_{\max}}{2} T = W_{k.s} \left(1 - \frac{q_{\max}}{Q_{\max}} \frac{T}{T + t_2} \right), \quad (220)$$

bu ýerde $W_{k.s}$ – köp suwly döwrüň göwrümi, $W_{k.s} = Q_{\max} (T + t_2) / 2$.

$\eta = T / (T + t_2)$ aňladylsa, 220-nji aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$V_{FSD} = W_{k.s} \left(1 - \eta \frac{q_{\max}}{Q_{\max}} \right) \quad (221)$$

bu aňlatmadan aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdary gelip çykýar:

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\eta} \left(1 - \frac{W_{FSD}}{W_{k.s}} \right). \quad (222)$$

221-nji we 222-nji aňlatmalar has meňzeş görnüşe eýe bolýarlar we olary gidrografyň islendik görnüşinde ulanyp bolar. Aýratyn hem $t_2 = 0$ we $\eta = 1$ bolanda gidrograf üçburçluk görnüşe eýe bolýar, 221-nji we 222-nji aňlatmalar 218-nji we 217-nji aňlatmalara öwrülýärler. Gidrograf trapesiýa görnüşli bolanda $1 > \eta > 0,5$ bolýar.

Köp suwly döwrüň gidrografyň görnüşini forsirlenýän göwrüme uly täsir edýär. 221-nji aňlatmadan gelip çykyşyna görä, beýleki şertler deň bolanda forsirlemäniň in uly göwrümi $t_2 = T$ we $\eta = 0,5$ bolan ýagdaýda bolýar. Şeýle ýagdaýda köp suwly döwrüň gidrografy gönüburçly görnüşe eýe bolýar, ýöne ol örän seýrek duş gelýär.

Aşaky býefe akdyrylýan maksimal suwuň mukdary q_{\max} köp suwly döwürde suwuň ýokary galyş tizligine bagly bolýar; $t_{k.s} / T$ -niň köpelmegi bilen (bu ýerde: $t_{k.s}$ – köp suwly döwürde suwuň ýokary galmagynyň dowamlylygy) aşaky býefe akdyrylýan suwuň maksimal mukdary hem artýar.

Soňky ýyllarda birnäçe hünärmenler köp suwly döwrüň we aşaky býefe akdyrylýan suwuň gidrografyň sadalaşdyrmagyň beýleki usullaryny ulanmagy teklipler etdiler.

D.L.Sokolowskiý köp suwly döwrüň gidrografyny şahalary kese oka tarap egilýän we ýiti depeli iki sany duşuşýan parabolalar görnüşinde sadalaşdyrmagy tekliptdi. Şeýle ýagdaýda forsirlemäniň göwrümi aşakdaky baglanyşyk boýunça kesgitlenir:

$$V_{FSD} = W_{K.S} [1 - q_{\max} / (KQ_{\max})], \quad (223)$$

aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdary bolsa aşakdaky baglanyşyk boýunça kesgitlenýär:

$$q_{\max} = KQ_{\max} (1 - V_{FSD} / W_{K.S}), \quad (224)$$

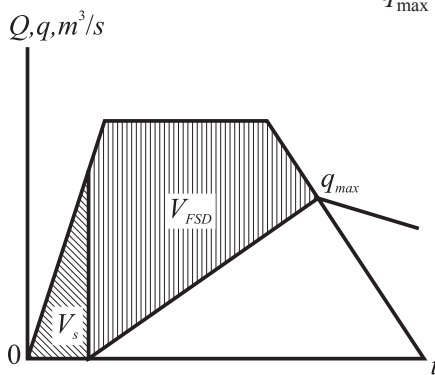
bu ýerde K – parabolanyň dereje görkezijisine bagly köpeldiji, ol ortaça 0,85-e deň.

$K = 1$ bolanda 223-nji we 224-nji aňlatmalar D.I.Koçeriniň üçburçluk görnüşli gidrograf üçin aňlatmalaryna meňzeş bolýarlar we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň artmagy göni çyzygyň kanuny boýunça bolup geçýär.

D.I.Koçeriniň usuly suw hojalyk hasaplamalarynda gabat gelýän beýleki ýagdaýlarda-da ulanylýar. Şonuň bilen birlikde, hasaplama aňlatmalara hasaplamanyň kabul edilen çyzgysyndan we goşmaça şertlerden gelip çykýan özgertmeleri girizmeli boljakdygy görnüp dur.

Köp suwly döwrüň başlanýan pursatynda howdanyň göwrüminiň bir bölegi ASD-den aşakda boşanda, goşmaça sazlaýjy göwrüm V_s ýüze çykýar, ol bent gädiginiň işläp başlamazyndan we howdanyň forsirlenmezinden öň, köp suwly döwrüň göwrüminiň belli bir bölegini saklamaga mümkinçilik berýär. Şeýle ýagdaýda gidrograf trapesiýa boýunça sadalaşdyrylanda hasaplama çyzgysy 87-nji suratdaky görnüşe eýe bolar, aşaky býefe akdyrylýan maksimal suwuň mukdary bolsa A.W.Ogiýewskiniň aşakdaky aňlatmasy boýunça kesgitleniler:

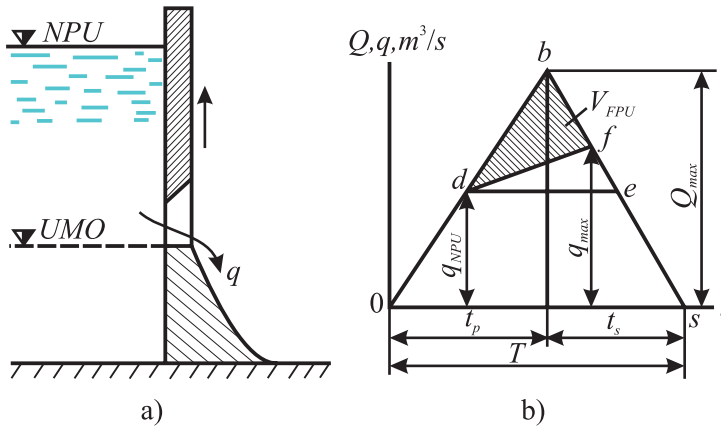
$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\eta} \left(1 - \frac{V_{FSD}}{W_{K.S} - V_s} \right). \quad (225)$$



87-nji surat. Howdan bölekleyin boşanda joşguny özgertmegi hasaplamagyň çyzgysy

Howdan hemişelik göwrüme çenli boşanda $V_s = V_{peý}$ bolýar, artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmak belli bir pursatdan, ýagny howdan ASD-ne çenli doldurylandan soň t_s başlanýar. Joşgun özgerdilende şol pursatdan aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň gidrografy öz başlangyjyny alýar. Haçan-da howdanyň adaty suw derejesi (ASD) belligi howdanyň hemişelik göwrüminiň derejesi (HGD) bilen gabat gelýän bent gädiginiň depesinde oturdylan agyzýapy-

nyň kömegi bilen saklanýan bolsa, onda howdanyň gidrouzelleriniň dürli konstruktiw çözügtli bolmaklary mümkin (88-nji surat).



88-nji surat. Agyzýapyly bent gädigi bolanda joşguny konstruktiw (a) we hasaplama (b) ýoly bilen özgertmegiň çyzyglary

Köp suwly döwrüň suwuny ASD-sine çenli doldurylan howdanyň üstünden geçirilende, suwuň derejesini AGD-siniň belliginde saklamak maksady bilen agyzýapylar ýuwaş-ýuwaşdan açylýarlar. ASD-sinden ýokarda ýerleşýän forsirlenýän göwrüm, diňe joşgun suwunyň bir bölegi geçirilenden we agyzýapylar doly açylandan soň, ýagny haçan-da $Q_{\max} > q_{ASD}$ bolanda işläp başlaýar. I.A.Železnýak D.I.Koçeriniň usulyny ulanyp, şol meseläni aşakdaky ýaly çözmegi teklipt etdi. 88-nji b suratdaky hasaplama çyzygydan görnüşine görä, forsirlenmäniň göwrümi W_{dbe} we W_{dfe} göwrümlere laýyk gelýän, dbe we dfe üçburçluklaryň meýdanlarynyň tapawudy görnüşinde hasaplanyp bilner:

$$W_{FSD} = W_{dbe} - W_{dfe} = \frac{1}{2} de (Q_{\max} - q_{ASD}) - \frac{1}{2} de (q_{\max} - q_{ASD}) = \frac{1}{2} de (Q_{\max} - q_{\max}). \quad (226)$$

obs we dbe üçburçluklaryň meňzeşliklerinden aşakdaky deňleme gelip çykýar:

$$de = \frac{Q_{\max} - q_{ASD}}{Q_{\max}} T,$$

ýöne

$$T = 2W_{k.s} / Q_{\max},$$

onda

$$de = 2W_{k.s} \frac{Q_{\max} - q_{ASD}}{Q_{\max}^2}.$$

de -ni 226-njy aňlatma goýup, forsirlenmäniň göwrümini kesgitleýäris:

$$V_{FSD} = W_{K.S} \frac{Q_{\max} - q_{ASD}}{Q_{\max}^2} (Q_{\max} - q_{\max}), \quad (227)$$

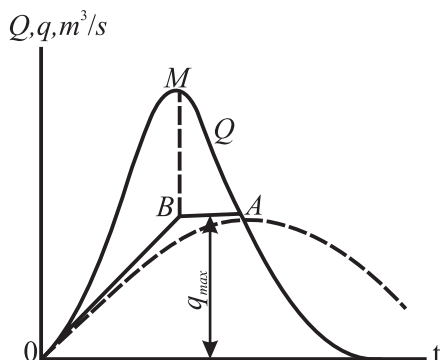
bu ýerde $W_{k.s} = Q_{\max} T/2$ – köp suwly döwrüň akymynyň göwrümi, m^3 ; q_{ASD} – ASD-sindäki we agyzýapylar doly açylandaky aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary, m^3/s .

227-nji aňlatmadan degişli özgertmelerden soň aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdaryny kesgitlemek üçin aşakdaky baglanyşygy almak bolýar:

$$q_{\max} = Q_{\max} \frac{(1+K) - \sqrt{(1+K)^2 - 4K \left(1 - \frac{V_{FSD}}{W_{K.S}}\right)}}{2K}, \quad (228)$$

bu ýerde

$$K = q_{ASD} / q_{\max}.$$



89-njy surat. Düşpki suw akdyryjy bolanda joşguny özgertmegi takmynan hasaplamagyň çyzgysy

D.I.Koçeriniň usulyny ulanmagyň seredilen ähli mysallary aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň ýapyk bent gädigi görnüşindäki gurluşlara degişli. Desgalaryň beýleki görnüşleri üçin aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň özgermesini göni çyzykly diýlen çaklamanyň uly ýalňyşlyklara eltmegi mümkin. Şonuň üçin hem her bir anyk ýagdaýda suw mukdarlaryň grafigini öwrenmeli we şeýle bir hasaplama çyzgyny saýlap almaly, ol hasaplamalar ýeterlik takyk netijä almaga mümkinçilik berer ýaly bolmaly. Aýratyn-da, joşgun suwy aşaky býefe düşpki deşigiň üsti bilen geçirilýän ýagdaýda

we şol pursata çenli howdan deşigiň aşaky erňeginiň derejesine çenli boşadylan bolsa, M.W.Potapow şeýle ýagdaý üçin aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň grafigini joşgunyň başyndan üçburçly gidrografyň maksimal ordinatasyna çenli ýapgyt göni çyzyk görnüşinde sadalaşdyrmagy maslahat berýär. Ýapgyt göni çyzyk joşgunyň peselýän çyzygy bilen kesişýän göni çyzyga geçýär (89-njy surat).

12.4. Howdanlar ulgamynyň sazlaýjy täsirini takmynan hasaplamak

Howdanlar ulgamynyň maksimal suw mukdarlaryna sazlaýjy täsirini ýörite hasaplamalar bilen kesgitleýärler, ol hasaplamalarda birnäçe faktorlar: howdanlaryň biri-birine gatnaşygy boýunça ýerleşişi, olaryň özara täsiri we sazlaýjy göwrümleriň baglanyşygy, gidrografik ulgam boýunça suwuň akyp ýetmek tizligi, suwuň gapdaldan akyp gelmegi, tebigy hanalaryň sazlaýjy göwrümleri we ş.m. hasaba alynýar.

Takmynan hasaplamalarda D.I. Koçeriniň usulyny ulanýarlar.

Howdanlar kaskad görnüşinde ýerleşen ýagdaýda (*90-njy surat*) hasaplamaňy aşakdaky tertipde ýerine ýetirýärler. Ilkibada ýokarky howdandan aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdaryny kesgitleýärler. Köp suwly döwrüň gidrografy 219-njy aňlatma laýyklykda, sadalaşdyrylan üçburçluk boýunça alýarys:

$$q_{\max 1} = Q_{\max 1} (1 - V_{FSD1} / W_{k.s1}).$$

r_1 -iň ululygyny aşakdaky ýaly aňladyp

$$r_1 = 1 - V_{FSD} / W_{k.s1}, \quad (229)$$

$q_{\max 1}$ aňlatmany başga görnüşde ýazýarys:

$$q_{\max 1} = r_1 Q_{\max 1}, \quad (230)$$

bu ýerde r_1 – bir howdanyň sazlaýjy täsiriniň köpeldijisi.

Birinji howdandan aşaky býefe akdyrylýan maksimal suwuň mukdaryny aşakda ýerleşen howdanyň ölçeg kesiginde tebigy maksimal joşgun suw mukdary bilen jemleýärler we ikinji howdanyň özgerdilen suw mukdaryny kesgitleýärler:

$$q_{\max 2} = (Q_{\max 2} + q_{\max 1}) (1 - V_{FSD2} / W_{k.s2}), \quad (231)$$

ýa-da

$$q_{\max 2} = (Q_{\max 2} + r_1 Q_{\max 1}) r_2, \quad (232)$$

bu ýerde $r_2 = 1 - V_{FSD2} / W_{k.s2}$ – ikinji howdanyň sazlaýjy täsiriniň köpeldijisi; $W_{k.s2}$ – ýokarda ýerleşen iki suw ýygnaýan meýdandan akyp gelýän joşgunyň umumy göwrümi.

Edil şuna meňzeş edip üçünji, dördünji we şuna meňzeş howdanlardan aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdarlaryny hasaplaýarlar.

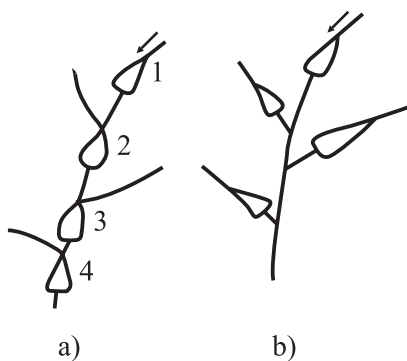
Şeýlelikde, ýokardan aşaklygyna yzygiderlilikde her bir howdanyň we bütün howdanlar toplumynyň maksimal suw mukdaryna sazlaýjy täsirini hasaplaýarlar. Şonuň bilen birlikde, hasaplamalarda hökmmany suratda hasaplama ölçeg kesiklerinde maksimal suw mukdarlaryň laýyk suw ýygnaýan meýdanlara baglylygyny hasaba alýarlar, ýagny 231-nji we 232-nji aňlatmalara azaldylan maksimal suw mukdarlaryny goýýarlar:

$$Q_{\max i} = kQ'_{\max i} \quad (233)$$

bu ýerde $Q'_{\max i}$ – tebigy maksimal suw mukdarlary, m^3/s ; k – reduksiýanyň (azalmanyň) köpeldijisi.

W.N.Singeriň usuly boýunça azalmanyň köpeldijisi k , kaskadyň her bir basgançagy üçin ýokardan aşaklygyna bütin suw ýygnaýan meýdandan, laýyk hasaplama ölçeg kesige çenli akyp gelýän maksimal suw mukdarynyň, iki maksimumyň jemine bolan gatnaşygy görnüşinde kesgitlenilýär: şol ölçeg kesige çenli hususy suw ýygnaýan meýdanyň maksimumy we öňki ölçeg kesige çenli maksimum. Ý.F.Pleškowyň usuly boýunça azalmanyň köpeldijisi k -ny bütin kaskad üçin diňe bir gezek hasaplaýarlar we hemme bölek maksimal suw mukdarlary şu köpeldijä laýyklykda azaldýarlar. Soňky usul boýunça hasaplananda kaskadyň iň yzky ölçeg kesiginde aşaky býefe akdyrylýan suwuň biraz azalan maksimal mukdaryny alýarlar.

Kaskadyň käbir howdanlarynyň joşguny özgertermekde ähmiýeti birmeňzeş bolmaýar. 229-232-nji aňlatmalary seljermekden gelip çykyşyna görä, derýanyň akýş ugry boýunça aşaklygyna maksimal suw mukdarlarynyň we akymyň göwrümleriniň artmagy bilen her bir indiki howdanyň sazlaýjy täsiri azalýar, ýagny ýokardan aşaklygyna bir howdandan beýleki howdana geçilende aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary köpeliýär.



90-njy surat. Howdanyň ýerleşişiniň çyzygylary:

a – kaskad görnüşli;

b – üzňe ýerleşdirilen

Howdanlar biri-birinden üzňe ýerleşen ýagdaýda we biri-birine bagly bolman işlänlende (90-njy b surat) aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdarlaryny hem D.I.Koçeriniň usuly boýunça her bir howdan üçin aýratyn kabul edilen hasaplama çyzga baglylykda kesgitleýärler. Beýleki şertleri birmeňzeş bolanda üzňe howdanlar ulgamy joşguny özgertmäge kaskad bilen deňşdireniňde uly täsir edýär.

Howdanlar ulgamynyň iň yzky ölçeg kesiginde (90-njy surat, $N = 4$ ölçeg kesigi), olaryň ýerleşiş çyzygysyna we sanyna garamazdan, maksimal suw mukdaryny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlemek bolar:

$$q_{\max u} = r_u Q_{\max u} \quad (234)$$

bu ýerde $Q_{\max u}$ – iň yzky ölçeg kesikde köp suwly döwrüň maksimal azaldylan suw mukdary, m^3/s ; r_u – howdanlar ulgamynyň sazlaýjy täsiriniň köpeldijisi,

$$r_u = 1 - \sum_{i=1}^{i=n} V_{FSDi} / W_{K.S}, \quad (235)$$

bu ýerde $W_{K.S}$ – köp suwly döwrüň suwunyň iň yzky ölçeg kesigindäki göwrümi, m^3 .

Netijede, şeýle bir zady belläp geçmeli, ol hem howdanlar ulgamynyň maksimal suw mukdaryna sazlaýjy täsirini hasaplamak örän jogapkärli iş, sebäbi kaskadyň bir howdanynyň bozulmagy aşakda ýerleşen howdanlaryň bozulmagyna eltmegi mümkin.

XIII BAP

SUW JOŞGUNYNYŇ GARŞYSYNA GÖREŞMEK MAKSADY BILEN AKYMY SAZLAMAK

13.1. Suw joşgunynyň sebäpleri we häsiýeti

Biziň ýurdumyzyň derýalarynyň birnäçesi her ýyl diýen ýaly joşup, halk hojalygyna uly zyýan ýetirýärler, şonuň üçin hem joşgunyň garşysyna göreşmek halk hojalygynyň örän wajyp meseleleriniň biri hasap edilýär. Derýanyň her bir az suwly döwründe öz hanasyndan arnasyňa çykmagyna, garşysyna göreşmegi talap edýän suw joşguny diýip bolmaýar. Sebäbi suwuň köpelmegi goşmaça çäre talap etmeýär. Üstesine-de suwa basdyrylan arnany gurandan soň oba hojalyk ekinlerini ekmek üçin ulanmak hem bolýar. Adatça, suw joşguny diýlip, adaty şertlerde suwa basdyrylmaýan ýerleriň joşgunda suwa basdyrylmagyna aýdylýar.

Suw joşguny barada şeýle çäkli düşünje, esasan, daglyk etraplaryndan akyp gelýän we özüniň orta hem-de aşaky akymlarynda gadymy arnasy oba hojalyk ekinleri üçin giňden ulanylýan jülgelerden geçýän derýalara mahsus bolýar. Köplenç, şeýle derýalar öz getiren getirintgilerinden düzülen hanada akýarlar we töweregindäki ýerlerden has ýokarda ýerleşýärler. Şeýle hanaly derýalar joşanda suwuň örän uly meýdanlara ýaýrap, weýrançylyklara getirmegi mümkin. Derýalaryň şol görnüşine Köpetdagiň demirgazyk ýapgydyndan akýan derýajyklaryň köpüsi degişlidir (ol ýerde sil köp geçýär). Joşgunyň häsiýetine we güýjüne derýanyň hanasyndan başga-da derýa akymynyň häsiýeti hem täsir edýär; ol hakda aýdylanda, daglyk derýalary güýçli çabgalaryň ýagmagy we güýçli gar eremegi sebäpli emele gelýän duýdansyz joşgunlary bilen tapawutlanýarlar. Onsoňom joşgunyň sebäbi derýada suwuň derejesiniň ýokary galmagy, diňe derýada suwuň mukdarynyň köpelmeginiň hasabyna bolman, eýsem aşaky akym tarapdan çişginiň döremegi sebäpli hem bolup biler. Çişginiň döremeginiň esasy sebäpleri:

1) derýanyň guýýan suw çeşmesinde güýçli ýeliň täsiri bilen suwuň derejesiniň ýokary galmagy; ol görnüşe Newa derýasynyň (Russiýa) Sankt-Peterburgdaky joşgunlary degişli;

2) derýalarda buz dykynlarynyň döremegi. Mysal üçin, Amyderýada 1968-1969-njy, 2007-2008-nji ýyllardaky gazaply gyslarda buz dykyny zerarly Türkmenabady suw almak howpy abandy.

13.2. Suw joşgunynyň garşysyna göreşmekde akymy sazlamagyň ähmiýeti

Suw joşgunynyň garşysyna göreşmek meselelerini dürli ýollar bilen çözmek bolýar, olaryň esasyalaryna aşakdakylar degişli:

1. Kenar ýakasyndaky ýerleriň daşyna gaçy aýlamak. Bu usul biziň ýurdu-myзда iň köp ulanylýan usuldyr. Derýalarymyzyň boýunda ýerleşen şäherleri, obalary suw joşgunyndan goramak üçin Amyderýanyň, Murgabyň we Tejeniniň kenar ýakalarynda birnäçe gaçylar guruldy, bulary ilat ýüzýyllyklaryň dowamynda gurdy we gowy ýagdaýda saklap gelýär.

2. Arassalamak we öwrümlü ýerleri göneltmek ýoly bilen derýa hanalarynyň suw geçirijilik ukybyny ýokarlandyrmak we ş.m. çäreleriň hemmesi suwuň derejesini pes saklap, derýanyň tebigy suwunyň maksimal mukdaryny geçirmäge niýetlenýär. Ol görnüşe tebigy suw mukdarynyň belli bir bölegini amatly ýere (deňze, çöketlige we ş.m.) eltmek üçin niýetlenen suw azaldygy nowhanalary hem degişli etmek bolar.

3. Joşgun döwründe derýadaky suwuň mukdaryny azaltmak, ýagny akymy sazlamak. Akymy sazlamagy öz gezeginde iki görnüşli çärelere bölmek bolýar:

a) başlangyç akymy sazlamak, ýagny ýagýan ygallary derýanyň suw ýygnaýan meýdanynda saklamak; şeýle çäreler öňden bari ulanylyp gelinýärler, ýöne olary, esasan, topragy yzgarlandyrmak we ony ýuwulmakdan goramak ýaly maksatlar üçin ulanýarlar; geçirilýän gözegçilikler we hasaplamalar ol çäreleriň uly meýdanlarda geçirilýän ýerlerinde joşgunyň depginine uly täsir edýändigini görkezýärler, derýanyň suw ýygnaýan meýdanlarynda ýere siňme we bugarma zerarly joşgunyň depgini ep-esli peselýär;

b) derýa akymyny sazlamak, ýagny joşgun suwlaryny howdanlarda saklamak we ony suwuň has köp gerek bolýan döwründe yzyna almak.

Mundan beýläk biz, esasan, derýa akymyny sazlamagyň üstünde has giňräk durup geçip, suw hojalyk hasaplamalaryň usullaryny öwreneris.

Örän köp ýagdaýlarda suw joşgunyndan goranmak meseleleri birnäçe usullaryň kömegi bilen çözülýär. Ondan başga-da, köplenç, toplumlaýyn çäreler giňden ulanylýar. Taslama düzülende ilkinji we has jogapkärli meselelere amatly çäreleri saýlap almak we olaryň her biriniň umumy peýdada gatnaşyk paýyny anyklamak degişlidir.

Suw joşgunynyň garşysyna göreşmek boýunça hemme çäreleriň içinde akymy sazlamak has amatlydyr, ol, köplenç, weýrançylykly joşgun suwlaryny halk hoja-

lygynyň pudaklarynda öndüriljekli ulanmaga: ekinleri suwarmakda, suw üpjünçiliginde, suw energiýasyny peýdaly ulanmakda we ş.m. mümkinçilik berýär. Suw hojalyk meseleleriniň şeýle toplumlaýyn çözülmegi suw serişdelerini has tygşyly we peýdaly ulanmaga uly mümkinçilik döredýär.

13.3. Joşgun akymynyň hasaplama grafikleri

13.3.1. Suw joşgunynyň hasaplama grafiginiň elementleri

Suw joşgunynyň akymy sazlananda onuň ýönekeý görnüşinde suw hojalyk hasaplamaalaryň wezipesi aşakdakylardan ybaratdyr: joşgunyň akymynyň in uly tebigy suw mukdarynyň Q_{\max} grafigi berlen; suwuň in köp mukdaryny berlen q_{\max} -yň ululygyna çenli peseltmegi üpjün edýän, howdanyň sazlaýjy göwrümini V_{\max} kesgitlemek talap edilýär.

Şu ýagdaýda, edil akymy sazlamagyň beýleki ýagdaýlaryndaky ýaly, ilkinji we has möhüm mesele howdanyň hasaplanýan joşgunynyň akymynyň hasaplama grafigini anyklamakdyr. Joşgunyň akymynyň kesgitleniş usuly gidrologiýa dersinde berilýär. Şonuň üçin diňe onuň üstünde jikme-jik durup geçmän, onuň akymy sazlamak bilen baglanyşykly ýörite soraglaryna-da seredip geçýäris.

Şol soraglaryň içinde esasysy aşakdakydan ybaratdyr. Derýalaryň suwunyň in köp mukdaryny kesgitlemek boýunça jikme-jik işlenip taýýarlanan usullar bar we örän köp maglumatlar toplanan; ol maglumatlar sazlanmadyk tebigy suw mukdaryny geçirýän desgalary (kiçi basyşly bentler, köprüler we ş.m.) hasaplamaýy ýeterlik ygtybarly alyp barmaga mümkinçilik berýärler. Ýöne joşgunyň akymyny sazlamagyň hasaplamaalarynda diňe bir derýanyň suwunyň sekuntaky in köp mukdaryny bilmek ýeterlik bolmaýar; biz aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň ululygynyň diňe Q_{\max} -yň ululygyna bagly bolman, beýleki ululyklara-da baglydygyny bilýäris.

Eger-de joşguny geçirmek üçin ýapyk bent gädigini şertli kabul etsek we D.I.Koçeriniň usulyny ulansak, onda biz trapesiýa görnüşli joşgun üçin aşakdaky deňlemäni alýarys:

$$V_{\max} = W \left(1 - \frac{T}{T + T_2} \cdot \frac{q_{\max}}{Q_{\max}} \right) = W \left(1 - \eta \frac{q_{\max}}{Q_{\max}} \right), \quad (236)$$

bu ýerde W – joşgun akymynyň göwrümi we $\eta = \frac{T}{T + T_2}$. Bu ýerden gelip çykyşyna görä, V_{\max} -yň göwrümine Q_{\max} -yň ululygyndan başga-da täsir edýän sebäpler bolýar: 1) joşgun akymynyň göwrümi W ; 2) joşgunyň grafiginiň görnüşi, ýagny trapesiýa

üçin $\frac{T_2}{T}$ gatnaşyk. Iň soňky faktoryň täsirini görkezmek üçin $\frac{q_{\max}}{Q_{\max}} = 0,5$ diýip kabul edýäris; onda trapesiýa görnüşli grafigiň çetki görnüşleri üçin alýarys: üçburçluk üçin $(\eta = 1,0) - V_{\max} = 0,5W$, , gönüburçluk üçin $\left(\eta = \frac{1}{2}\right) - W = 0,75W$.

Umuman, akymyň berlen göwrümünde we joşgunyň iň uly ordinatasynda Q_{\max} joşgunyň grafigi näçe doly (gönüburçluga ýakyn) ýa-da onuň süýnmeklik köpeldijisi (η) kiçi bolsa, şonça-da V_{\max} göwrüm uly bolýar. Joşgunlaryň iň howplusy gönüburçly grafiklisidir, iň howpsuzy bolsa üçburçly ýa-da kese oka egik şahaly we ýiti depeli grafiklisidir. Eger-de aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň takyk grafiginden ugur alynsa (onuň gönüçyzykly, takmynan görnüşinden däl-de), onda akymyň grafiginiň görnüşü hasaplamaalaryň netijesine has uly täsir eder. Üçburçly grafik berlen Q_{\max} we W -lerde, q çyzykly köpelende, üçburçlugyň depesiniň islen-dik ýagdaýynda birmeňzeş V_{\max} göwrümi berýär; takyk hasaplananda bolsa biz Q birden köpelende V_{\max} -yň iň az ululygyny we Q birden azalanda bolsa iň köp ululygyny alýarys. Trapesiýa görnüşli grafik üçin hem edil şunuň ýaly ýagdaý bolýar. Şeýlelikde, howdan bilen joşguny sazlamagy hasaplamak üçin biz joşgunyň hasaplama grafiginiň aşakdaky elementlerini bilmeli: 1) joşgun akymynyň göwrümini W ; 2) akymyň iň uly ordinatasy Q_{\max} ; 3) grafigiň görnüşini, ony şol görnüşiň täsirini häsiýetlendirýän (trapesiýa görnüşli grafik üçin η ululyk) grafik ýa-da san görnüşde kabul edýäris.

13.3.2. Köpýyllyk gözegçilikler boýunça akymy hasaplamak

Eger-de taslama düzýäniň elinde joşgunyň akymy barada uzak wagtlaýyn 30-40 we ondan hem köpýyllyk gözegçilik edilen maglumatlar bar bolsa, diňe şonda hasaplama has ygtybarly bolýar. Şeýle ýagdaýda has howply joşguny saýlamak bolýar we ony sazlamagyň hasaplamaalaryny geçirmek ýeňil bolýar. Ýöne şonuň bilen birlikde hasaplama grafigiň elementleri barada ýokarda aýdylanlary göz önünde tutmaly; eger-de gözegçilik edilen gidrograflaryň içinde dürli göwrümlü, dürli görnüşli we dürli maksimumly grafikler bar bolsa, onda hasaplamaalaryň ygtybarlylygy üçin bir däl-de, birnäçe joşguny öwrenmeli, olaryň içinden şol elementleriň iň amatsyz birleşmesini gutarnykly saýlap almaly, şonda berlen q_{\max} -da V_{\max} maksimumy berýär (ýa-da berlen V_{\max} göwrümde, q_{\max} maksimumy berýär).

Köplenç, biziň ygtyýarymyzda örän az sanly derýalar üçin akyma köp ýyllap (40-50 ýyl) gözegçilik edilen maglumatlaryň esasynda gurlan gidrograflar bolýar, ýagny takmynan, 99% üpjünlige laýyk gelýän möhlet üçin, köplenç ýagdaýlarda bolsa gözegçiligiň möhleti ep-esli az bolýar. Şeýle bolanda, mümkin boldugyça, matematiki statistikanyň usullaryny ulanyp, nazaryýet hasaplama grafigini gur-

maga geçmeli. Şonuň bilen birlikde, hasaplamalary iki dürli usullar bilen ýerine ýetirmek bolýar, olaryň üstünde aýratyn durup geçeris.

1. Statistik taýdan işläp taýýarlamak üçin grafigi häsiýetlendirýän elementleriň käbirini alýarlar, ilkinji nobatda, onuň göwrümi W we Q_{\max} -yň in ulý ordinatasy-ny alýarlar. Fosteriň usulyňy ýa-da ähtimallyk tory ulanyňp, bar bolan maglumatlar boýunça berlen göterimiň sanynyň üpjünligi üçin W we Q_{\max} ululyklary tapýarys we şeýlelikde, hasaplama grafigiň iki esasy elementlerini alýarys. Şonuň bilen birlikde, bir zady belläp geçmeli, ol hem iki elementiň her birini $P\%$ bilen üpjün edip, biz olaryň has amatsyz utgaşmasyny $P\%$ -den köp üpjün ederis, sebäbi $W \geq W_p$ -niň we $Q_{\max} \geq Q_{\max p}$ -niň (bu ýerde: W_p we $Q_{\max p}$ - $p\%$ üpjünlikli W -niň we Q_{\max} -yň ululyklary) şol bir wagtda ýüze çykmagynyň ähtimallygy şol ululyklaryň aýratynlykdaky ýüze çykmak ähtimallygy bilen deňeşdireniňde kiçi bolar. Şonuň üçin hem hasaplama joşgunyň belli bir p üpjünligini kabul edip, W -niň we Q -yň her biri üçin p -den biraz kiçi üpjünligi p' bellemeli. Mysal üçin, $p = 95\%$ -de $p' = 90\%$ -i almak bolýar, $p = 99\% - p' = 98\%$ -de we ş.m.

Üçünji element (joşgunyň görnüşi) barada aýdylanda bolsa, onuň üçin sanly aňlatmany tapmak şeýle bir ýeňil bolmaýar. Hemme öwrenilýän joşgunlary hasaplamaadan ön ýönekeýleşdirmek bolýar, ýagny, mysal üçin, şol bir (T) esasy meýdany boýunça deň ululykly trapesiýalara getirmek bolýar, her biri üçin T_2 -niň ýa-da η -nyň ululygyny hasaplamaaly we berlen üpjünligiň çägendäki has amatsyzyny tapyňp, şol ululyklary işläp taýýarlamaly. Ýöne joşgunyň görnüşi hasaplamalarda ulý ähmiýete eýe bolmaýar, şonuň üçin hem, adatça, tebigy gidrograflaryň hataryna göz gezdirip, joşgunyň amatly görnüşini anyklamak ýeterlik bolýar; şonuň bilen birlikde, ony üçburçluk ýa-da trapesiýa görnüşe getirip, has ýönekeýleşdirmek bolar.

Joşgunlar biri-biriniň zyzndan ýakyn gelýän bolsalar, mysal üçin, tomusky çagba joşgunlary ýa-da ýazky gar joşgunyň zyzndan çagba joşguny geçýän bolsa goşmaça kynçylyk döreýär.

Goňşy joşgunlaryň arasyňy bölýän möhlet joşgunlar sazlananda ulý ähmiýete eýe bolýar, sebäbi V_{\max} göwrüm joşgunyň ikinji tolkunynyň gelýän pursatyna çenli howdanyň nähili boşap ýetişýändigine bagly bolýar. Şol ýerde hasaplamanynyň umumy usuly akymy pasylyk sazlamak baradaky bapda görkezilişi ýaly bolýar. Joşgunlaryň arasyndaky wagt aralygy, joşgunyň edil beýleki elementleri ýaly statistik taýdan işlenip taýýarlanylýar we onuň üçin berlen üpjünligiň çäginde has amatsyz (ýagny minimal) ululyk kabul edilýär.

Şeýlelikde, joşgunyň hasaplama grafiginiň hemme esasy elementlerini kesgitläp we onuň üçin akymy sazlamagyň hasaplamasyny geçirip, şonuň bilen birlikde, kabul edilen üpjünligiň çäginde daş çykýan ýyllardan başga hemme ýyllarda bar bolan sazlaýjy göwrümde V_{\max} suwuň in köp mukdarynyň q_{\max} -a çenli azalmagynyň üpjün ediljekdigine ynamly bolýarys.

2. Ikinji hasaplanyş ýoly aşakdakydan ybarat. Joşgunyň 20-30 ýyllyk gidrograflary bar bolsa, gözegçilik döwrüniň içine girýän hemme joşgunlar üçin hasap-

lamany ýerine ýetirýäris. Şonuň bilen birlikde biz V_{\max} -yň üýtgemeýän ululygyny kabul edip bileris we her bir ýyl üçin q_{\max} -yň dürli ululyklaryny alarys ýa-da tersine ederis: q_{\max} -y kabul edip, dürli V_{\max} -y alarys. Şol we beýleki ýagdaýda alynýan üýtgäp durýan ululygy statistik taýdan işläp taýýarlaýarys we onuň paýlanyşynyň nazaryýet egri çyzygyny (Fosteriň usuly, ähtimallyk tory we ş.m.) tapýarys. Şol egri çyzyk boýunça berlen üpjünligiň göterimini üpjün edýän hasaplama ululygy tapýarys, ýagny birinji ýagdaýda aşaky býefe akdyrylmaly suwuň maksimal mukdaryny, ikinji ýagdaýda talap edilýän göwrümi V_{\max} . Ol usul uly göwrümlü hasaplama işlerini talap edýär, ýöne alynýan netijeler ygtybarly bolýar, sebäbi onda joşgunlaryň käbir elementleriniň üpjünligini kesgitlemegiň birnäçe aýdyň bolmadyk hasaplamalary ýerine ýetirilmeýär.

Hasaplamalary şol ýol bilen ýerine ýetirip, joşguny sazlamak baradaky sorag boýunça has umumy suw hojalyk häsiýetlendirijileri almak bolýar; dürli göwrümlerde V_{\max} -iň hasaplamalaryny ýerine ýetirip, olaryň netijelerini $V_{\max} = f(q_{\max}, p)$ egri çyzyklar görnüşinde aňlatmak bolýar, ol akymy sazlamagyň kömegi bilen joşgunyň garşysyna göreşmek mümkinçilikleriň gutarnykly häsiýetlendirijisini berýär.

13.3.3. Gözegçilik maglumatlaryň ýeterlik bolmadyk we düýbünden bolmadyk ýagdaýlarynda akymy hasaplamak

Şeýle ýagdaýda hasaplamaný nazaryýet, takmynan, ýönekeýleşdirilen grafiker boýunça alyp barmaly bolýar; hasaplamalaryň takyklygy onçakly uly bolmanam biler.

Eger-de joşgunlaryň birnäçe ýyllyk (5-10) gidrografy bar bolsa, olaryň esasy bölekleri bilen meňzeş şertlerde ýerleşen we uzak gözegçilik döwri bolan beýleki derýanyň joşgunlary bilen korrelýasion baglanyşygy kesgitlemek mümkinçiligi bolsa, onda hasaplama grafik meňzeş derýa üçin gurulýar we onuň elementleri görkezilen korrelýasion gatnaşygyň kömegi bilen öwrenilýän derýa üçin täzeden hasaplanylýar.

Gözegçilik maglumatlary bolmadyk ýagdaýda akymy sazlamagy hasaplamak üçin diňe gytaklaýyn gidrologik meňzeşlik we tejribe aňlatmalar usuly galýar, şol bolsa takyklygyň derejesini has pese düşürýär. Ýokarda bellänip geçilişi ýaly, gardan we çabgadan emele gelen joşgunlaryň suwunyň maksimal mukdarlary hem-de derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň dürli ululyklary üçin soraglar has takyk öwrenilen; gidrologik maglumatlaryň toplanmagy bilen maksimal akymy kesgitlemek boýunça ýerli aňlatmalar ýuwaş-ýuwaşdan takykklanýarlar. Joşgunyň akymynyň göwrümi barada aýdylanda bolsa, ol barada maglumat hasaplanyş usullary az bolýar.

Erän suwlaryň akymynyň göwrümini howdanyň ýerleşen ýerindäki gar örtüginiiň iň uly galyňlygyny, garyň dykzlygyny we erän suwlaryň akymynyň köpel-

dijisini bilip kesgitlemek bolýar. D.I.Koçerin öňki SSSR-iň Ýewropa bölegi üçin ýazky akymyň galyňlygyny gar örtüginin beýikliginiň 0,2 bölegini almagy maslahat berýär.

Çabgadan emele gelen akymyň göwrümi ýagan ygalyň galyňlygyna, suw ýygnaýan meýdanyň göterimdäki ýagyş ýagýan bölegine we çabga suwlarynyň akymynyň köpeldijisine bagly bolýar.

Berlen şertlerdäki hasaplamlarda hasaplama grafigiň görnüşi üçburçluk ýa-da trapesiýa görnüşli kabul edilýär. D.I.Koçerin tarapyndan joşgunlaryň hakyky gidrografynyň, köplenç, paýlanyş egri çyzyklaryň birine laýyk gelýändigini görkezilen (Pirsonyň III ýa-da V görnüşli egri çyzyklary), onsoň hem şeýle egri çyzygy çyzmak üçin üç ululyklaryň hemmesi gerek bolýar (mysal üçin, akymyň göwrüminiň W , Q_{\max} -yň iň uly ordinatasynyň we joşgunyň köpelyän wagtynyň T_1 ululyklary).

Gözegçilikler çabga joşgunlaryň üçburçluk we gar joşgunlaryň bolsa trapesiýa görnüşli gidrografynyň bardygyny görkezýärler.

Trapesiýanyň görnüşi iki döwür bilen kesgittelener: T_1 we T_2 (has takygy, olaryň joşgunyň dowamlylygyna T gatnaşygy bilen). T_2 -niň ululygy üçin D.I.Koçerin şeýle kabul etmäni maslahat berýär: $T_2 = 0,06T - 0,10T$.

Köplenç ýagdaýlarda, joşgunyň beýgelmegi peselmek bilen deňeşdireniňde çalt bolup geçýär, ýagny $T_1 < T_3$ we joşgunyň depesi onuň başlanýan ýerine süýşýär. Beýleki tarapdan ýuwaş-yuwaşdan galýan we birden peselýän joşgun örän howply bolýar. Has takyk maglumatlaryň bolmanlygy sebäpli, ortaça çözgütde durýarys we $T_1 = T_3$ diýip kabul edýäris. Ondan başga-da $T_2 = 0,10T$ diýip kabul edip, 86-njy b surat boýunça hasaplama grafigini alýarys, onsoň $T_1 = T_3 = 0,45T$, $T_2 = 0,10T$ bolýar.

Mysal hökmünde joşgunyň hasaplama grafigini tapýarys we aşakdaky şertler üçin takmynan hasaplama usuly bilen akymy sazlamagyň hasabyny ýerine ýetirýäris: suw ýygnaýan meýdan $F = 70 \text{ km}^2$, Kurskiniň (Russiýa) ýanyndaky düzlükde ýerleşen topragyň suw siňdirijiligi orta.

Gidrologik kadalara laýyklykda çabga akymy üçin tapýarys ($S = 10$ we $j = 1,0$ bolanda):

$$Q_{\max} = 10,0 \cdot 1,0 \cdot 70^{3/4} = 242, \text{ m}^3/\text{s}.$$

Çabga akymynyň göwrümi, onuň galyňlygy 75 mm bolanda $5,25 \text{ mln m}^3$ bolar.

Joşgunyň dowamlylygyny T aşakdaky şertlerden kesgitleýäris: $\frac{1}{2}(T + 0,10T) \cdot 242 = 5,25 \cdot 10^6$, bu ýerden $T = 39,500$ sekunt $\sim 40,000$ sekunt, onsoň $T_1 = T_3 = 18000$ sekunt we $T_2 = 4000$ sekunt.

Erän suwlaryň iň köp mudaryny D.I.Koçeriniň aňlatmasy boýunça kesgitleýäris:

$$Q_{\max} = \frac{a}{F^n} - b,$$

bu ýerde: F – derýanyň suw ýygnaýan meýdany, km^2 ($F = 70 km^2$); a , n we b – suw ýygnaýan meýdanyň geografik ýerleşişine bagly köpeldijiler. Biziň mysalymyz üçin $a = 3,57$, $n = 0,288$ we $b = 0,07$; bu ululyklary ýerine goýup tapýarys $Q_{\max} = 70 m^3/s$. D.I.Koçeriniň kartasy boýunça Kurskiý (Russiýa) etrap üçin ýazky akymyň galyňlygy $125mm$; onda gar joşgunynyň göwrümi $W = 0,125 \cdot 70 = 8,75$ mln m^3 .

Joşgunyň dowamlylygyny aşakdaky şertlerden ugur alyp tapýarys:

$\frac{1}{2} 1,1T \cdot 70 = 8,75 \cdot 10^6$, bu ýerden $T \cong 230000$ sekunt, onsoň $T_1 = T_3 = 107500$ sekunt, $T_2 = 25000$ sekunt.

Iki ýagdaý üçin hem $T_2 = 0,1T$ bolanda alýarys: $\eta = \frac{1}{1+0,1} = 0,91$.

V_m -iň ululygyny takmynan hasaplama usulynda aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýäris:

$$V_{\max} = W \left(1 - 0,91 \frac{q_{\max}}{Q_{\max}} \right).$$

$q_{\max} = 20,40$ we $60 m^3/s$ ululyklary kabul edip, V_{\max} -yň ululygyny aýratyn çagba ($W = 5,25$ mln m^3) we gar joşgunlary üçin ($W = 8,75$ mln m^3) tapýarys. Hasaplamlary 40-njy tablisa geçirýäris.

40-njy tablisa

$q_{\max}, m^3/s$	Çagba joşguny ($Q_{\max} = 242, W = 5,25$)			
	$\frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	$0,91 \frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	$1 - 0,91 \frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	V_{\max}
20	0,083	0,075	0,925	4,81
40	0,165	0,150	0,850	4,43
60	0,248	0,225	0,775	4,03
$q_m, m^3/s$	Gar joşguny ($Q_{\max} = 70, W = 8,75$)			
	$\frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	$0,91 \frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	$1 - 0,91 \frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$	V_{\max}
20	0,286	0,260	0,740	6,48
40	0,572	0,520	0,480	4,20
60	0,858	0,780	0,220	1,93

Şol mysaldan görnüşine görä, joşgun güýçli sazlananda çagba bilen deňeşdirerinde gar joşgunynda uly göwrüm gerek bolýar (4,81-iň deregine 6,48 mln m^3); akym gowşagrak sazlananda tersine bolýar (4,03-iň deregine 1,93 mln m^3). Ol ba-

rada şeýle netijä gelmek bolar, ýagny hasaplamak üçin önünden joşgunyň görnüşini saýlap almak kyn bolýar we seresaplylyk üçin iki görnüşü hem barlap görmeli.

13.4. Ätiýaçlyk howdan bilen akymy sazlamak

13.4.1. Sazlaýjy göwrümi ulanmak

Eger-de derýa joşgunlaryny sazlamak üçin bar bolan ýa-da indi guruljak ätiýaçlyk howdanlaryny ulanmak mümkinçiligi bar bolsa, onda şeýle ulanmany tapawutly iki ýol bilen alyp barmak bolar:

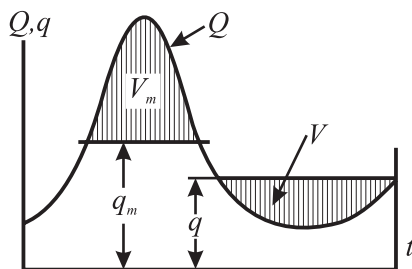
1) diňe sazlaýjy göwrümiň V_{\max} hasabyna, ýagny ASD -den ýokardaky (ASD we \dot{ASD} -siniň arasyndaky) göwrümiň hasabyna;

2) howdanyň bütin göwrüminiň V_m ýa-da onuň bir böleginiň hasabyna.

Birinji ýagdaýda bütin peýdaly göwrüm sazlanan akymy sarp edijilere berkidilýär; ol hasaplama şeýle täsir edýär, ýagny “Hasaplama joşgunyň başlanýan pursatyna çenli howdan ASD -sine çenli doldurylýar” diýlip göz önüne getirilýär, suwy peýdaly ulanmak joşgunyň akymy bilen deňeşdireniňde köp däl we adaty, ol hasaplamalarda hasaba alynmaýar.

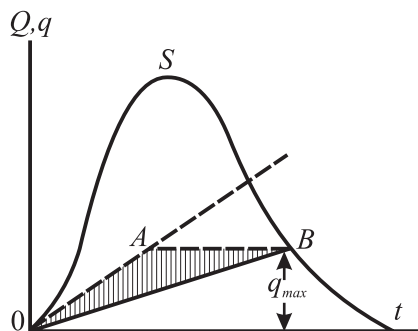
Şeýle ýagdaýda joşguny sazlamak hasaplamasynyň, howdanyň aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryny hasaplamak bilen doly gabat gelýändigini anyk görnüp dur, onuň hasaplanyş usuly barada kitabyň geçen babynda ýazdyk. Joşgunyň sazlamak derejesi, ýagny q_{\max} ululyk ýa-da $\frac{q_{\max}}{Q_{\max}}$ gatnaşyk kenarýakasyny suwa basdyrmazlyk şertlerinden ugur alyp, önünden kabul edilýär ýa-da olaryň in amatly ululyklary aşaky býefe suw akdyryjy desgalar hasaplananda kesgitlenilýär; şol ýagdaýda hasaplamanýň wajyp elementi, joşguny sazlamak bilen çalşylýan çäreleriň bahasyndan ýa-da joşgunyň haýsy hem bolsa bir sazlanýş derejesinde aradan aýrylýan zyýanlaryň ölçeginden ybaratdyr.

Sazlaýjy göwrümiň V_{\max} ölçegi, görşümüz ýaly, aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň gurluşyna we ýerleşişine bagly bolýar. Olaryň içinde V_{\max} -y azaltmak babatda in amatly görnüşü düýpki suw akdyryjy deşikdir, sebäbi ol ASD -den az bolmadyk basyşda işleýär we şonuň üçin hem joşgun başlan badyna suwuň maksimal mukdaryny aşaky býefe akdyrmaga mümkinçilik berýär. Düýpki suw akdyryjy deşik arkaly üýtgemeyän suwuň mukdary q_{\max} bilen joşguny azaltmak bolar (91-nji surat). Onuň üçin joşgunyň başyndan başlap, agyzýapyny ýuwaş-ýuwaşdan açyp, howdana gelýän suwuň mukdaryny doly aşaky býefe akdyrmaly (üýtgemeyän suw derejesinde,



91-nji surat. Suwuň üýtgemeyän mukdary bilen joşguny azaltmak

ASD-de). Haçan-da suwuň mukdary q_{\max} -a ýetende, aşaky býefe suw akdyryjy deşigi ýapmagy dowam etdirýäris, ýöne basyş *ASD*-den *ÄSD*-ä çenli köpelende suwuň mukdary q_{\max} üýtgemeyän ululykda saklanar ýaly bolmaly. Hasaplama joşgunda agyzýapy t_2 pursada çenli doly açylgy bolar, joşgun hasaplanandan az bolanda bolsa agyzýapy azrak ýapyk bolar. t_2 -den soň bendiň deşigini ähli artykmaç suw akdyrylýança açyk saklamak bolar ýa-da ony ýuwaş-ýuwaşdan ýapmaly.



92-nji surat. Agyzýaply bent gädiginiň işleýşi

Bosagaly bent gädigi *ASD*-sinde uly göwrümi V_{\max} -y talap edýär, sebäbi başda aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarynyň artmagy haýal bolýar ($\frac{\Delta q}{\Delta t} = 0$) we q -yň grafigi hökmany ýagdaýda Q -yň grafiginden yzda galýar. Bent gädiginiň depesinde agyzýapylaryň belli bir görnüşini ulanmak azrak kömek edip biler, olaryň kömegi bilen berlen q_{\max} suw mukdarynda V_{\max} -yň göwrümini birneme azaltmak bolar.

Goý, aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny q_{\max} -a çenli sazlamak talap edilýän bolsun (92-nji surat); onda awtomatlaşdyrylan ýagdaýda işleýän bent gädiginde ol $V_{\max} = OSBO$ meýdany talap ederdi. Uly ölçegli, ýöne agyzýapy bilen üpjün edilen bent gädigini alyarsy we agyzýapylaryň açyk, ýagny aşaky býefe akdyrylýan maksimum suw mukdarly (OA çyzyk) ýagdaýda joşguny geçirip başlaýarsy. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdary $q = q_{\max}$ -a ýetende, basyşyň köpelmeginiň dowam etmegine garaşmazdan, suwuň mukdary üýtgemez ýaly edilip agyzýapylar ýapylyp başlanýar. Şol ýagdaýda sazlanýan göwrüm $OSBAO$ meýdan bilen ölçener, ýagny OAB ululykda azalar.

Haçan-da tehniki ýa-da ykdysady sebäpler boýunça V_{\max} -y belli bir çäkden artyk köpeltmek mümkinçiligi bolmasa we howdanyň peýdaly göwrümini hem ulanyp bolmasa, onda V_{\max} -y köpeltmek maksady bilen sarp etmäniň we howdanyň göwrüminiň möçberlerini azaltmak meselesi ýüze çykýar, ýagny halk hojalygynyň howdan bilen baglanyşykly ähli bähbitlerini hasaba alyp, meseläni toplumlaýyn çözmeli bolar.

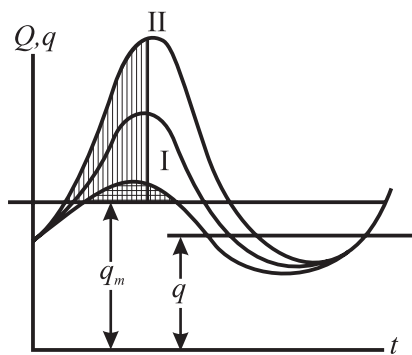
13.4.2. Peýdaly göwrümi ulanmak

Indi joşguny sazlamak üçin esasy suw sarp ediljilere uly zyýan ýetirmän, howdanyň peýdaly göwrümini doly ýa-da onuň bir bölegini ulanmak mümkinçiliklerine seredip göreliň. Bu çözgüdi V_{\max} -y emeli köpeltmek ýa-da sarp etmäni azaltmak bilen deňeşdireniňde onuň has amatlydygy görünüp dur. Şonuň üçin hem ol usuly, mümkin boldugyça, ulanmak gerek.

Akymy sazlamagyň bu görnüşini akym köpýyllyk, şeýle hem pasyllyk sazlananda ulanmak bolýar. Akym pasyllyk sazlananda howdanyň joşguny sazlamak ukyby näçe uly bolsa, şonça-da ol akymy doly pasyllyk sazlaýan howdana ýakyn bolýar. Akym doly pasyllyk sazlananda hasaplama ýylyň joşgunynyň hemme akymy howdanda saklanylýar, ýöne has köp suwly ýyllarda akymyň bir bölegi aşaky býefe akdyrylýar. Netijede, howdandan aşakda tebigy joşgun bilen deňeşdireniňde uly bolmasa-da suw joşguny emele gelýär. Akym bölekleyin pasyllyk sazlananda bu joşgunyň möçberi tebigy joşgunyňka ýakyn bolýar. Şeýle bir ýagdaýyň örän aňsat ýüze çykmagy mümkin: haçan-da howdanyň peýdaly göwrümini doldurmagyň aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryna täsir etmezligi mümkin (diňe V_{\max} -yň täsiri galýar). Şeýle ýagdaýyň bolmagy mümkin: eger-de akymy sazlamak birinji wariant boýunça alnyp barylýan bolsa we howdanyň doldurylmagy joşgunyň maksimumy başlanmanka gutaran bolsa; edil şoňa meňzeş ýagdaý akym ikinji wariant boýunça sazlananda hem bolar (joşgunyň maksimumy geçenden soň, howdan doldurylyp başlanýar). Peýdaly göwrümiň kömegi bilen joşguny sazlamak üçin haýsy hem bolsa bir üçünji sazlama warianty ulanmaly bolýar. 91-nji suratda görkezilen haýsy hem bolsa bir üýtgemeyän suw mukdary q_{\max} bilen joşguny kesmäge (azaltmaga) ymtylmaly. Bu ýerde q_{\max} ululygyň joşgunyň göwrümine we onuň şekiline baglylykda ýyldan-ýyla üýtgejekdigi görnüp dur. Biziň ygtyýarymyzda akymyň uzak wagtlaýyn köpýyllyk grafigi bar bolsa, biz her bir ýyl üçin q_{\max} -yň ululygyny hasaplap bileris we şeýle edip peýdaly göwrümiň ýeterlikdigini ýa-da ASD-den ýokarda goşmaça göwrüm bermeli boljakdygyny anyklap bileris.

Ýöne şeýle çözgüt geçen ýyllaryň hasaplamalary üçin örän ýönekeý bolýar, howdan ulanylanda bolsa dürli kynçylyklara duş gelinýär. Şol kynçylyklaryň sebäbi biz joşgun gelen wagty entäk onuň grafigini bilemzok we şol sebäpli biz öňünden q_{\max} -yň ululygyny hem-de howdanyň doldurylyp başlanýan wagtyny bilmeýäris. Öňünden berlen suwuň mukdary bilen suwy aşaky býefe akdyrmaga başlasak, biziň bir ýylda (I) howdany dolduryp ýetişmezligimiz mümkin, ikinji ýyl (II) bolsa howdany joşgunyň maksimumy başlanmazdan öň doldurmagymyz mümkin (93-nji surat).

Bu ýerde howdany hasaplamagyň we ulanmagyň meseleleri, howdanyň üýtgäp durýan sarp etmesi diýen bölümdäki bilen doly gabat gelýär we olar edil şol usullar bilen hasaplanylýar, ýagny gidrologik çaklamalar köp ýa-da az hasaba alnanda dispetçer grafikleri deňeşdirmek ýoly bilen hasaplanylýarlar. S.N.Kriskiniň we M.F.Menkeliň aýdanlaryndan ugur alyp, bu usulyň esasyňa seredip göreris.



93-nji surat. Dürli joşgunlarda howdanyň doldurylyşy

IX bapda ulanylan 9-ýyllyk gysgaldylan integral egri çyzygyny (62-nji surat) alýarys.

Goý, bize aşaky býefe akdyrylýan maksimal suw mukdary Q_{\max} berlen bolsun, ony biz berlen ýagdaýda diňe artykmaç akymy köpýýlyk sazlamak ýoly bilen üpjün edip bileris. Çyzgydan gerek bolan sazlanýan göwrümi we onuň iş grafigini görmek bolýar. Alnan döwrüň köpýýlykdaky has agyr (suwuň maksimal mukdaryny aşaky býefe akdyrmakda) döwür bolany sebäpli, şol göwrümi hasaplama göwrüm hökmünde kabul edip bileris. Hasaplama döwüründäki iş grafiginiň her bir ordinatasy, ýylyň berlen pursatynda howdanda bolup biläýjek suwuň maksimal göwrümini berýär; diýmek, howdanyň bökdençsiz işlemeginiň ygtybarly bolmagy üçin biz ýylyň laýyk gelýän pursatynda joşguny kabul etmek üçin howdanda edil şeýle boş göwrümi saklamaly. Ol bize taslama düzmek we howdany ulanmak üçin gerek bolan dispetçer grafigini (62-nji d surat) gurmaga mümkinçilik berer.

Suwuň minimal mukdaryny q -y kepillendirmek üçin häzir gurlan we ön alnan dispetçer grafiklere (62-nji b surat) bilelikde seredip göreris. Olaryň her biri laýyk gelýän funksiýany ýerine ýetirmek üçin gerek bolan göwrümi kesgitleýär: joşguny sazlamak – V_{\max} we az suwuň mukdaryny sazlamak – V . Eger-de akymyň pasyllyk paýlanyşynyň kanunylygy bolmadyk bolsa, onda şol göwrümleriň her biri howdanda aýratyn göz önünde tutulan bolmaly bolýar. Iki göwrüm hem öz aralarynda berk araçäk bilen bölünen bolardy: ASD we howdanyň umumy göwrümi bolardy: $V_{doly} = V + V_m$. Ýöne biziň dispetçer grafiklerden görşümüz ýaly, akymyň pasyllaýyn kanunylygy zerarly akymy sazlamagyň iki görnüşi üçin hem suwuň in köp talap edilýän göwrüminiň pursatlary gabat gelmeýärler; bu bir grafiğiň çykydynyň beýleki grafiğiň, takmynan, oýunyň garşysynda ýerleşişinden görünýär. Biz iki grafiği (62-nji b we 62-nji d suratlar) bir nokatda (62-nji d surat) galtaşar ýaly utgaşdyrmaly (biziň mysalymyzda ýylyň ahyrynda bolar). Grafik usuly bilen alnan göwrüm V_{doly} , howdanyň doly göwrüminiň şeýle bir ululygyny berer, şonda howdanyň şol bir wagtda iki funksiýany hem ýerine ýetirip bilijilik ukyby bolýar, onsoň hem $V_{doly} < V + V_{\max}$ bolýar. Iki grafik hem bir-birine ΔV ululyga süýşýärler, ol peýdaly göwrümiň joşguny sazlamak üçin ulanylýan bölegini kesgitleýär (ýa-da tersine sazlanýan göwrümiň V_{\max} az suw mukdarlaryny sazlamak üçin ulanylýan bölegini kesgitleýär).

Gutarnykly şeýle ýazmak bolýar:

$$V_{doly} = V + V_{\max} - \Delta V.$$

Şuňa meňzeş utgaşdyrylan howdanyň ulanylyş düzgüni iki dispetçer grafikleriň hem talabyny kanagatlandyrrar ýaly bolmaly. Eger-de haýsy hem bolsa belli bir pursatda howdandaky suwuň göwrümi, aşaky grafiğiň laýyk ordinatasyndan kiçi bolsa, onda aşaky býefe sazlanan az suw mukdary q_1 akdyrylýar; eger-de howdanyň boş göwrümi, ýokarky grafiğiň ordinatasyndan az bolsa, onda howdandan Q_{\max}

suw mukdary aşaky býfe akdyrylýar; aralykdaky pursatlarda howdana hemme akyp gelýän suwuň mukdary aşaky býfe akdyrylýar, suwy aşaky býfe akdyрма joşgunyň dispetçer grafiginiň talap edýän göwrümi boşaýança dowam etdirilýär.

Hemme akyp gelýän suwy aşaky býfe akdyrmak üçin howdanda laýyk gurluşly we ölçegli akdyryjy desgalar bolmaly; suwuň az mukdarlary köpýyllyk sazlananda bu mesele ýeňil çözülýär, sebäbi howdanda hemişe grafige laýyklykda ätiýaçlyk göwrüm galýar, şonuň üçin hem akyp gelýän hemme suwy aşaky býfe akdyrmak üçin gerek basyşy almak bolýar. Akym pasyllyk sazlananda käwagtlar howdan boşaýar, şol ýagdaýda akyp gelýän hemme suwy aşaky býfe akdyrmak kynlaşýar we örän kuwwatly suw akdyryjy desgalary talap edýär.

Eger-de suwy aşaky býfe akdyryjy desgalaryň çäklendirilen suw geçirijilik ukyby sebäpli kiçi basyşlarda akymyň bir bölegi howdanda saklanýan bolsa we şonuň bilen birlikde göwrüm V_{\max} köpeliýän bolsa, muny aşaky býfe akdyrylýan suwuň mukdarynyň egri çyzygy bellegeninde hasaba almaly (62-nji ç suratdaky *efpunktir*).

Biz öz mysalymyzda $\max V_{\max}$ -y beren uly suw mukdarlaryň bir howply döwrüne seretmek bilen çäklendik. Beýleki ýyllarda howdanyň umumy göwrüminiň köp bolman, hatda az bolmagy hem mümkin, ýöne joşgun kiçi suw mukdarlaryň dispetçer grafigine degişlilikde has amatsyz ýerleşer, ýagny iki grafigi hem beýiklik boýunça köp süýşürmäge mejbur eder (umumy göwrüm V_{doly} köpeler).

Şonuň üçin hem köpýyllyk maglumatlar boýunça hasaplamalar geçirilende birnäçe howply döwürleri barlap görmeli we iki dispetçer grafikleriniň in amatsyz özara ýerleşişlerini tapmaly.

Haçan-da suw joşguny ir (hasaplama möhlet bilen deňşdireniňde) geçen-den soň howdany Q_{\max} suw mukdary bilen boşatmak talap edilýän bolsa we şol bir wagtda joşgunyň gaýtalanmak howpy bolmadyk ýagdaýynda, maksimal suw mukdarlaryň dispetçer grafiginiň ýerine ýetirilmezligi mümkin; şeýle ýagdaýda diňe hemme gelýän suwy ýöne aşaky býfe akdyrmak bilen çäklenmek ýeterlik bolýar. Bu gidrologik çaklamanyň has ýönekeý mysaly bolup biler; ygtybarly gidrologik çaklamalar bolanda howdany ulanmagy has aňsatlaşdyrýar, ony has ygtybarly edýär hem-de peýdaly ulanmak üçin esli suwy saklamaga mümkinçilik berýär. Aýratyn hem, gar eremeginden emele gelen ýazky joşgunyň göwrümini, joşgun başlamazdan öň derýanyň suw ýygnaýan meýdanyndaky garyň mukdary boýunça kesgitlemek bolýar; bu göwrümi bilip, her bir ýyl üçin aýratyn aşaky býfe akdyrmaly suwuň mukdaryny Q_{\max} bellemek bolýar we şeýlelikde, her ýyl joşgunyň ahyrynda doly howdanly bolup bolýar.

Biz bu ýerde diňe dispetçer grafik boýunça joşguny sazlamagyň hasaplamalarynyň esaslary barada ýazyp geçdik; hasaplamalarda biz önümüzde has çylşyrymly meseleleri goýup bileris, mysal üçin, artykmaç suwuň aşaky býfe akdyrylýan bir däl-de, iki ýa-da köp suw mukdarlaryny belläp bileris, olaryň içinde biri has amatly hasap edilýär, beýlekileri bolsa diňe kadadan çykylyan ýagdaýlarda

bellenilýär. Gynansak-da, bu hemme hasaplamalar diňe suw joşgunlaryň geljegini bilseň we olaryň belli bir pasyllyk kanunylygyny ulanyp bolsa ýararly bolýarlar. Çagba joşgunlary, aýratyn hem günortada dag eteklerinde we daglyk etraplarda duýdansyz emele gelyärler we islendik wagtda bolmaklary mümkin, şonuň üçin bolsa olary sazlamak üçin gerek bolan göwrümi howdanda peýdaly göwürümden aýratyn saklamaly.

13.5. Ýörite joşgun howdanlary

13.5.1. Joşgun howdanlarynyň ulanylýan ýerleri

Ýörite joşgun howdanlary (az suw mukdarlaryny köpeltmek üçin peýdaly suw ätiýaçlygyny döretmeýänler) aşakdaky ýagdaýlarda ulanylýar:

- 1) haçan-da az suw mukdarlaryny sazlamak zerurlygy bolmasa;
- 2) haçan-da howdanyň maksimal bolup biljek göwrümi diňe joşgunlary sazlamak üçin ýeterlik bolsa we bu mesele berlen suw ýygnaýan meýdanyň hemme hojalyk meseleleriniň içinde iň möhümi bolanda.

Şeýle howdanlaryň gurluşygy suwaryşa talabyň bolmadyk we weýrançylykly çagba häsiýetli joşgunlaryň köp bolýan ýerlerinde örän ösendir. Biziň ýurdumyzda oba hojalyk ekinlerini suwarmak hem-de halk hojalygynyň beýleki pudaklaryny suw bilen üpjün etmek üçin akymy sazlamaga talap örän uludyr. Şonuň bilen birlikde suw hojalyk meselelerini toplumlaýyn çözmek mümkinçiliklerimiz hem uludyr. Şeýle ýagdaýda joşgunyň garşysyna göreşmek üçin ýörite suw howdanlaryny gurmak zerurlygy bolmaýar. Türkmenistanda gurulýan hemme howdanlar toplumlaýyn ulanmak (ekinleri suwarmak, ilatyň suw üpjünçiligi, balykçylyk we ş.m.) maksatlary üçin gurulýar.

13.5.2. Joşgun howdanlarynyň gurluşynyň we hasaplanyşynyň aýratynlyklary

Joşgun suw howdany adaty ätiýaçlyk howdanyndan tapawutly bolýar, joşgun suw howdanynda peýdaly göwürüm $V_{peý}$ bolmaýar; şeýle hem suw alyjy desgalar bolmaýar. Bu howdanlaryň joşgun suw zerarly uly depginde ýuwulýanlygy sebäpli, olar gömler diýip ätiýaç etmek we hemişelik göwürümi bellemek zerurlygy bolmaýar. Şeýlelikde, joşgun howdanlarynyň hemmesi bütin bir sazlaýjy göwürümden ybarat bolýarlar hem-de bendiň iň aşaky böleginde suwuň göwürümini we basyşyny köpeltmek maksady bilen diňe suw akdyryjy desgalar ýerleşdirilýärler.

Joşgun suw howdanlarynyň aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryny düýpki deşik ýa-da pesde ýerleşen ýapyk bent gädigi görnüşinde gurýarlar; şol görnüşleriň

ikisiniň hem bilelikde ulanylýan wagtlary bolýar (20-nji surat); bu ýerde düpki suw akdyryjy deşik adaty ýagdaýda işleýär; weýrançylykly suw mukdarlaryny aşaky býefe geçirmek üçin goşmaça bent gädigi hyzmat edýär.

Joşgun howdanynyň aşaky býefe suw akdyryjy desgalarynyň, köplenç, berlen suwuň q_{\max} mukdarynda agyzýapylary bolmaýar, ýagny howdan awtomatik ýagdaýda işleýär. Bu howdany ulanmagy örän aňsatlaşdyrýar we onuň bahasyny azaldýar. Beýleki tarapdan, berlen suwuň q_{\max} mukdarynda agyzýapylary ulanyp, V_{\max} göwrümi azaldyp bolýar ýa-da tersine, berlen V_{\max} -da q_{\max} -y azaldyp bolýar.

Awtomatik ýagdaýda işleýän howdanlary ulanmagyň ýönekeýligi we ygtybarlylygy, aýratyn-da duýdansyz we möwç urýan joşgun aşaky býefe geçirilende, adam tarapyndan dolandyrylýan howdan bilen deňeşdireniňde olaryň artykmaçlyklary mese-mälim görnüp durýar. Şonuň üçin hem olary, köplenç ýagdaýlarda, ulanmaly, ýöne haçan-da göwrüm ýetmezçiligi juda uly bolup, V_{\max} -y çäklendirmäge mejbur edýän bolsa, onda awtomatlaşdyrylan howdany ulanmak maslahat berilmeýär.

Joşgun howdanlaryny hasaplamak joşgunyň hasaplama grafigini anyklamagy we aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň ölçegini kesgitlemegi aňladýar hem-de ýokardaky jikme-jik ýazylan düzgünler boýunça alnyp barylýar.

Uly joşgun howdanlarynda her ýyl suwa basdyrylmaýan ýa-da her ýyl gysga wagtyk suwa basdyrylýan meýdanlar köp bolýar. Şeýle ýerleri, köplenç, oba hojalyk ekinlerini ekmek üçin ulanýarlar; ulanylyş usuly saýlanyp alnanda howdanyň her bir beýik zolagy üçin şol ýerleriň suwa basdyrylyşynyň gaýtalanysyny we dowamlylygyny anyklamaly. Onuň üçin birnäçe hakyky gözegçilik edilen joşgunlar geçende suwa basdyrylýan meýdanyň üýtgemeginiň grafigini gurmaly we soňra alnan maglumatlary statistik taýdan işläp taýýarlamaly.

13.5.3. Joşgun howdanlarynyň ulgamy

Köp derýalaryň esasy hanasynda, köplenç, daşyna gaçy aýlanan ýeriň gös-göni ýokarsynda uly howdan gurmak üçin ýer bolmaýar; şeýle ýagdaýlarda ony derýanyň akymy boýunça ýokary tarapa geçirmeli bolýar. Ýöne howdanyň daşyna gaçy aýlanan ýerden daşlaşdygyňça aralykda sazlanmaýan goşantlaryň täsiri zerarly onuň peýdalylygy çalt pese düşýär. Şonuň üçin hem esasy hanada we goşantlarda joşgun howdanlarynyň ulgamyny gurmaly bolýar.

Joşgun howdanlaryň ulgamyna taslama düzmek örän çylşyrymly mesele, ol ýerine ýetirilende aşakdakylara üns berilmeli: a) derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň dürli böleklerinde joşgun akymynyň häsiýetine; b) dürli goşantlarda joşgunlaryň gabat geliş derejesine; c) derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň dürli böleklerinden daşy gaçylanan ýere çenli joşgun tolkunlarynyň geçýän wagtyna; d) dürli howdanlary gurmagyň gurluş şertlerine we olaryň bahasyna. Adatça, derýanyň goşantlarynda köpýyllyk gözegçilikleriň ýeterlik bolmaýanlygy ýa-da

düýpden bolmaýanlygy meseläni kynlaşdyrýar. Şeýle bolanda derýanyň suw ýygnaýan meýdanynyň aýratyn bölekleriniň meýdanlaryny, olardaky garyň möçberini we onuň eräýjek wagty (gar joşgunlary üçin) gollanma hökmünde kabul edip, joşgun akymynyň nazaryýet grafigini gurmaly bolýar; çagba akymy üçin suw ýygnaýan meýdanyň çäginde çagbanyň geçişini öwrenmeli.

Käbir ýagdaýlarda howdan gurmak, sazlanýan derýa goşandynda akymyň maksimumynyň süýşmegi zerarly akymyň ugry boýunça aşakda ýerleşen ýerlerde joşgunyň iň uly ordinatasynyň köpelmegine sebäp bolmagy mümkin.

Şonuň üçin hem her gezek sazlanan we sazlanmadyk akymlaryň jemlenen suw mukdarlary öz iň uly ululygyna ýetende, joşgunlaryň iň amatsyz utgaşmasyny anyklamaly.

XIV BAP

SUWARYŞ MAKSATLAR ÜÇIN AKYMY SAZLAMAK

14.1. Akymy sazlamagyň we howdanlaryň görnüşleri

Suwarýşda akymy sazlamagyň hemme görnüşleri ulanylýar (dowamlylygy boýunça köpýyllyk, pasyllyk, gije-gündizlik we gysga möhletli döwürleýin däl sazlamak).

Akymy köpýyllyk sazlamak ýurdumyzda suwarýş maksatlar üçin giňden ulanylýar. Bu usulyň, ýokarda belläp geçişimiz ýaly, uly ýetmezçiligi bardyr, ol bolsa köpýyllyk sazlamak üçin gurulýan howdanyň göwrüminiň örän uly bolmagydyr. Şeýle bolsa-da Türkmenistanda suw serişdeleriniň möçberi çäkli bolany sebäpli esasy derýamyzda gurlan we gurulýan howdanlaryň hemmesi diýen ýaly akymy köpýyllyk sazlaýandyrlar, olar bar bolan suw serişdeleriniň ulanyş görkezijisini köpeldýärler.

Akymy pasyllyk sazlamak suwarýş maksatlar üçin akymy sazlamagyň iň köp ulanylýan görnüşidir, sebäbi, köplenç, suw çeşmeleriň wagt boýunça akym düzgüni suwarýşyň talaplarynyň düzgüni bilen gabat gelmeýär. Şu kadadan diňe buzluklardan iýmitlenýän derýalar (mysal üçin, Amyderýa) çykýarlar. Bu ýerde suw ýetmezçiligi, esasan, ýazky ilkinji we güýzki giçki suwarýş wagtynda (esasan, joşgun geçenden öň we soň) bolýar.

Akymy gije-gündiz sazlamak usuly suwarýş üçin örän seýrek ulanylýar, onuň esasy sebäbi gijesine suw tutmagyň belli bolan oňaysyzlyklary bilen baglanyşyklydyr. Suwy suw çeşmesinden alyp gaýdýan baş suwarýş ulgamy we onuň suw alyjy desgalary inženerçilik nukdaýnazardan kämilleşdirilmedik bolsa, onda suw gije-gündiziň dowamynynda suwarýş ulgamyna berilýär. Şeýle ýagdaýda suw gijesine ulanylmaýar we suwarýş

ulgamynyň aýagynda ýerleşen ýerlere akdyrylýar, bu bolsa şol ýerleriň şorlaşmasyna we batgalaşmagyna sebäp bolýar. Akymy gije-gündiz sazlamak usulyny ulanmagyň baş nowhanalaryň gije-gündizlik işini suwaryşyň gijeki arakesmesi bilen utgaşmasyna mümkinçilik berjekdigi görnüp dur. Ýöne, köplenç ýagdaýlarda, akymy gije-gündizde sazlanýan howdany gurmak üçin amatly ýeriň bolmaýanlygy sebäpli ony amala aşyrmak mümkinçiligi örän seýrek bolýar, suwaryş üçin ulanylýan howdanlaryň göwrümi örän uly bolmaly. Goý, mysal üçin, 1000 gektar meýdan üýtgemeyän 0,4 l/(s·ga) suwuň mukdary bilen suwarylýan bolsun; bu gije-gündizde, takmynan, 35000 m³ bolar we suwaryşda 6 sagat arakesme bolsa $35 \cdot \frac{6}{24} \cong 9000 \text{ m}^3$ sazlaýjy göwrüm talap ediler.

Ondan başga-da akymy gije-gündiz sazlamak howdandan bugarma we filtrasiýa bolýan goşmaça suw ýitgileri bilen baglanyşykly bolýar. Suw tutmagyň gijeki arakesmesi zerur bolan ýagdaýda in gowy çykalga suwaryş ulgamynyň baş sakasynda sarp ediljilere goýberilýän suwuň mukdaryny sazlamakdyr. Bu usul ulanylanda hökmany ýagdaýda baş sakadan goýberilen suwuň näçe wagtda suwarylýan ýere ýetýändigini, ýagny azaldylan ýa-da köpeldilen suwuň mukdarynyň ýaýraýyş tizligini hasaba almaly.

Akymy gysga möhletli döwürleýin däl sazlamak usuly suw çeşmesiniň suwunyň mukdaryny yzygiderli suwarmak üçin ýeterlik bolmadyk ýagdaýlarda ulanylýar we suwaryş diňe gerek bolan suwuň göwrümi howdana ýygananandan soň başlanýar. Bu usulyň esasy ulanylýan ýerleri suwaryş meýdany az, ýöne yzy kesilmeýän suw mukdarly kiçijik derýajyklar (mysal üçin, Gökdere we Arçabil derýajyklary) we çeşmelerdir. Aýratyn-da bu usul guýulardan suwy howdana ýel dwigitelleriň kömegi bilen berlende köp ulanylýar. Soňky ýagdaýda çeşmäniň suwunyň ýeterlik bomazlygyndan başga-da, dwigiteliň özüniň birsydyrgyn işlemezligi hem uly täsir edýär, ol suwuň ätiýaçlyk howzy bilen sazlanýar.

14.2. Akymyň we sarp etmäniň hasaplama grafikleri

14.2.1. Sarp etmäniň grafigi

Bir gektar ýeri suwarmak üçin sarp edilýän suwuň grafigi ýa-da “ulgamyň başyndaky brutta gidromodulyň grafigi” birnäçe tebigy we hojalyk sebäpleri hasaba almak, ýagny klimat, toprak, gidrologik şertler; hojalyk sebäpler: ekininiň düzümi, ekin dolanyşygy, berlen hasyllylyk we ş.m. esasynda düzülýär. Suw hojalyk hasaplamalarynda gidromodulyň grafigi, köplenç, berlen bolýar we ony üýtgetmek bolmaýar.

Ýöne bir zady ýatdan çykarmak bolmaz, ol hem käbir ýagdaýlarda suwaryşyň belli bir düzgünini suw çeşmesiniň düzgünine sazlaşdyrmak ýoly bilen suwaryş meýdanyny ep-esli köpeldip ýa-da howdanyň göwrümini we bahasyny azaldyp bolýar.

Suwarelyýan meýdanyň ölçegi we pasylyk sazlanýan howdanyň göwrümi ep-esli derejede gidromodulyň grafiginiň akymyň grafigi bilen gabat geliş derejesine bagly bolýar.

Sarp etmäniň grafigini akymyň grafigine ýakynlaşdyrmagy gazanyp bolýar:

a) ekinini düzümini üýtgedip, ýagny suwuň ýetmeýän döwründe suwaryşy köp talap edýän ekinlerini meýdanyny azaldyp;

b) käbir ekinler üçin suwuň möhletini süýşürüp we suwaryş normasyny üýtgedip.

Birinji ýol ykdysady talaplar sebäpli, ýagny esasy ekinini talaplary bilen çäklendirilýär. Ikinji ýol agronomçylyk pikirler we suwaryş tehnikanyň talaplary bilen çäklendirilýär. Her näme bolsa-da grafigi gutarnykly rejelemek işleri mirapçylyk we ekerançylyk boýunça hünärmenleriniň gatnaşmagynda ýerine ýetirilýär.

14.2.2. Suwaryşyň suw sarp etmesiniň üpjünligi

Matematik statistikanyň usuly bilen hasaplananda esasy hasaplama ululyklaryň biri sarp etmäniň üpjünlik görümidir. Suwaryş üçin suwy sarp etmäniň üpjünligi 75%, 80%, 85% (ortaça 80%) kabul edilýär. Şeýle pes üpjünlik görüminiň alynmagyny aşadaky ýaly düşündirmek bolar. Oba hojalyk ekinleriniň köpüsi üçin hatda tiz-tizden gaýtalanyp duran suw bökdençligi ekini heläk etmän, diňe onuň birneme hasylylygyny peseldýär; has ýokary üpjünlik görümini bellemek bolsa suwarelyýan meýdanyň azalmagyna ýa-da howdanyň göwrümini ulaltmaga alyp gelýär. Jikme-jik taslama düzülende bolsa ykdysady taýdan has amatly üpjünlik görümini anyklamaly.

Suwareş üçin suw sarp etme hasaplananda diňe bir bökdençligiň gaýtalanmagy gyzyklandyrmaz, kem berilýän suwuň mukdary we onuň belli bir ölçeginiň ähtimallygy hem gyzyklandyrylar. Taslama düzülende bu soraga örän seýrek üns berilýär, ýöne ony çözmek bolýar. Hasaplamalar akym barada bar bolan maglumatlar boýunça ýa-da matematik statistikanyň usullaryny ulanyp ýerine ýetirilende hem uly zähmet talap etmeýär.

14.2.3. Akymyň hasaplama grafigi

Sarp etmäniň grafiginiň belli bir kalendar sene bilen baglanyşdyrylýandygy sebäpli akymyň hasaplama grafigini saýlap almak örän kyn we jogapkärli meseledir. Tebigy akym bilen suwarelanda, ýagny akym sazlanmaýan ýagdaýda hemme ulanylyan usullaryň içinden akymyň ýylyň dowamynda paýlanylyşyny has aýdyň suratlandyrylan gidrologik häsiýetlendirijileriniň döwürleýin usulyny birinji ýerde goýmaly.

Akym pasylyk sazlanan ýagdaýynda hasaplama grafigini gurmaýyň takyklygy biraz öz zerurlygyny ýitirýär. Şeýle ýagdaýda belli bir üpjünlikli galp ýyl usuly hem ýeterlik ygtybarly bolýar. Emma ýeterlik maglumatlar bolan ýagdaýynda döwür-

leýin häsiýetlendirijiler usulyny ileri tutmaly. Akymyň ýyllyk göwrümi boýunça gözegçilik edilen maglumatlaryň içinden saýlanyp alynýan hasaplama ýyl usulyny ulanyp bolmaýar. Suwarylýan döwürdäki akym boýunça saýlanyp alnan ýyly peýdalanmak biraz gowy, ýöne bu usul hem ýeterlik takyk däl.

Köpýyllyk maglumatlar bar bolsa hasaplama grafigini gurmakdan başga-da suwarylýan döwürde akymy boýunça has az suwly birnäçe anyk ýyllarda hasaplamalary barlamak örän peýdaly bolýar.

Suwarýşyň egrini çyzygy käwagtlar örän çylşyrymly görnüşe eýe bolup, onda gidromodulyň grafigi rejelenende ýüze çykýan birnäçe çykyt we oý bolýar. Bu jikme-jiklikleriň hemmesini hasaba almak peýdasyz, wagty ýitirmek diýmekdir. Sebäbi olar howdanyň göwrümüne we onuň iş düzgünine hiç hili täsir etmeýärler. Şonuň üçin hem çylşyrymly suwarýş egrini çyzyklarynyň önünden ýönekeýleşdirmeli, ýagny oňa has ýönekeý az başlançakly görnüşi bermeli. Şonuň bilen birlikde, esasy talap berjaý edilmeli, ýagny ýönekeýleşdirilen grafik boýunça kesgitlenen göwrüm her bir döwürde başlangyç grafik boýunça kesgitlenen göwrüme deň bolmaly.

Suwarýş üçin suw sarp etmeginiň bir ýyldan beýleki bir ýyla ep-esli üýtgäp durýan ýeke-täk görnüşi bolýar. Bu üýtgäp durmalar, suwarýş normasyny kesgitleýän klimatik faktorlaryň üýtgemeginiň, ýagny çyglylyk ýetmezçiliginiň üýtgemeginiň netijesidir. Klimat faktorlaryň üýtgemegi suwarýş norma diňe şu faktorlaryň ortaça köpýyllyk ululyklary suwarýşsyz oňup bolunýan ululyklara ýakyn bolan ýagdaýlarda we etraplarda duýarlykly täsir edýär. Mysal üçin, Russiýanyň Moskwa welaýatynda däne ekinleri her ýyl suwarýşy talap etmeýär, şol sebäpli suwarýş normasynyň ölçegi ýyldan ýyla üýtgäp durýar. Günortada ýerleşýän döwletleriň, şol sanda Türkmenistanyň gurak etraplarynda bolsa suwarýş normasy az üýtgeýär, biziň ýurdumyzda bolsa iň ygally ýyllarda-da suwarýş normasy üýtgemeýär diýseň hem boljak.

XV BAP

SUW ENERGIÝASY ULANYLANDA AKYMY SAZLAMAK

15.1. Energetika üçin suwy sarp etmeginiň aýratynlyklary

Elektrostansiýanyň ýylyň dowamynda işleýşi şeýle bir üýtgäp durmaýar. Energiýany durmuş maksatlary (yşyklandyryş we ýyladyş) üçin ulanmak bilen deňeşdireniňde senagat we ulag üçin ulanmagyň paýy näçe köp bolsa, şonça-da elektrostansiýanyň iş düzgüni üýtgemeýän, durnukly bolýar.

Elektrostansiýanyň ýyllyk ýüküniň (nagruzkasynyň) grafigindäki bar bolan we käwagtlar akyp gelýän akymyň ýyllyk grafigine gabat gelmeýän uly endigansyzlygyň bolmagy mehaniki suwaryşy ulanmagy talap edýär. Hemişe bir beýiklige suw sorujy bilen suw çykarylanda we başga suwaryş çeşmeleriniň bolmadyk ýagdaýynda suwaryşyň grafigi gidromodulyň grafigine meňzeş bolýar. Başgaça bolan ýagdaýda elektrostansiýanyň ýüküniň grafigi gurlanda suwuň galdyrylýan beýikliginiň üýtgemegini, şeýle hem goşmaça suwaryş çeşmesiniň düzgüniniň üýtgemegi bilen berilýän suwuň üýtgemegini hasaba almaly.

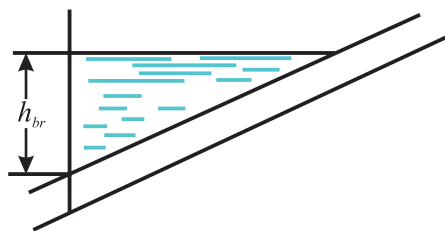
Suw akymynyň energiýasyny ulanýan desgalaryň kuwwaty aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen kesgitlenilýär:

$$N = \frac{1000 \cdot \eta_T \cdot \eta_g \cdot qh}{75} 0,736 \quad \text{kwt}, \quad (237)$$

bu ýerde η_T – turbinanyň peýdaly täsir köpeldijisi (PTK); η_g – genaratoryň peýdaly täsir köpeldijisi (PTK); 0,736 – at güýjünden kilowata geçiş köpeldiji; şonuň bilen birlikde q m^3/s -da aňladylýar, h – metrde we N – kilowatda aňladylýar. $\frac{1000}{75} \cdot 0,736 \cdot \eta_T \cdot \eta_g$ ululygy m -iň üsti bilen aňladyp, şeýle ýazmak bolýar:

$$N = mqh. \quad (238)$$

Turbinalaryň we generatorlaryň peýdaly täsir köpeldijilerini ortaça şeýleräk kabul etmek bolýar: $\eta_T = 0,85$, $\eta_g = 0,95$, şonuň üçin, takmynan, şeýle ýazmak bolýar: $m = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,736 \cdot \frac{1000}{75} = 7,9 \approx 8$, onda $N = 8 qh$ kwt. Genaratoryň peýdaly täsir köpeldijisi η_g berlen desga üçin üýtgäp durmaýar, turbinanyň peýdaly täsir köpeldijisi (PTK) η_T turbinanyň açylyşyna, ýagny onuň üstünden geçýän suwuň mukdarynyň möçberine we az derejede gidrostansiýada basyşyň üýtgemegine baglylykda ýeterlik giň gerimde üýtgäp durýar.



94-nji surat. Bendiň kömegi bilen basyşyň döredilişi

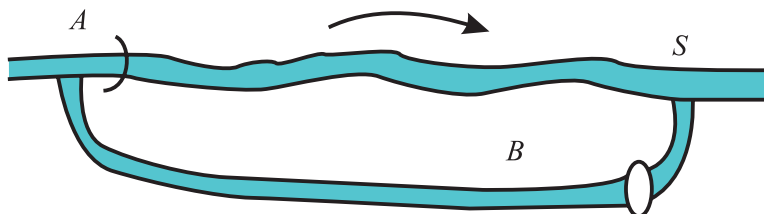
237-nji we 238-nji aňlatmalardaky h arassa basyş (netto), ýagny $h_{net} = h_{br} - h'$, bu ýerde: h_{br} – doly (käwagtlar “bar bolan” diýýärler) basyş ýa-da brutta basyş, ol gidrostansiýanyň ýanyn-da ýokarky we aşaky býefleriň bellikleriniň tapawudyna deň, erkin akymly turbinalarda bolsa ýokarky býefiň belligi we akymyň turbinanyň işçi tekeriniň pilçesine urýan nokadynyň tapawudy; h' – stansiýanyň ýokarky býefinden aşaky býefine çenli bar bolan

gözeneklerdäki, suw geçiriji turbinalardaky we ş.m. gidrawlik ýitgiler.

237-nji aňlatmadan görnüşi ýaly, gidrostansiýadan berlen kuwwatlylygy almak üçin ilki bada onda gönükdirilen basyş döretmeli, ol tebigatda örän seýrek

(şarlawuklardaky gidrostansiýalarda, mysal üçin, Niagar şarlawugynda, $ABŞ$ we Kanadanyň arasyndaky serhetde) duş gelýär.

Basyşy döretmek üçin iki ýol ulanylýar (aýratynlykda ýa-da bilelikde): 1) bendiň kömegi bilen derýada çişgin döretmek (*bentli gidrostansiýa*, 94-nji surat) we 2) derýanyňky bilen deňşdireniňde eňňitligi pes bolan nowhananyň kömegi bilen derýadan suw alyp gitmek (*deriwasion nowhanaly gidrostansiýa*, 95-nji surat). Eger-de A nokatda suwuň önüni bent bilen bekleseň, onda iki usulyň hem birleşmesini alýarys we B nokatda basyş bendiň basyşynyň we A nokatdan S nokada çenli aralykda derýanyň hem-de nowhananyň pese düşmeginiň tapawudynyň jemine deň.



95-nji surat. Suw sowujynyň (deriwasiýanyň) kömegi bilen basyşyň döredilişi

Eger-de akymy sazlamak üçin hiç hili çäre görülmese, onda desganyň üstünden akyp geýän suwuň mukdary q , her bir pursatda derýada akýan tebigy suw mukdary Q bilen çäklendirilen bolýar, 95-nji suratyň çyzgysynda-da deriwasiýanyň suw geçirijilik ukyby bilen çäklendirilýär. Şeýlelikde, biz bu ýerde gidrostansiýanyň tebigy suw mukdarynda işleýän ýagdaýyna eýe bolýarys. Eger-de gidrostansiýadan hemişelik kuwwat talap edilýän bolsa, onda onuň ululygy berlen ýagdaýda derýadaky suwuň iň az mukdary bilen çäklendirilen bolar. Suwuň iň az mukdary bolanda hemme gözegçilik edilen suw mukdarlarynyň iň az möçberi kabul edilmän, suwuň iň az senagat mukdary diýilýän suw mukdarlary kabul edilýär, ýagny derýada ondan az suw mukdary ýylda 3-5 günden köp bolmaz ýaly (üpjünlik 96-98%) alynýar.

Akym şeýle ulanylanda (tebigy suw mukdarlarynda) desganyň kuwwatynyň we suw serişdelerini ulanylyş derejesiniň örän pes bolýandygy düşnükli, sebäbi wagtyň 96-98 %-inde suw mukdarynyň belli bir bölegi ulanylman, aşaky býefe akdyrylýar. Desganyň kuwwatynyň we akymyň energiýasynyň ulanylyş derejesini artdyrmak üçin hem iki ýol bar: aýratynlykda we bilelikde ulanylýan, ýagny ýylylyk ätiýaçlygy we akymy sazlamak.

1. Ýylylyk ätiýaçlygy energiýanyň beýleki görnüşinde işleýän elektrostansiýadan ybaratdyr, ol hemişe diýen ýaly ýylylyk energiýasynda işleýär. Ýylylyk ätiýaçlygyň kuwwaty aşakdaky ýaly kesgitlenilýär: $N_{\text{at}} = N - N_{\text{min}}$, bu ýerde: N – desganyň berlen kuwwatlylygy, N_{min} – gidrostansiýanyň iň az kuwwatlylygy.

2. Akymy sazlamagyň wezipesi aşaky býefe peýdasyz akdyrylýan suwuň hasabynda iň az suw mukdaryny q köpeltmekdir we şeýdip, desganyň kuwwatlylygyny hem-de akymyň ulanylyş derejesini ýokarlandyrmakdyr.

15.2. Suw energiýasy ulanylanda akymy sazlamagyň görnüşleri

Suw energiýasy ulanylanda akymy sazlamagyň gije-gündizlik, hepdelik, pasyllyk we köpýyllyk görnüşleri ulanylýar.

Akymy gije-gündiz sazlamak uly ähmiýete eýedir, sebäbi suw sarp etmäniň grafigi, adaty, duýdarsyz üýtgap durýan bolýar.

Akymy gije-gündiz sazlamagyň meselesini çözüp, biz desganyň kuwwatlylygyny $N_1 = \eta N_{\min}$ -a çenli ýetirip bileris, bu ýerde: $\eta = \frac{N_{\max}}{N_{or}}$ – gidrostansiýanyň gije-gündizlik ýüküniň kadasyzlyk köpeldijisi. Eger-de $N > \eta N_{\min}$ bolsa, onda akymy gije-gündiz sazlamaga goşmaça ýylylyk ätiýaçlygy girizilýär. Adaty, ýylylyk ätiýaçlygynyň işiniň akymy gije-gündiz sazlaýan howdanyň işi bilen utgaşmasy şundan ybarat: elektrik ulgamynyň in uly ýüküni akymy sazlamak (gidrostansiýa) öz üstüne alýar, ýylylyk ätiýaçlyk gije-gündiziň belli bir wagtynyň dowamynda birsydyrgyn ýükli işleýär. Şeýle paýlanyşda ýylylyk ätiýaçlygynyň kuwwatlylygy az bolýar we onuň işi ýüküň üýtgap durmagyny ýylylyk ätiýaçlygyna geçirmek bilen deňşdireniňde has amatly bolýar, howdan bolsa deňlenen suw mukdaryny berýär.

Akymy hepdelik sazlamak. Eger-de gidrostansiýa, köplenç, umumy dynç alyş günlü işleýän senagata hyzmat edýän bolsa (mysal üçin, uly zawodlaryň we fabrikleriň ýanynda hususy gidrostansiýa), onda akymy hepdelik sazlamagyň uly ähmiýetiniň bolmagy mümkin.

Akymy pasyllyk sazlamak hasaplama (az suwly) ýyl boýunça akymyň energiýasyny ulanmagy 100 %-e çenli ýetirmäge mümkinçilik berýär (doly pasyllyk sazlananda). Has köp suwly ýyllarda akymyň energiýasynyň belli bir bölegi ulanylman galýar.

Akymy köpýyllyk sazlamak akymyň kuwwatlylygyny ulanmagy ortaça ýylyň energiýasyndan, adaty, 80-90%-e çenli ýetirmäge mümkinçilik berýär. Akymy köpýyllyk sazlamak baradaky bapda görşümüz ýaly, $\alpha > 80-90\%$ bolanda howdanyň göwrümi β_{kj} we ýitgiler şeýle bir tiz ösýärler welin, akymy ondan köp sazlamagyň manysy ýitip gidýär.

Akym pasyllyk, şeýle hem köpýyllyk sazlananda-da artykmaç suw aşaky býefe akdyrylýar, diýmek, akymyň energiýasynyň belli bir bölegi ýitýär. Energiýanyň şol bölegini saklamak üçin akymy üýtgeýän sarp etmeli sazlamaga geçmek bolýar, şeýle edilende suwuň aşaky býefe akdyrylmasy azalýar, ýöne energiýany bermek üýtgap durýan häsiýete (paslyň ýa-da köp ýylyň dowamynda) eýe bolýar. Bu üýtgap durýan energiýany üýtgemeyäne öwürmek ýene-de ýylylyk ätiýaçlygyň kömegi bilen amala aşyrylýar, ýöne onuň özi üýtgeýän kuwwatlylykda işlemeli bolýar. Eger-de ýylylyk desgalary şol bir wagtda ýylylyk we bug almak üçin ulanylýan bolsa, onda ýokarda agzalyp geçilen ýylylyk ätiýaçlygyny ulanmak amatsyz bolýar. In gowy çözügüt aşakdakylardyr:

a) derýanyň dürli häsiýetli akymyny ulanýan iki ýa-da birnäçe gidrostansiýalary birleşdirmek, ýagny ýokary woltly elektrik geçirijileriň birleşmesini bir energetik ulgama birleşdirmek;

b) sazlaýjy stansiýany ulanmak. Sazlaýjy stansiýalar, esasy stansiýalarda akym azalýan döwründe ýa-da energiýanyň köp sarp edilýän döwründe goşmaça energiýa bermek üçin ýörite gurulýar.

15.3. Howdanyň we gidrostansiýanyň ýerleşşi

Howdanyň we gidrostansiýanyň özara ýerleşişiniň iki görnüşli bolmagy mümkin:

1. Howdan gidrostansiýadan aýratyn we ondan ýokarda ýerleşýär. Gidrostansiýa howdan bilen sazlanan suw mukdary gelyär, ýöne howdanda suwuň derejesiniň üýt-gäp durmagy gidrostansiýanyň basyşyna täsir etmeýär. Kähalatlarda howdan gidrostan-siýadan has ýokarda ýerleşdirilýär, şeýle edilmegiň esasy maksady howdanyň we gid-rostansiýanyň arasynda ýerleşen suw ýygnaýan meýdandan derýa üçin goşmaça akym almakdyr. Howdan aralykdaky suw ýygnaýan meýdandan goşulýan joşgun akymyny hasaba alyp, gidrostansiýanyň ýanynda suw mukdarynyň belli bir düzgünini saklamaly. Akymy sazlamagyň bu görnüşine öwezini dolup sazlamak diýilýär.

2. Gidrostansiýa edil howdanyň ýanynda (bendiň ýakynynda ýa-da bendiň gabarasynda) ýerleşdirilýär ýa-da onuň bilen basyşly suw geçiriji birleşdirilýär, sebäbi gidrostansiýa her bir pursatdaky basyş howdandaky suwuň derejesi bilen kesgitlenilýär.

Käwagtlar akymy sazlamagyň käbir görnüşleri gidrostansiýa garanynda bir-meňzeş ýerleşmedik dürli howdanlar bilen amala aşyrylýar. Mysal üçin, derýa gidrostansiýalarynda uly bolmadyk peýdaly göwrümi talap edýän, akymy gije-gündizlik we hepdelik sazlaýan howdanlar, döredýän (94-nji surat) ýa-da suwy de-riwasion nowhana sowmak üçin hyzmat edýän bende ýakyn ýerleşdirilýär; edil şol bir wagtda akymy pasyllyk we köpýýlyk sazlamak derýa boýunça ýokarda, amatly ýerde ýerleşen aýratyn howdanyň kömegi bilen amala aşyrylyp bilner.

Gidrostansiýadan aýratyn ýerleşdirilen howdany hasaplamak akymy sazlama-gyň beýleki görnüşlerinden tapawutlanmaýar we ýokarda ýazylyp geçilen adaty usullar boýunça ýerine ýetirilýär.

15.4. Gidrostansiýaly howdany hasaplamak

15.4.1. Hasaplamanyň wezipesi

Gidrostansiýaly howdan hasaplananda iki esasy aýratynlyklar bolýar:

1) suwy sarp etme grafigi suwuň mukdarynda berilmän, gidrostansiýanyň dür-li wagtda bermeli kuwwatlylygy görnüşinde (kuwwatlylygyň hronologik grafigi)

berilýär; gidrostansiýanyň üstünden geçirilýän suw mukdarlaryň ululygy ýa-da $q = f(t)$ grafik hasaplama geçirilende öz-özünden alynýar;

2) wagtyň her bir pursatyndaky ýa-da hasaplama aralykdaky suwuň ortaça mukdarynyň ululygy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$q = \frac{N}{m(h_{br} - h')}, \quad (239)$$

şeýle-de diňe N -iň ululygy berlen bolýar; h_{br} bir tarapdan howdandaky suwuň derejesi bilen, ýagny howdanyň iş grafigi bilen kesgitlenilýär, beýleki tarapdan bolsa suwuň mukdaryna q bagly bolan aşaky býefiň suwunyň derejesi bilen kesgitlenilýär. Gidrawlik ýitgileriň h' ululygy suwuň mukdaryna q bagly bolýar; köpeldiji m turbinanyň peýdaly täsir köpeldijisine bagly bolýar, ol hem turbinanyň açylyşynyň ululygyna (ýagny, turbinanyň üstünden geçirilýän suwuň mukdaryna) we gidrostansiýadaky basyşa baglylykda üýtgäp durýar. Bu ýerden görnüşi ýaly, gidrostansiýaly howdany hasaplamak ýeterlik çylşyrymly mesele, ony diňe yzygiderli ýakynlaşma ýoly bilen çözmek bolýar.

Hasaplama netijesinde: 1) gidrostansiýanyň üstünden geýýän suwuň mukdarynyň grafigini $q = f(t)$; 2) howdanyň peýdaly göwrümini $V_{peý}$; 3) howdanyň iş grafiklerini $V(t)$ we $H(t)$ almaly.

Şu hasaplamalarda turbinalaryň peýdaly täsir köpeldijisi (PTK), onuň ulanyljak görnüşine we ölçeglerine baglylykda takmynan alynýar; suw hojalyk hasaplamanyň netijesinde $q(t)$ we $H(t)$ baglanyşyk çyzgylar alnandan soň we kuwwatlylyk agregatlaryň arasynda bölünenden soň, turbinalaryň gurluşyny, şeýle hem olaryň işiniň dürli ýüklüligindäki peýdaly täsir köpeldijilerini takykklamaga mümkinçilik döredýär. Netijede, gidrostansiýanyň berýän energiýasyny takyk hasaplap bolýar. Mundan beýläk biz suw hojalyk hasaplamanyň diňe ýokarda sanalyp geçilen so-raglarynyň üstünde durup geçeris.

15.4.2. Gidrostansiýaly howdany hasaplamagyň kömekçi grafikleri

Gidrostansiýaly howdanlary hasaplamagyň hemme usullarynda diýen ýaly kuwwatlylygyň N dürli ululyklarynda $q = f(H)$ baglanyşyk grafikler giňden ulanylýar; bu grafik gönüburçly koordinatly egri çyzygyň toplumyndan ybaratdyr, ondan başga-da koordinat oklar boýunça üç ululyklardan islendik ikisini goýýarys, egri çyzyklaryň her biri üçünji ululygyň ululygy bilen atlandyrylan. Umumy ýagdaýda grafigi gurmak aşakdaky ýaly alnyp barylýar (bizde howdanyň häsiýetlendirijisi bar we hemişelik göwrümi V_{HGD} hem bellenen hasap edýäris).

Deslapky maglumatlara esaslanyp, gidrostansiýanyň desgasynyň ýerleşişiniň çyzgysyny, turbinalaryň görnüşini we sanyny, basyşyň üýtgäp durmagynyň,

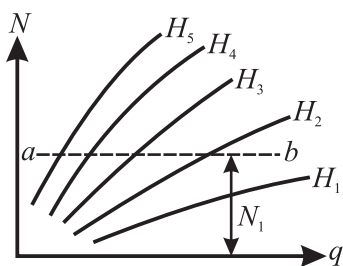
takmynan, çäginini we gidrostansiýanyň üstünden geçýän suwuň maksimal mukdaryny belleýäris. Suwuň maksimal mukdarynyň möçberi boýunça howdandan turbinanyň üsti bilen aşaky býefe suw geçirýän desganyň kese ölçeglerini belleýäris: basyşly suw geçiriji turbalary, sorujy turbalary we ş.m. Şeýle hem gidrawlikanyň adaty aňlatmalary bilen olaryň garşylyk köpeldijilerini hem-de turbinanyň üstünden geçýän suwuň dürli mukdarlarynda turbinanyň we бүтин gurluşyň peýdaly täsir köpeldijisiniň takmynan ululyklaryny tapýarys.

Soňra haýsy hem bolsa bir q suw mukdaryny kabul edip, aşakdakylary hasaplaýarys:

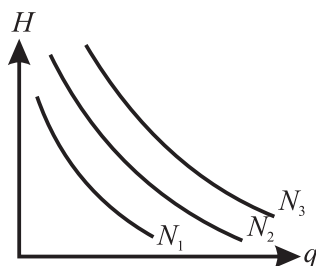
- 1) aşaky býefiň suwa basdyrylmagyny hasaba alyp, eger-de şeýle ýagdaý bar bolsa, howdandaky suwuň derejesiniň H dürli bellikleri üçin gidrostansiýanyň brutto basyşy;
- 2) berlen suw mukdaryndaky gidrawlik ýitgileri h' ;
- 3) gurluşyň peýdaly täsir köpeldijisini we m -iň laýyk ululyklaryny;
- 4) suwuň her bir derejesi H üçin gidrostansiýadaky arassa basyşy $h = h_{br} - h'$;
- 5) gurluşyň kuwwatlylygyny $N = mqh$.

Şu hasaplamalaryň maglumatlary boýunça 96-njy suratdaky grafigi gurýarys. Eger-de şu amatly bolsa, kese ok boýunça H -y goýmak bolýar we dürli q üçin N -iň egri çyzyklaryny gurmak bolýar.

Bu grafigi ulanmagy has amatly görnüşe getirmek üçin ony aşakdaky ýaly täzeden gurýarys. $N = N_1$ -iň haýsy hem bolsa belli bir ululygyny alyp, ab göni çyzygy geçirýäris we (q, H) -yň birnäçe goşa ululyklaryny tapýarys. $N = N_1$ bolanda olary $q = f(H)$ grafige geçirýäris. N_1 -iň dürli ululyklaryny alyp, dürli N üçin şeýle egri çyzyklaryň toplumyny gurýarys (97-nji surat).



96-njy surat. $N = f(q, H)$ grafiki



97-nji surat. $H = f(q, N)$ grafiki

Şu grafiki bilen bilelikde aşakdakylar bolmaly:

- 1) göwrümleriň egri çyzygy $V = f(H)$, onsoň hem kähallatlarda V -niň ululyklaryny $\frac{V}{\Delta t}$ birlikde görkezmek amatly bolýar (bu ýerde: Δt – hasaplama aralygynyň dowamlylygy), ýagny suw mukdarynyň birliginde; şu grafigiň kömegi bilen öňki grafige üýtgeýän H -yň deregine üýtgeýän V -ni girizmek bolýar, ýagny $q = f(N, V)$ ýa-da $q = f(N, \frac{V}{\Delta t})$ ululyklaryň grafigini almak bolýar;

2) howdandan bolýan suw ýitgileriň grafigi, eger-de bugarma бүтін ýylyň dowamynda üýtgemeyän ýa-da bugarmanyň dürli normalary üçin $q_y = f(H, H_b)$ egri çyzyklaryň toplумы kabul edilse, onda howdanyň suw ýitgileriniň grafigi bir $q_y = f(H)$ egri çyzyga eýe bolar. Edil şu grafigi diňe bir H -a bagly edip gurman, V ýa-da $\frac{V}{\Delta t}$ baglylykda gurmak hem bolýar. Eger-de bugarma üýtgemeyän bolsa, onda howdandan bolýan doly suw sarp etmäniň $q + q_y$, N -den we H , V ýa-da $\frac{V}{\Delta t}$ -den baglylykdaky amatly grafigini gurmak bolýar.

Eger-de howdandan suw aşaky býefe akdyrylmasa we aşaky býefiň belligi (h_{br} basyş hem) diňe turbinanyň üstünden geçýän suwuň mukdaryna bagly bolsa, onda ýokarda ýazylyp geçilen gurluşlary ulanmak bolýar. Howdandan aşaky býefe suw akdyrylanda hem hasaby alyp barmak mümkinçiligi bolar ýaly aşakdaky ýaly herket edýäris. Goý, aşaky býefe suw akdyryjy desga ýapyk bent gädigi bolsun. Onuň giňligini we bosagasyň belligini, ýagny ASD belligini kabul edýäris we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlarynyň grafigini $q_{ak} = f(H)$ gurýarys. Ýokarda ýazylanlara görä, H -yň belli bir belligini alyp, suwuň mukdarynyň üstüne q_{ak} -ny goşýarys we suwuň jemlenen mukdary boýunça desganyň aşaky býefiniň belligini, soňra h_{br} -ny kesgitleýäris we ş.m. Suwuň gidrawlik ýitgileriniň diňe turbinanyň üstünden geçýän suwuň jemlenen mukdary boýunça kesgitleýändigini düşnüklidir. Şeýlelikde, $q = f(N, H)$ ýa-da $q = f(N, V)$ egri çyzyklar ýapyk bent gädiginiň depesiniň belliginde döwürler.

Görkezilen gurluşlara käbir ýagdaýlarda haýsy hem bolsa bir ýönekeýleşdirmeler girizilýär. Mysal üçin, eger-de kiçi basyşly derýa stansiýasy açyk turbinaly bolsa, onda gidrawlik ýitgilerini h_{br} -nyň basyşyndan 5-10 % diýip kabul etmek bolýar. Gaty bir üýtgemeyän kuwwatlylykda turbinanyň PTK -ni üýtgemeyär diýip kabul etmek bolýar, bu turbinalaryň berlen görnüşleri we olaryň ortaça açylyşy üçin ortaça kuwwatlylyk bolar. Uly basyşlarda (50-100 we ondan hem köp metrlerde) desganyň aşaky býefiniň suw derejesiniň üýtgäp durmagyny hasaba almasaň hem bolýar, hasaplamalarda suwuň ortaça derejesinden ugur alynýar. Erkin akymly turbinalarda bolsa desganyň aşaky býefiniň suw derejesiniň hiç hili täsiri bolmaýar.

15.4.3. Gidrostansiýaly howdany tablisa usuly bilen hasaplamak

Gidrostansiýaly howdany tablisa usuly bilen hasaplamagy öň biziň ýitgileri hasaba alyp howdany hasaplanymyzda ulanan edil şol iki usullarymyz bilen ýerine ýetirmek bolýar.

1. Бүтін дөwür боýунча hasaplamak. Howdanda suwuň derejesiniň üýtgäp durmagynyň çäklerini ilkiбada kabul edýäris, onuň ortaça ululygyny $H_{or} = \frac{1}{2}(H_{max} + H_{min})$ tapýarys we şu ortaça ululyk boýunча bolsa howdanyň deslapky hasaplamasyny 41-nji tablisada ýerine ýetirýäris.

Aralyk-lar	Q	N	Deslapky hasaplama					Barlag hasaplama						
			q_1	$Q - q_1$		V_1	H_1	q_2	q_y	q	$Q - q$		V	H
				+	-						+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Deslapky hasaplama $H = \text{const} = H_{or}$ bolanda 97-nji suratdaky çyzgyny ulanýarys. Ondan N we H_{or} ululyklar boýunça alnan q_1 -i 4-nji sütüne ýazýarys; bu ululyklaryň bar bolany üçin howdany hasaplama tablisasyny usul bilen ýerine ýetirýäris, onuň peýdaly göwrümini V_1 -i tapýarys we aralyklar boýunça howdanyň iş grafigini göçürýäris (V_1 we H_1). Indi biz howdanyň suw ýüzüniň üýtgeşme durýan belligini bilýäris. H_1 şol boýunça 97-nji suratdaky grafigi ulanyp, gidrostansiýanyň üstünden akyp geçýän anyklykly suwuň mukdaryny q_2 -ni tapýarys. Olaryň üstüne ýitgileri q_y goşup, hasaplama suw mukdarlaryny $q = q_2 + q_y$ alýarys (11 sütün), V_2 -ni we V_2 -niň we H_2 -niň iş grafigi tapyp, şolar boýunça howdany täzeden hasaplaýarys. Eger-de V_2 , V_1 -den az tapawutly bolsa, onda hasaplama bes etmek bolýar, başgaça bolanda bolsa ýene-de bir gezek hasaplama ýerine ýetirilýär. Eger-de howdanda basyş az üýtgeýän bolsa, onda şu usul bilen hasaplama ýeterlik çalt we ygtybarly ýerine ýetirilýär.

2. Aralyklar boýunça hasaplamak. Deslapky hasaplamalary ýerine ýetirip, ortaça basyş boýunça howdanyň işläp başlaýan pursatyny ýa-da boşaýan pursatyny tapýarys we hasaby şondan başlaýarys: hasaplama aýratyn aralyklar boýunça (bäşgünlük, ongünlük, aý, akym gije-gündizlik sazlananda bolsa bir ýa-da iki sagat) birinji ýagdaýda öňe (wagt hereketiniň ugruna), ikinji ýagdaýda bolsa yza (wagt hereketiniň tersine) hereket edip ýerine ýetirýäris. Aralygyň başynda göwrümi we suwuň derejesini H , şeýle hem aralykdaky kuwwatlylygy N bilip, 97-nji suratdaky grafik boýunça suwuň mukdaryny q , ýitgi grafigi boýunça bolsa suwuň ýitgilerini q_y we suwuň doly mukdaryny tapýarys; aralykdaky göwrümi, aralygyň ahyryndaky göwrümi V we suwuň derejesini H we aralygyň suw derejesiniň ortaça ululygyny H_{or} -nyň hasaplaýarys. H_{or} -nyň we kuwwatlylyk N -iň esasynda 97-nji suratyň grafigi boýunça täzeden suw mukdarynyň q ululygyny barlaýarys (ýa-da kabul edilen q we alnan H_{or} boýunça kuwwatlylygy N -i barlaýarys). Eger-de alnan ululyk başlangyç ululykdan az tapawutly bolsa, onda indiki aralyga geçýäris, tersine bolan ýagdaýda bolsa q -yň täze ululygyny kabul edýäris (grafikden alnan N we H_{or} boýunça) we şony ulanyp, aralyk üçin täze hasaplamalary ýerine ýetirýäris, ony gutarnykly diýip hasap etmek bolýar. Bu usulyň ikinji usul bilen ýitgini hasaba almagy, şeýle hem aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlaryny hasaplamakdaky synanyşyk usulyny doly gaýtalaýanlygy görnüp dur. Şu usulda ASD-ni (“öňe” hasaplananda) ýa-da HGD-ni (“yza” hasaplananda) kabul etmelidigi görnüp dur.

15.4.4. Hidrostansiýaly howdany grafoanalitik usullary bilen hasaplamak

Bir wagt aralygyň çäginde hasaplamaný göni we barlagsyz alyp barmak üçin aşaky býefe suw akdyryjy desgalary hasaplamak barada ýazylan bapdaky usullary ulanyp bileris, ol usullar Δt wagt aralygyndaky howdanyň suw deňagramlylygynyň deňlemesine esaslanýarlar:

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t + V_2 - V_1, \quad (240)$$

bu ýerde

$$\left(\frac{q_2}{2} \Delta t + V_2 \right) = Q_{or} \Delta t + \left(V_1 - \frac{q_1}{2} \Delta t \right),$$

ýa-da

$$F_2(q_2) = Q_{or} + F_1(q_1),$$

bu ýerde:

$$F_1(q) = \frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}, \quad F_2(q) = \frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}.$$

Şu baglanyşyklary ulanyp, aşakdaky usullary ulanmak bolýar.

1. Ýokarda agzalyp geçilen $q = f(V)$ baglanyşyk grafigi bolan ýagdaýda $F_1(q)$ we $F_2(q)$ (79-njy surat) baglanyşyk egri çyzyklaryny gurýarys (berlen N üçin). Aralygyň başynda q_1 -i bilip, $F_1(q_1)$ -iň ululygyny alýarys, $F_1(q_1) + Q_{or}$ jemi tapýarys we $F_2(q)$ egri çyzyk boýunça q_2 -niň ululygyny kesgitleýäris. Eger-de N -iň ululygy üýtgeýän bolsa, onda grafik goşatoparly egri çyzykly bolýar, olar N -iň tegelenen ululyklary bilen atlandyrylan hasaplamak egri çyzyklaryň arasyny interpolýasiýa etmek ýoly bilen amala aşyrylýar.

Eger-de $q = f(V)$ grafige suw ýitgileri hem girizilen bolsa (bu diňe H_{bug} üýtge-meýän ýagdaýda bolýar), onda hasaplama suw ýitgisini alyp ýerine ýetirilen bolýar. Eger-de H_{bug} ýylyň dowamynda üýtgeýän bolsa, onda berlen hasaba ortaça ýitgini girizmek bolýar, howdanyň iş grafigin alyp, ýitgini takyk hasaplap, ýene-de bir gezek barlag hasabyny ýerine ýetirmeli. Şu hasaplamanýň netijesiniň tapawudy öňki bilen deňeşdireniňde az bolar we ony gutarnykly hasaplama hökmünde kabul etmek bolar.

Hasaplama howdanyň göwrüminiň we suw derejesiniň üýtgemeginiň hronologik grafigin hem bermeli bolýandygy sebäpli, şu ululyklar üçin 79-njy surat boýunça grafikde V we H üçin çyzygynyň ýokarky we sag gyralarynda goşmaça şkalalary gurmaly. Islendik pursat üçin q we $F(q)$ ululyklary bilip, şu şkalalar boýunça laýyk gelýän V we H kesgitlemek bolýar.

2. Goşa skala 80-nji surat boýunça 79-njy suratyň grafiginiň kömegi bilen örän ýeňil gurulýar. Ol N -iň üýtgemeyän ýagdaýynda ulanmak üçin amatly bolýar. Dürli N -ler üçin aýratyn şkalalary gurmaly.

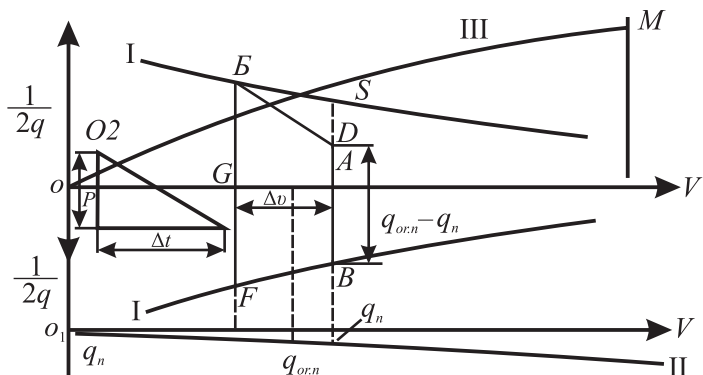
3. 81-nji suratdaky nomogrammany 79-njy suratdaky grafigiň deregine ulanmak bolýar; N -iň üýtgäp durýan ýagdaýynda, nomogrammanyň birnäçe ýa-da bir topar şkalaly biri bolmaly. N -iň üýtgemeyän ýagdaýynda nomogramma hasaplama-ny örän çalt alyp barmaga mümkinçilik berýär.

15.4.5. Hidrostansiýaly howdany M.B.Potapowyň grafik usuly bilen hasaplamak

Grafik usullaryň öňki topardan tapawudy, grafik boýunça hasap almakdan başga-da kömekçi çyzygyda goşmaça grafik gurluşlaryny talap edýärler; olaryň amatsyzlygy edil şundan ybaratdyr, ýöne olar grafikler taýýarlananda deslapky hasaplamlary az talap edýärler we ondan başga-da käbir ýagdaýlarda hasaby Δt aralygyň özgerýän ululygynda alyp barmaga hem mümkinçilik berýärler.

Gidrostansiýaly howdanyň hasaplanylş usulyny ulanyp, aşakdaky gurluşlary (98-nji surat) ulanmagy maslahat bermek bolýar: q we V oklarda egri çyzygyň iki şahasyny gurýarys I-I': berlen N -de $\frac{1}{2}q = f(V)$ baglanyşygy we ýitgini hasaba almak üçin II egri çyzygy gurýarys: $q_y = f_2(V)$, şeýle hem dürli Δt aralyklar üçin şöhlipsisint masştaby taýýarlaýarys. Grafikli çözgütler aşakdaky ýaly alnyp barylýar. Goý, $OA = V_1$ we $BS = q_1$ -aralygyň başyndaky göwrüm we suwuň mukdary bolsun. B nokatdan ýokarlygyna $BD = Q_{or} - q_y$ kesindini goýýarys, onsoň hem ýitgini başlangyç göwrüm boýunça takmynan alýarys. D nokatdan şöhlipsisint masştabyň şöhlesine ugurdaş edip DE -ni geçirýäris we alýarys: $OG = V_2$, $EF = q_2$. Aralygyň çäginde çözgüt örän takyk bolýar (Q we q -yň üýtgemeginiň çyzykly kanuny üçin); bu ýerde ýeke-täk takmynan alynýan suw ýitgisidir, ony ortaça göwrüm boýunça alman, aralygyň başyndaky göwrüm boýunça alýarys. Ýitgini hasaba alyş bölümünde görşümüz ýaly, bu ýitgini hasaba almaklykda uly ýalňyşlyk bolmaýar; ondan başga-da, ýitgi grafigi hemişe gözün önünde bolýar we kesimiň ortasy üçin onuň ordinatasyny GA -ny alyp (ol aralyk üçin ýitginiň takyk möçberini berýär), goýberilen ýalňyşlygyň ölçegini görmek aňsat we gerek bolsa $Q_{or} - q_y$ ululygyny düzedip bolýar (ýagny D nokady biraz ýokaryk ýa-da aşak süýşürmeli), şondan soň örän takyk gurluş alynýar. Suw derejesiniň hronologik grafigini gurmak üçin (V , H) oklarda göwrüm egri çyzygyny III geçirmek bolýar, şol boýunça tapylan islendik V üçin H -y tapýarys. Kuwwatlylyk üýtgäp durýan bolsa, dürli N üçin birnäçe I-I' egri çyzyklary, şeýle hem dürli H_{bug} üçin birnäçe II egri çyzyklary gurmaly. Berlen gurluşyň kömegi bilen wagt boýunça öňe (HGD -den ýokaryk), şeýle hem yza

(ASD-den aşaklygyna) hasaplamalary geçirmek aňsat bolýar. Soňky ýagdaýda wagt aralyklaryny diňe dik kesimden çepge goýmaly.



98-nji surat . M.W.Potapowyň grafik usulynyň çyzgysy

15.4.6. Gidrostansiýaly howdany hasaplamak üçin ulanylýan usullara baha bermek

Ýokarda beýan edilen usullaryň her biri göwnejaý ulanylanda örän takyk netije berýär. Käbir usullar hasaplamak üçin sarp edilýän wagt we zähmet boýunça biraz tapawutlanýarlar. Ondan başga-da olaryň her biriniň özüniň has amatly ulanylýan ugry bolýar. Hasaplamalaryň möçberi köp bolmadyk ýagdaýynda tablisa usullaryň birini ulanmak has amatly bolýar. Olara hökman tablisa usuly diýmek bolmaz, sebäbi olar ulanylanda $q = f(N, H)$ baglanyşyk grafigini ulanmaly bolýar, ýagny hakykatyny aýdanyňda bu usullar diýmek bolýar. Grafoanalitik we grafik usullaryň arasynda uly tapawut bolmaýar, ýöne millimetrli kagyzyň ýüzünde çyzylan grafigi we ýönekeý tablisany ulanmak kömekçi çyzgyda goşmaça gurluşlary ýerine ýetirmek bilen deňeşdireniňde has aňsat bolýar. Hakykatyny aýdanyňda, grafik usullar diňe üýtgeýän aralyklarda ulanylýar, olaryň içinde has ýönekeýi we amatlysy birinji usulydyr.

15.4.7. Gidrostansiýaly howdany hasaplamagyň mysaly

Berlen maglumatlardan ugur alyp, suw energiýasyny ulanmak üçin akymy passylyk sazlamagyň hasaplamasyny ýerine ýetirmek talap edilýär.

Akymyň aýlar boýunça paýlanyşy we gidrostansiýanyň ýüküniň grafigi 42-nji tablisa-da berilýär; howdanyň göwrüm egri çyzygynyň şeýle deňlemesi bar: $V = 0,02H^{5/2}$ (35-nji tablisa). Howdandan bolýan suw ýitgileri üýtgemeyär diýip kabul edýärler, aýda 2% ýere siňýär we aýda 100 mm bugarýar.

Aý- lar	Q		N müň kw	H _{or} boýunça deslapky hasaplama						Birinji hasaplama						Ikinji hasap- lama	
				q		q – Q		V	H	q _y	q	Q – q		V			
	m³/s	mln m³		+	–	+	–										
	m³/s	mln m³		+	–	+	–	m³/s	mln m³	+	–						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	30	79	15	56,1	147	-	68	327	27,9	65	171	86	179	-	100	400	504
II	25	66	15	56,1	147	-	81	259	25,3	76	200	6	206	-	140	300	417
III	50	131	10	34,4	90	41	-	178	21,8	46	121	6	127	4	-	160	327
IV	240	630	10	34,4	90	540	-	219	23,7	32	84	15	99	531	-	164	319
V	320	840	20	81,5	214	626	-	759	39,1	58	152	20	172	668	-	695	778
VI	65	171	20	81,5	214	-	43	810	40,0	58	152	20	172	-	1	810	810
VII	50	131	20	81,5	214	-	83	767	39,3	60	158	19	177	-	46	809	809
VIII	35	92	20	81,5	214	-	122	684	37,5	65	171	16	187	-	95	763	767
IX	30	79	20	81,5	214	-	135	562	34,6	73	192	14	206	-	127	668	683
X	50	131	15	56,1	147	-	16	427	30,9	55	144	11	155	-	24	541	601
XI	35	92	15	56,1	147	-	55	411	30,5	57	150	10	160	-	68	517	591
XII	45	118	15	56,1	147	-	29	356	28,8	60	158	9	167	-	49	449	538
	-	2560	-	-	1985	1207	632	-	-	-	1853	154	2007	1203	650	400	504
									-							-	-

Gidrostansiýa howdandan 2,0 km daşlykda ýerleşýär we onuň bilen iki sany ýerasty suw akdyryjy birleşdirilen, olaryň her birisiniň diametri 4 m; gidrostansiýanyň ýanynda derýanyň düýbünüň belligi 10,0 m (howdanyň iň pes nokadynyň belligi 0 hasap edilende). Suw derejesiniň we suw mukdarynyň baglanyşyk egri çyzygynyň şeýle deňlemesi bolýar: $h = 0,625\sqrt{Q}$ (metrde). Hasaplamanýň başynda gidrostansiýanyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdary 100-120 m³/s aralygynda, howdandaky suwuň derejesi 15-den 40 m-e çenli üýtgäp durar diýip kabul edýäris.

Hasaplamaný $N = f(q, H)$ we $q = F(N, H)$ baglanyşyk egri çyzyklaryny gurmakdan başlaýarys. Şonuň bilen birlikde, hasaplamalary ýeňilleşdirmek üçin turbiniň PTK-si üýtgemeyän we 0,85-e deň, generatorlaryň PTK-si 0,95-e deň diýip kabul edýäris. Onda gidrostansiýanyň kuwwatlylygy aşadaky aňlatmanyň üsti bilen aňladylýar:

$$N = \frac{1000 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,736}{75} qh = 7,93 \quad qh \quad Kwt.$$

Doly basyş $h_{br} = H + 10,0 - H_a$, bu ýerde H – howdandaky suwuň derejesi, 10,0 – derýa düýbünüň howdandan gidrostansiýa çenli peselmegi we H_a – baglanyşyk egri çyzyk boýunça aşaky býefdäki suwuň çuňlugy. Soňra arassa basyş kesgitlenilýär: $h = h_{br} - h'$, bu ýerde h' – gidrawlik suw ýitgileri. Biz mysalymyzda olary ýerasty suw akdyryjyda sürtülme netijesinde bolýan ýitgi diýip kabul edýäris, beý-

leki garşylyklary bolsa hasaba almaýarys. Sürtülmä bolýan ýitgi $h' = \frac{U^2 L}{S^2 R}$. Biziň

ýagdaýymyzda alýarys: $U = \frac{q}{2\omega}$, bu ýerde $2\omega = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2}{4} = 25,1 \quad m^2$, $L = 2000 \quad m$,

$R = \frac{d}{4} = 1,0 \quad m$, $S = \frac{1}{n} R^{1/6} = 77 \left(n = 0,013 \quad bolanda \right)$. Bu maglumatlary ýerbe-ýer

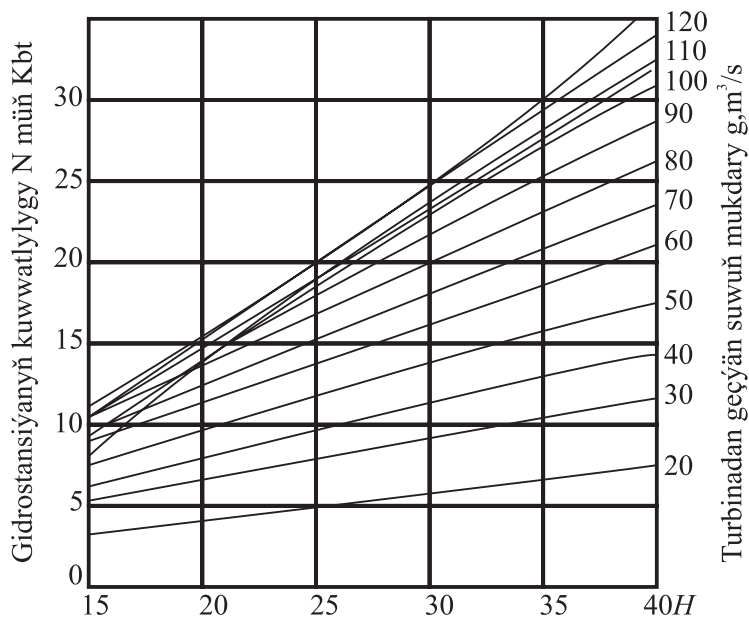
goýup alýarys: $h' = 0,000535 \quad q^2$.

Hemme hasaplamalar 43-nji tablisada, 99-njy we 100-nji suratlardaky grafiklerde getirilýär.

43-nji tablica

q , m^3/s	H_a	h'	$H = 15,0$ we $40,0$ bolandaky h		$H = 15,0$ we $40,0$ bolandaky $N \quad kwt$		$N = 10,15, 20,25$ müň kilowatt bolandaky H			
			15,0	40,0	15,0	40,0	10	15	20	25
20	2,79	0,21	22,00	47,00	3500	7470	(55,0)	-	-	-
30	3,42	0,48	21,00	46,10	5300	11670	33,2	-	-	-
40	3,95	0,86	20,19	45,19	6400	14320	26,4	(42,0)	-	-

50	4,42	1,34	19,24	44,24	7620	17510	21,1	33,6	(46,2)	-
60	4,84	1,93	18,23	43,23	8670	20580	17,9	28,7	38,7	-
70	5,23	2,62	17,15	42,15	9520	23400	15,9	25,0	34,0	(43,0)
80	5,59	3,42	15,99	40,99	10140	26000	15,0	22,7	30,5	38,5
90	5,93	4,33	14,74	39,74	10530	28380	-	21,3	28,2	35,3
100	6,25	5,35	13,40	38,40	10620	30440	-	20,6	26,8	33,1
110	6,56	6,47	11,97	36,97	10450	32280	-	20,2	25,9	31,5
120	6,84	7,70	10,46	35,46	9960	33750	-	20,1	25,5	30,7



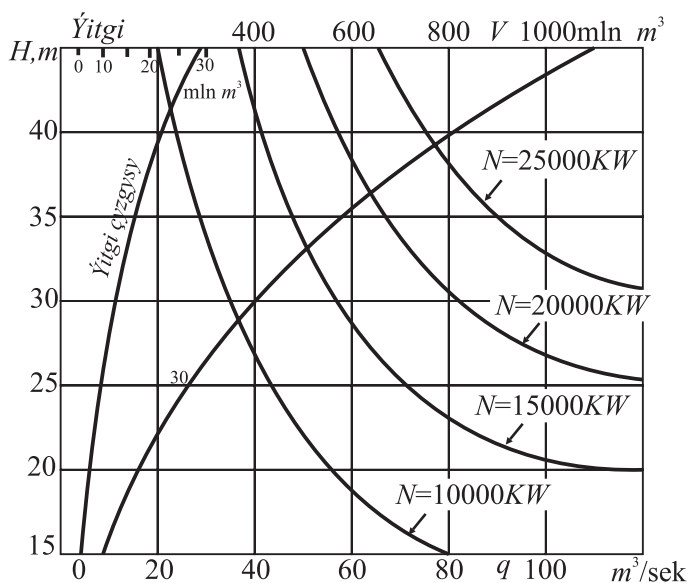
99-njy surat. $N = f(q, H)$ baglanyşygyň grafigi

Gidrostansiýanyň kuwwatlylygy howdandaky suwuň derejesiniň H üýtgemegi bilen göni çyzyk boýunça üýtgeýär, şonuň üçin bolsa ony diňe $H = 15,0$ we $H = 40,0$ m üçin hasaplaýarys. Hasaplamalaryň netijesini 99-njy surata geçirýäris, ol q -a we H -a baglylykda N -i berýär. Soňra bu grafigi täzeden gurýarys, ony $H = f(q, N)$ görnüşe getirýäris: onuň üçin N -iň belli bir ululygyny kabul edýäris, mysal üçin, $N = 15000$ kwt, 99-njy suratda keseligine laýyk gelýän göni çyzygy geçirýäris we onuň göni çyzyklar bilen kesişýän nokadynda H -yň we q -yň goşa ululyklaryny alýarys. Bu maglumatlar 43-nji tablisanyň soňky dört sütüninde ýazylan we şolar boýunça 100-nji suratda $N = \text{const}$ egri çyzyklar toplumy gurlan. Soňky

eýýäm tablisa usuly bilen hasaplamak üçin hyzmat edip biljek; amatlylyk üçin onuň ýüzüne ýene-de şu egri çyzyklar çyzylan: $V = f(H)$ göwrüm egri çyzygy we suw ýitgisiniň egri çyzygy $q_y = f_2(H)$.

Ýitgiler kesgitlenende, şeýle hem indiki hasaplamalarda $\Delta t = 1 \text{ aý} = 2625600$ sekunt (ortaça aý üçin) kabul edilen.

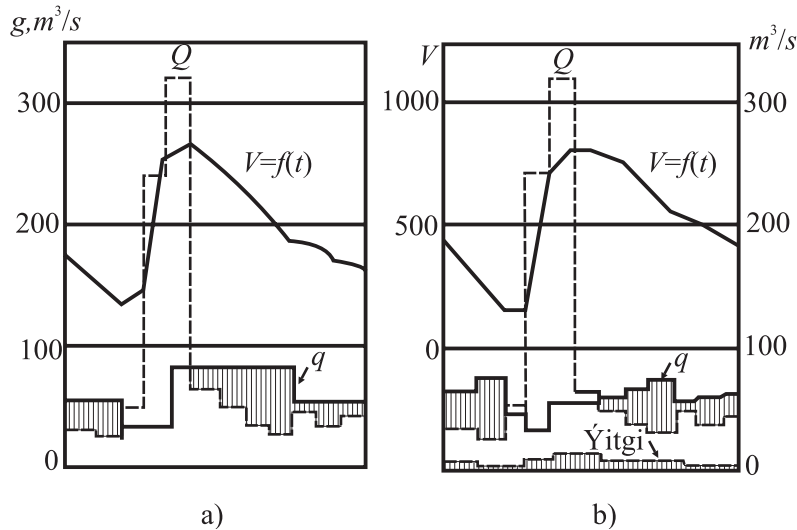
Hasaplamany tablisa we grafoanalitik usullar bilen ýerine ýetirýäris. Tablisa usuly bilen hasaplamany bütin ýyl boýunça yzygiderli ýakynlaşmalar ýoly bilen alyp barjak bolalyň. Hidrostansiýanyň iş yüküniň grafigi bilen akymyň grafigindeňdirip, howdanyň boşap başlaýan pursatyny anyklaýarys: iýun aýynyň 1-nde. ASD-ni 40,0 m diýip kabul edýäris we ýylyň dowamyndaky suwuň pes derejesini gözläris. Ortaça basyş boýunça hasaplamak üçin suwuň bu pes derejesini 20,0 m bellikde kabul edýäris. Onda suwuň ortaça derejesi $H_{or} = 30,0 \text{ m}$ bolar, $H = 30,0 \text{ m}$ üçin 100-nji surat boýunça dürli N üçin q -y tapýarys. Hemme hasaplamalary 42-nji tablisa geçirýäris.



100-nji surat. $H = f(q, N)$ grafik

Deslapky hasaplama $V = 810 - 178 = 632 \text{ mln } m^3$ -y we $H_{\min} = 21,8 \text{ m}$ -i berýär. Üýtgäp durýan H -y alyp, birinji hasaplamany ýerine ýetirýäris, şeýle hem 100-nji suratyň grafigi boýunça q -yň ululyklaryny göçürüp alýarys. Birinji hasaplama edil şol grafigi ulanyp, ýitgini hem hasaba alýarys. Birinji hasaplama $V = 810 - 160 = 650 \text{ mln } m^3$ we $H_{\min} = 21,0 \text{ m}$ -i berýär. Peýdaly göwrüm deslapky hasaplamadaky ululyga ýakyn, ýöne howdanyň işleýşiniň häsiýeti ep-esli özgerdi (101-nji a we b suratlar). Şonuň üçin hem ikinji hasaplamany ýerine ýetirmeli, onuň netijeleri edil şol tablisanyň iň soňky sütüninde berlen. Ol biziň mysalymyzda

şeyle bolýar: $V = 810 - 319 = 491 \text{ mln. m}^3$ we $H_{\min} = 27,5 \text{ m}$. Geçen hasaplamalar bilen ep-esli tapawudyň bardygy sebäpli hasaplamany ýene-de 1-2 gezek barlamaly ýa-da hasaplamanyň beýleki usullaryna geçmeli.



101-nji surat. Akymy sazlamagyň hronologik grafikleri

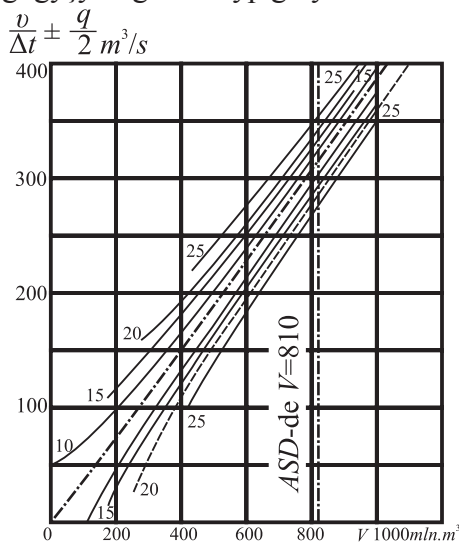
Hasaplamany grafoanalitik usul bilen ýerine ýetirýäris, onuň üçin başda $F_1(q) = \frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}$ we $F_2(q) = \frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}$ egri çyzyklary gurmak üçin gerek bolan maglumatlary hasaplaýarys. Bu hasaplamlary 44-nji tablisa geçirýäris.

44-nji tablisa

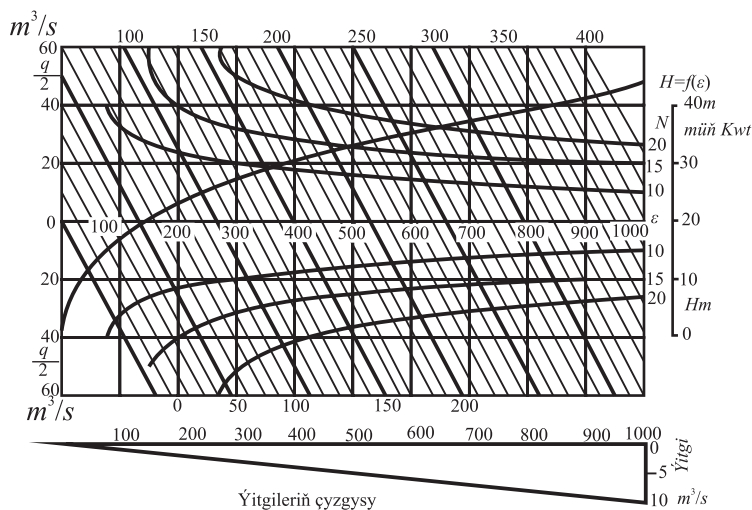
$q, \text{ m}^3/\text{s}$	$N = 10000$					$N = 15000$					$N = 20000$				
	H	V	$\frac{V}{\Delta t}$	F_1	F_2	H	V	$\frac{V}{\Delta t}$	F_1	F_2	H	V	$\frac{V}{\Delta t}$	F_1	F_2
20	(55,0)	1695	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	33,2	510	194	179	209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	26,4	290	112	92	132	42,0	904	344	324	364	-	-	-	-	-
50	21,1	162	59	35	85	33,6	525	200	175	225	46,2	1160	442	417	467
60	17,9	108	41	11	71	28,3	340	129	99	159	38,7	740	282	252	312
70	15,9	80	30	-5	65	25,0	250	95	60	130	34,0	540	206	171	241
80	15,0	70	27	-13	67	22,7	196	75	35	115	30,5	410	156	116	196
90	-	-	-	-	-	21,3	165	63	18	108	28,2	340	129	84	174
100	-	-	-	-	-	20,6	150	57	7	107	26,8	300	114	64	164
110	-	-	-	-	-	20,2	144	55	0	110	25,9	275	105	50	160
120	-	-	-	-	-	20,1	142	54	-	-	25,5	265	101	41	161

Bu tablisany doldurmak üçin maglumatlary 43-nji tablisadan alýarys, göwrümle-ri göwrüm egri çyzygyndan alýarys. 44-nji tablisanyň maglumatlary boýunça grafo-

analitik usul üçin islendik kömekçi grafigi gurmak bolýar, onsoň hem dürli görnüşli grafikleri gurmak we ulanmak üçin has amatly bolýar. Ýöne $q = f(F_1, F_2)$ görnüşli grafigiň daşky görnüşi örän amatsyz bolýar, sebäbi onda egri çyzyklar kesişýärler. $q = f(F_2)$ grafik Tomasyň usuly üçin gerek bolýar, onda egri çyzyklaryň bir ulgamy bar, ýöne dürli N-iň bu egri çyzyklary başda örän ýakynlaşýarlar, bu bolsa olaryň arasynda interpolýasiýa etmegi kynlaşdyrýar. Egri çyzyklaryň iki ulgamy hem (F_1 we F_2 üçin) ortaky çyzyga garanyňda simmetrik bolan grafikler amatly bolýarlar, muny biz $V = f(F_1, F_2)$ grafik üçin alarys. Masştabda çyzylan şeýle grafik 102-nji suratda görkezilen. Ony hasaplamalarda arkany ulanmak bolýar, ýöne onuň daş görnüşi oňaysyz, sebäbi grafigiň işçi bölegi gyşyk ugra uzalyp gidýär.



102-nji surat. Gönüburçly koordinatlardaky hasaplama grafigi



103-nji surat. Gyşyk burçly koordinatly hasaplama grafigi

Eger-de edil şol grafigi gyşyk burçly koordinatalar ulgamynda gursaň (103-nji surat), onda ol has ykjam görnüşe eýe bolýar. Bu ýerde $\frac{V}{\Delta t}$ çyzyk kese ok (V şkal) bilen utgaşdyrylan, diýmek, egri çyzyklaryň ordinatalary $\pm \frac{q}{2}$ bolarlar. F_1 we F_2 -ä deň bolan kese çyzyklar 103-nji suratda ýapgyt ýagdaýa eýe bolýarlar; iki okuň hem masştaby 103-nji suratda 102-nji suratyňky bilen deňeşdireniňde iki esse uly bolýar.

Hasaplamlaryň amatly bolmagy üçin edil şol suratda çyzylan: göwrüm egri çyzygy $H = f(V)$ we ýitgi egri çyzygy (soňky, masştabda q ýa-da F bilen deňeşdireniňde iki esse uly). Şu grafigiň kömegi bilen aşakdaky deňlemäni ulanyp, howdany hasaplaýarys (45-nji tablisa):

$$F_2(q_2) = F_1(q_1) + Q_{or} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2} = \frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2} + Q_{or},$$

onsoň hem ýitgileri Q_{or} -dan aýryp, ýitgileri hasaba alýarys; ýokarda aýdylyşy ýaly ýitgileri aralygyň başlangyjy boýunça kesgitleýäris. Hasaplamanı iýun aýynyň 1-inden 40,0 m bellikden başlaýarys, onuň üçin $V = 810$ mln m^3 , $q = 58$ m^3/s . Her bir aralyk üçin aşakdaky işleri ýerine ýetirýäris: 1) V_1 boýunça aşaky egri çyzykdan

$F_1 = \frac{V_1}{\Delta t} - \frac{q_1}{2}$ -niň ululygyny tapýarys; 2) onuň üstüne (tablisada) $Q_{or} - q_y$ -ni goşup,

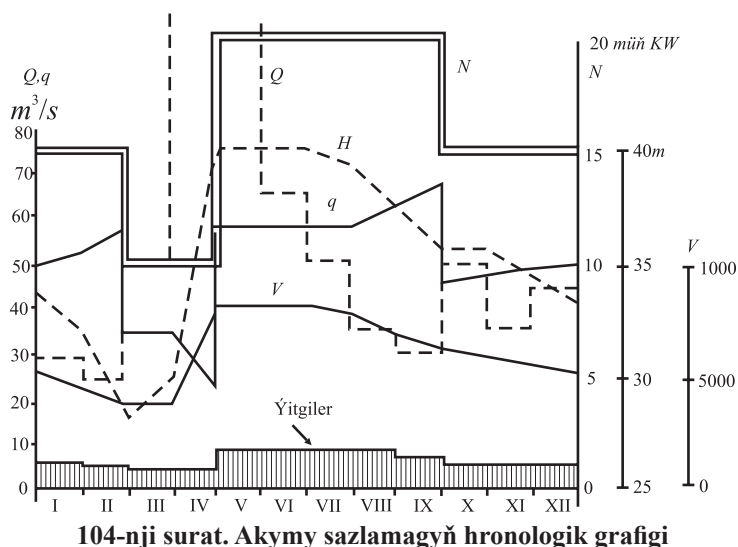
$F_2 = \frac{V_2}{\Delta t} + \frac{q_2}{2}$ -ni alýarys; 3) şu ululyk boýunça grafikde ýokarky egri çyzykdan V_2 we q_2 -ni tapýarys we tablisa ýazýarys. Eger-de indiki aralyga geçilende N -iň ululygy üýtgeşe, onda araçäkde q -yň iki dürli: q_2 geçen aralyk üçin we q_1 indiki aralyk üçin ululyklaryna eýe bolarys. Hemme hasaplamlary 45-nji tablisa geçirýäris.

45-nji tablisa

Aýlar	$Q_{or}, m^3/s$	$N, mün\ kwt$	q_y	V	F_1	F_2	H	q		$Q_{or} - q_y$
								başda	ahyrda	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				527	177	225	33,6	50		
I	30	15	6							24
				460	150	201	31,8	52	52	
II	25	15	5							20
				368	122	170	28,2	36	58	
III	50	10	4							46
				392	132	168	30,0	35	35	
IV	240	10	4							236
				810	280	(368)	40,0	58	23	
V	320	20	8							312

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				810	280	(592)	40,0	58	58	
VI	65	20	8							57
				810	280	337	40,0	58	58	
VII	50	20	8							42
				770	265	322	39,3	59	59	
VIII	35	20	8							27
				685	230	292	37,5	62	62	
IX	30	20	7							23
				606	208	253	35,7	46	68	
X	50	15	6							29
				600	205	252	35,5	47	47	
XI	35	15	6							39
				552	186	234	34,3	49	49	
XII	45	15	6							39
				527		225	33,6		50	

Eger-de F_2 boýunça $V_2 > 810$ tapsak, onda tablisada 810 mln. m^3 ýazýars. Başgaça aýdylanda, artykmaç suw, suwuň amatly derejesinde ASD-de düýpki suw geçirijileriň ýa-da ýapyk bent gädiginiň depesindäki awtomatik agyzýapynyň kömegi bilen aşaky býefe akdyrylýar diýip hasap edýäris. Şonuň bilen birlikde derýalaryň joşýan döwründe, gerek bolsa gidrostansiýanyň üstünden aşaky býefe akyp geçýän suwuň mukdaryny howdanyň peýdaly göwrümine täsirsiz köpeldip bolýandygyn-dan ugur alyp, akdyrylýan artykmaç suwuň mukdarynyň desganyň aşaky býefiniň suwuň derejesine, gidrostansiýanyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdaryna täsi-rini hasaba almaýars. Bu ýagdaýy gutarnykly hasaplamalarda iň pes basyşda tur-binanyň üstünden akyp geçýän belli bir iň köp suwuň mukdary üçin hasaba almaly. 45-nji tablisanyň maglumatlary boýunça möhüm elementleriň hereketi 104-nji su-ratda getirilen.



103-nji suratdaky grafigi hasaplamanyň beýleki usullary üçin hem ulanmak bolýar.

1. Grafigiň diňe ýokarky bölegini we hasaplama çyzyklaryny galdyryp, ony Tomasyň usuly boýunça ulanmak bolýar. Şonuň bilen birlikde, grafikden hasaby takyk almak üçin dik okuň masştabyny, takmynan, 2,0-2,5 esse ulaldyp boljakdygy görnüp dur. Hasaplama tablisanyň, takmynan, öňki ýaly nusgasy 46-njy tablisa görnüşinde getirilen.

46-njy tablisa

Aýlar	Q	q_{yit}	$Q - q_{yit}$	$W = \sum(Q - q_{yit})$	W_{or}	q		$\omega = \sum q$	V	H
						baş	ahyr			

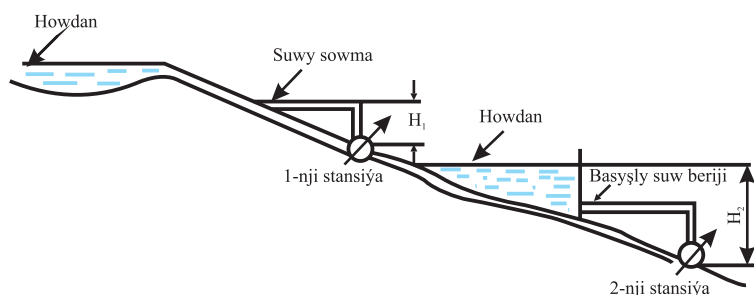
Akymyň göwrümi jemlenilmän onuň göni sekunddaky suw mukdarlary jemlenilýär (sebäbi ordinata oky boýunça $V + \frac{q}{2} \Delta t$ däl-de, $\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}$ goýulýar).

15.5. Suw-energetika ulgamlary

15.5.1. Akymy kaskad usuly bilen ulanmak

Eger-de derýa uzyn bolsa, onda bir däl-de, birnäçe derýa akymyny yzygiderli ulanýan gidrostansiýalar gurulýar. Gidrostansiýalaryň bir akymdaky şeýle birleşmesine kaskad diýilýär (105-nji surat). Gidrostansiýalaryň kaskadynyň akymy sazlap we sazlanan işlemegi mümkindir. Şeýle-de howdanlar gidrostansiýalar bilen birleşdirilen bolmagy mümkin ýa-da olardan aýratyn (akymy öwezini dolup sazlamak) durup biler. Her bir howdanyň aşakda ýerleşen hemme gidrostansiýalaryň işini sazlaýandygy düşnüklidir, üstesine-de, bu sazlama aralykda sazlanmadyk akymyň bolmagy sebäpli ýuwaş-ýuwaşdan gowşaýar. Haçan-da derýanyň ýokarky böleginde uly meýdanly we akymly, gidrostansiýalaryň bütin kaskadynyň işini sazlap biläýjek köl bolsa, şonda sazlamak üçin has gowy şertler döreýär. Akymy sazlaýan gidrostansiýanyň kaskadynyň taslamasy düzülende, esasan, aşakdaky wezipeler ýüze çykýar:

1. Derýanyň eňnitligini az ýitirip we az gurluşyk çykdajylar bilen akymy ulanylyş başgançaklara bölmek.
2. Sazlaýjy howdanlary ýerleşdirmek we olaryň göwrümini kesgitlemek.
3. Bütin ulgamyň berlen kuwwatlylyk grafigini almak üçin gidrostansiýalaryň bilelikde işlemegine taslama düzmek.



105-nji surat. Gidrostansiýanyň kaskad görnüşli çyzgysy

Akymy basgançaklara bölmek we howdanlaryň ýerini bellemek, esasan, ýerli şertlere bagly bolýar we esasy wezipe şu şertleri (akym, topografik we geologik) üns berip öwrenmekden we bolup biljek köp wariantlaryň içinden amatlysyny saýlap almakdan ybaratdyr. Howdanlary hasaplamak we olaryň işine taslama düzmek ulgamyň suw hojalyk hasaplamlarynyň göni we örän jogapkärli wezipesidir. Bu wezipe, köplenç, akymy özüne geregiçe sazlamagy talap edýän başga suw sarp edijileriň bolmagy bilen kynlaşýar. Daglyk derýalarda gidrostansiýalaryň kaskadyndan aşakda ýerleşýän suwarymly düzlükleriň bolýan wagty seýrek bolmaýar. Olaryň suw sarp edijilik grafigi gidrostansiýadan gelýän suwuň umumy sazlanan grafigine laýyk gelmeýär. Şeýle ýagdaýda gowusy howdandan aşakda akymy sazlap suwaryş döwründe ony ekinleri suwarmak üçin ulanmakdyr. Eger-de howdanyň eňňitligi uly bolsa, onda ony hem gidrostansiýa üçin ulanmak amatly bolar, üstesine-de, gidrostansiýa energiýa ulgamyna pasyllaýyn energiýany berer. Diýmek, şu döwürde beýleki gidrostansiýalar energiýany işläp çykarmaklaryny azaldyp bilerler, bu hem sazlaýjy howdanyň işine täsir eder. Bu ýerden görnüşi ýaly, şeýle ulgamyň suw hojalyk hasaplamaşy örän çylşyrymlydyr, ony birden anyk çözümek aňsat bolmaýar, ol yzygiderli ýakynlaşma we dürli wariantlary deňeşdirmek usullary arkaly çözülýär.

Goý, mysal üçin, gidrostansiýaly iki howdandan ybarat bolan ulgamy hasaplamak talap edilýän bolsun, ol $N(t)$ kuwwatlylygy bermeli, üstesine-de, howdan aşagrakda ýerleşen ekin meýdanlaryny suwarmak üçin suw bermeli. Derýanyň tebigy akymyny $Q(t)$, 1-nji (ýokarky) gidrostansiýadan soň sazlanan akymy $Q_1(t)$, 2-nji (aşaky) gidrostansiýadan soň sazlanan akymy $Q_2(t)$ bilen belleýäris, üstesine-de, soňky suwaryş üçin sarp etmäniň grafigine laýyk gelmeli; iki gidrostansiýanyň hem kuwwatlylygy $N_1(t)$ we $N_2(t)$ bolar, şeýlelikde, her bir pursatda kuwwatlylyk $N_1 + N_2 = N$ -e deň bolýar.

Ýokarky gidrostansiýa üçin akymy $Q(t)$ hem-de kuwwatlylygy $N_1 = N - N_2$ kabul edýäris we howdanyň göwrümünü hem-de işini, şeýle hem gidrostansiýanyň üstünden akyp geýýän suwuň mukdarynyň grafigini $Q_1(t)$ kesgitleýäris. Şu in soňky grafigi (şeýle hem ýokarky howdandan akdyrylýan suwuň mukdarlary we howdanlaryň arasyndaky akymy) aşaky howdan üçin akymyň grafigi hökmünde kabul edip, howdany onuň ýanynda ýerleşen gidrostansiýa $N_2 = N - N_1$ kuwwatlylygy

berer ýaly edip hasaplaýarys. Onda gidrostansiýanyň üstünden akyp geçýän suwuň mukdarlarynyň grafigi, berlen grafige $Q(t)$ laýyk bolar. Eger-de gidrostansiýa howdandan bölünen we üýtgemeýän basyşda işleýän bolsa, onda takyk laýyklygy alýarys. Eger-de başgaça bolsa, onda бүтін hasaplama düzediş girizmeli bolýar.

Edil şol hasaplamany aýratyn aralyklar usuly arkaly hem ýerine ýetirmek bolýar. Iki howdanyň hem dolany belli bolan pursatyny saýlap alýarys. Birinji aralyk üçin aşaky gidrostansiýanyň suwunyň mukdaryny bilip (suwaryş grafigi boýunça), şol aralyk üçin onuň kuwwatlylygyny N_2 kesgitleýäris. Ýokarky gidrostansiýanyň kuwwatlylygyny $N_1 = N - N_2$ bilip, onuň üstünden akyp geçýän suwuň mukdaryny Q_1 kesgitleýäris. Akym Q we suwuň mukdary Q_1 boýunça ýokarky howdanyň işini kesgitleýäris, akym Q_1 we suwuň mukdary Q_2 boýunça bolsa aşaky howdanyň işini kesgitleýäris. Şondan soň, gerek bolsa iki gidrostansiýanyň hem işine düzediş girizýäris we indiki aralyga geçýäris. Şeýlelikde, iki howdanyň we iki gidrostansiýanyň işleriniň baglanyşdyrmasy her bir aralygyň çäginde amala aşyrylýar.

Eger-de derýada iki gidrostansiýa bolup, ýokarkysy howdanly bolsa we gidrostansiýalaryň arasynda aralyk akym bar bolsa, onda hasaplamalar takmynan ýokardaky ýaly alnyp barylýar.

Berlen kuwwatlylygyň iki gidrostansiýasynyň arasynda paýlanyşyny, takmynan, kabul edýäris, ony suwuň ortaça mukdarynyň laýyk basyşa köpeldilmegine proporsional diýip hasap edýäris. Ýokarky gidrostansiýa tebigy akyma we özüniň göz önünde tutulýan kuwwatlylygyna N_1 baglylykda hasaplanylýar we şoňa laýyklykda ýokarky gidrostansiýanyň ýanyndaky howdanyň düzgüni kesgitlenýär. Howdandan sarp edilýän suwuň mukdarlary (işçi we aşaky býefe akdyrylýan) goşmak aralykdaky akym, aşaky gidrostansiýada gaýtadan ulanylýar we onuň $N_2 = N - N_1$ kuwwatlylygyny üpjün etmeli. Eger-de işleýän kuwwatlylyk grafigimiz alynmasa, onda laýyklykda ýokarky gidrostansiýaly howdanyň düzgünini üýtgetýäris. Şeýle baglanyşygy her bir aralygyň çäginde etmek bolýar.

Howdanlar бүтін energiýa ulgamynyň kuwwatlylygyny pasyllyk sazlamakdan başga-da gije-gündizlik sazlamagy hem üpjün etmeli, üstesine-de, bu sazlama bir gidrostansiýanyň üstüne ýüklenip hem bilner. Hakykatdan hem, şeýle birinji mysalda aşaky howdan gidrostansiýanyň işini gije-gündiziň dowamynda (suwaryş ulgamynda gijesine suwarylýan bolsa) üpjün edýär. Şonuň üçin hem бүтін gije-gündizlik sazlama ýokarky gidrostansiýada jemlenen bolmaly we onuň howdany bilen sazlama üpjün edilmeli.

15.6. Gidrostansiýalary birleşdirmek we sazlaýjy gidrostansiýalar

Suw hojalyk hasaplamanyň şuňa meňzeş meselesi dürli derýalarda ýerleşen gidrostansiýalar ýeke-täk energiýa ulgamyna birleşdirilende hem ýüze çykýar. Eger-de bu derýalar bir klimat zolaga degişli bolsalar, ýagny meňzeş akym gra-

fikleri bolsa, onda gidrostansiýalary birleşdirmek akymy sazlamagyň meselesini ýeňilleşdirmeyär, sebäbi onuň ýetmezçiligi we artykmaçlygy hemme gidrostansiýalarda şol bir wagtda bolýar. Ýöne käbir ýagdaýlarda dürli klimat zolaklarda ýerleşen, akymynyň artykmaçlyk we ýetmezçilik döwürleri gabat gelmeýän derýalary (mysal üçin, ýazda joşýan demirgazykda ýerleşen derýa, tomus joşgunly buzlukdan iýmitlenýän derýa, gýşky ýagyş bilen iýmitlenýän günortada ýerleşen derýa) ulanmak başa barýar. Şeýle ýagdaýda gidrostansiýalary ýeke-täk ulgama birleşdirmek akymy sazlamadan oňmaga ýa-da gerek bolan howdanlaryň göwrümini ep-esli azaltmaga mümkinçilik berýär.

Eger-de derýalaryň her birinde howdan üçin amatly ýer bar bolsa, onda akymy sazlamak özbaşdak amala aşyrylýar; şeýle ýagdaýda gidrostansiýalary birleşdirmegiň wezipeleri, esasan, elektroenergiýany geçirmegi arzanlaşdyrmakdan we bir gidrostansiýa togtadylanda energiýa sarp edijileri beýleki gidrostansiýanyň üsti bilen üpjün etmekden ybaratdyr. Köplenç, dürli derýalarda howdany gurmak üçin şertler birmeňzeş bolmaýar: onda howdan bir derýada gurulýar we onuň wezipesine (hyzmat edýän gidrostansiýasynyň wezipesine) diňe “öz” gidrostansiýalarynda kuwwatlylygy deňleşdirmek degişli bolman, bütin ulgamda deňleşdirmek degişlidir.

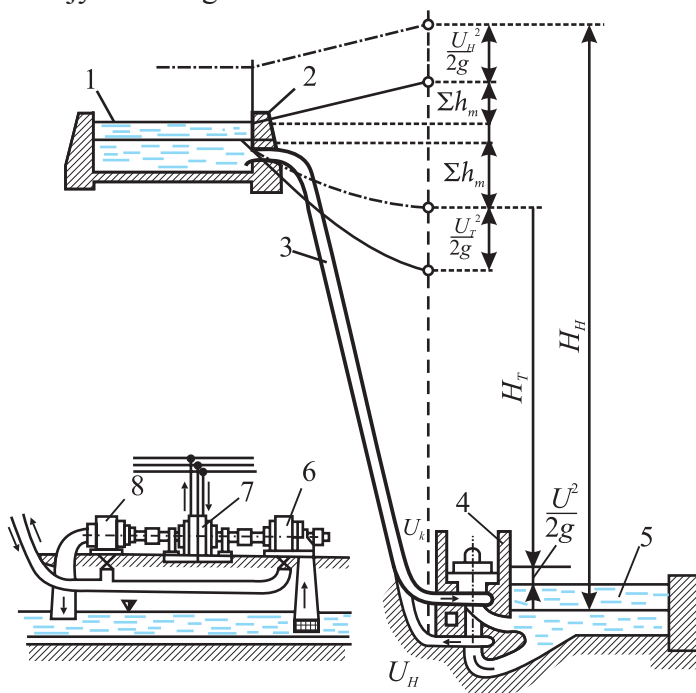
Howdan bilen üpjün edilen şeýle gidrostansiýa bütin energiýa ulgamy üçin sazlaýjy gidrostansiýanyň wezipesini öz üstüne alýar. Sazlaýjy gidrostansiýanyň zerurlygy hatda ulgamda energiýany ulanylyş grafigi boýunça kuwwatlylygy geregiçe sazlamak üçin göwrümi ýeterlik bolmadyk howdanlar bilen üpjün edilen birnäçe gidrostansiýalar bar bolan ýagdaýynda-da ýüze çykmagy mümkin.

Sazlaýjy gidrostansiýalaryň hasaplamasy aşakdaky ýaly alnyp barylýar: öňürti birleşmäniň energiýasyny ulanmagyň berlen grafigini doly derejede berjaý etmek wezipeli hemme esasy stansiýalar hasaplanýarlar. Hemme stansiýalaryň kuwwatlylygy jemlenýär we berlen grafikden aýrylýar; ýetmeýän kuwwatlylyk bolsa sazlaýjy gidrostansiýalara ýük grafigi hökmünde bolýar, onsoň hem onuň wagty içinde üýtgäp durmagy mümkin. Şonuň üçin hem sazlaýjy stansiýanyň kuwwatlylygy uly, ulanylýan sagadynyň sany az we görkezilen kuwwatlylygyň üýtgäp durmagyny doly üpjün edip biljek howdanly bolmaly. Eger-de ulgamda az akymly, uly basyşly, ölçegi ýeterlik uly bolan howdanly gidrostansiýa bar bolsa, onda ony elektrik energiýasyny öndürmek bolan esasy wezipesinden boşadyp, bütin elektrik ulgamy üçin sazlaýjy stansiýa hökmünde ulanmak amatly bolýar.

Sazlaýjy gidrostansiýada energiýa ýetmezçiligi bar bolsa, oňa kömekçi hökmünde ätiýaçlyk ýylylyk stansiýalary ulanmak bolýar. Ýöne ätiýaçlyk ýylylyk stansiýalarynyň üýtgemeyän ýükde işlände amatly bolýandygy sebäpli, ony kuwwatlylygy deňleýji grafigiň esas böleginde ulanmak peýdaly bolýar, ondan başga-da şeýle edilende gidrostansiýa düşýän uly ýükleri aýyrmak bolýar.

15.7. Gidroakkumulirleýän elektrostansiýalar (GAES)

Gidroakkumulirleýän (suw ýygnaýan) elektrostansiýalar diýlip, elektroenergiýa talabyň azalýan wagtynda (mysal üçin, gijesine) suw sorujynyň kömegi bilen suwy aşaky howdandan ýokarky howdana guýduryp, beýleki elektrostansiýalaryň öndürýän artykmaç energiýasyny ýygnaýan we elektrik ulgamlarynda energiýanyň birden has köp talap edilýän sagatlarynda, ätiýaçlyk üçin ýygnaýan suwuň potensial energiýasyny elektrik energiýa öwürýän (suw ýokarky howdandan suw ýygnaýan elektrostansiýanyň turbinasynyň üstünden aşaky howdana akdyrylýar) gidroelektrostasiýa aýdylýar. Elektrostansiýanyň bu görnüşü topografik nukdaýnazardan akymy gije-gündizlik sazlaýan howdany gurmak üçin gerek bolan şertleriň bolmadyk ýerlerinde giňden ulanylýar. Suw ýygnaýan elektrostansiýanyň gurluşynyň çyzgysy 106-njy suratda görkezilen.



106-njy surat. Gidroakkumulirleýän elektrostansiýalar aşadaky böleklerden ybarat:

1 – ýokarky howdan; 2 – basyş emele getirýän howuz; 3 – basyş emele getirýän suw geçiriji;
4 – maşyn üçin jay; 5 – aşaky howdan; 6 – suw sorujy; 7 – dwigatel-generator; 8 – turbina

Suw ýygnaýan elektrostansiýalar ýokarky howdany suwdan doldurmak üçin gijesine ulanylmaýan suw energiýasyny alyp we ony energiýanyň has köp sarp edilýän sagatlarynda berip, energiýa ulgamynyň iş grafigini tekizleýärler. Şeýlelikde, ol energiýany wagt içinde täzeden paýlaýar. Suw ýygnaýan elektrostasiýa işlände ulanylýan energiýanyň 25-30%-i ýitýär. Şonuň bilen birlikde, suw ýygnaýan elektrostansiýany gurmak aşadaky sebäpler boýunça ykdysady taýdan amatly bolýar.

Olar esasy ýylylyk elektrostansiýalar (ÝES) bilen deňeşdireniňde, ýangyjy 1,5 esse köp ýakýan gaz we bug bilen işleýan turbinaly elektrostansiýalary energiýa ulgamyndan gysyp çykarýarlar, netijede, esli möçberde ýangyç tygşytlanylýar.

Suw ýygnaýan elektrostansiýalaryň hasaplanyşy edil akymy gije-gündizlik sazlaýan howdanyňky ýaly, ýagny elektrostansiýa düşýän energiýanyň ýüküniň gije-gündizlik grafigi anyklanylýar we ýygnanmaga degişli energiýanyň möçberi aýdyňlaşdyrylýar. Basyşy we suw sordurylandaky ýitgileri bilip, suw sorujy stansiýanyň gerek bolan kuwwatlylygyny we akymy sazlaýjy howdanyň göwrümini kesgitleýärler. Soňra energiýanyň iň köp sarp edilýän sagatlarynda, sazlaýjy howdanyň ýetmeýän kuwwatlylygyň üstüni ýetirip bilijilik ukyby barlanylýar.

1 *kwt* energiýany öndürmek üçin sarp edilýän maýa goýumlaryň we hyzmat edýän işgärleriň sanynyň azlygy gidroakkumulirleýän elektrostansiýanyň artykmaçlygydyr. Olar uly derýalaryň bolmagyny talap etmeýärler. Beýleki energiýa çeşmeleri bilen deňeşdireniňde olar töwerekdäki gurşawa az täsir edýärler. Bu gidroelektrostansiýalaryň ýene-de bir amatlylygy bolýar, ol hem ýokarky howdany gurmak we ony suwdan doldurmak üçin zerur topografik şertleriň bolan islendik ýerlerinde ýerleşdirmek bolýar. Eger-de şol ýerde ýokarky howdanyň göwrümi ýaly göwrümlü aşakdaky howdany hem gurmak mümkinçiligi bar bolsa, onda şol bir suwy ulanyp bolýar. Diňe onuň üstüne bugarma we ýere siňme zerarly bolýan suw ýitgilerini goşmaly.

Eger-de suw ýygnaýan ýokarky howdan beýik ýerde ýerleşmedik bolsa, onda suw sorujynyň kuwwatlylygy ýokarky howdandaky suwuň derejesine bagly bolýar. Şonuň üçin hem howdanyň dolmagynyň we boşamagynyň suw energetik hasaplamasy, gidrostansiýaly howdany hasaplamagyň usullary boýunça ýerine ýetirilýär. Gidroakkumulirleýän elektrostansiýalaryň netijeliligi esli derejede ulanylýan basyşyň ululygyna bagly bolýar: basyş näçe uly bolsa, şonça-da suw ýygnaýan elektrostansiýa netijeli işleýär, bu, ilkinji nobatda, howdanlaryň göwrümleriniň azalmagy bilen baglanyşykly bolýar. Mysal üçin, suw ýygnaýan elektrostansiýalary gurmak sarp edilýän maýa goýumlary basyş 100 *m*-den 500 *m*-e çenli köpelende 20-25% pese düşýär.

Häzirki döwürde gidroakkumulirleýän elektrostansiýalar dünýäniň köp ýurtlarynda, aýratyn-da energiýa çeşmesiniň ýetmezçilik edýän ýerlerinde giňden ulanylýar we gitdigiçe kämilleşdirilýär. Şol bir maşynlary we enjamlary ýokarky howdana suw ýygnamak we ony elektroenergiýanyň çeşmesi hökmünde ulanmak boýunça üstünlikli synaglar geçirilýär.

XVI BAP

AKYMY GÄMI GATNAWY WE BAŞGA MAKSATLAR ÜÇİN SAZLAMAK

16.1. Akymy gämi gatnawy üçin sazlamak

16.1.1. Ulanylýan usullar

Belli bolşy ýaly, derýalarda gämi gatnawy üçin suwuň ýeterlik çuňlugyny üpjün etmekde aşakdaky esasy usullar ulanylýar:

- 1) derýanyň düýbünü çuňlaşdyryş işleri (gum çykarma);
- 2) derýany göneldiş işleri;
- 3) akym sazlamak (goşmaça çeşme);
- 4) şlýuzleme.

Ilkinji üç usul derýanyň iýmitlenme şertlerine baglylykda örän çäklendirilen peýda berýär, dördünji usul bolsa derýanyň akymy az bolan ýagdaýda-da suwuň çuňlugyny has artdyrmaga mümkinçilik berýär, şonuň üçin hem bu usul beýlekilerden has amatly hasap edilýär. Ýöne derýa ulgamynda beýleki usullar hem şol sanda akymy sazlamak ýoly bilen derýalaryň goşmaça suw çeşmesini ulanmak usuly giňden ulanylýar. Ondan başga-da derýalarda, mysal üçin, Garagum derýasynda örän uly howdanlaryň gurulmagy (Garaşsyzlygyň 15 ýyly, Hanhowuz we ş.m.) az suwly döwürde aşaky býefe goşmaça suw akdyrmak ýoly bilen howdandan aşakda gämi gatnawynyň gowulandyrmaga mümkinçilik berýär. Iň soňky çişgin dörediji desgadan aşakda ýerleşen derýa bölekleri üçin, goşmaça suw çeşmesi gämi gatnawy üçin çuňlugy köpeltmegiň (gum çykarmak we hanany göneltmek bilen bir hatarda) esasy usullarynyň biridir. Goşmaça suw çeşmesi aýratyn, şeýle hem hana göneldiji we düýbi çuňladyjy işler bilen bilelikde ulanylýar. Soňkular, adatça, az suwly döwrüň iň pes suw derejesi üçin hasaplanman, az suwly döwrüň haýsy hem bolsa bir ortaça suw derejesi üçin hasaplanylýar we şonuň üçin hem goşmaça suw çeşmesi olaryň netijeliligini has doly ulanmaga mümkinçilik berýär.

Alymlar dünýäniň dürli derýalarynda gurlan howdanlaryň goşmaça suw çeşmesine edýän täsirini seljerip, aşakdaky netijä gelýärler: 1) aşaky býefe akdyrylýan suwuň täsiri uly aralyklara ýaýramaýar; 2) goşmaça suw çeşmesini ulanmak ýoly bilen derýanyň çuňlugyny uly möçberde köpeldip bolmaýar we has uly çuňluklary almak üçin bolsa örän uly göwrümlü howdanlary gurmaly bolardy. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň derýanyň çuňlugyny artdyrmaga çäklendirilen täsir etmegi, suwuň derejeleriniň we suwuň mukdarlarynyň arasyndaky adaty baglanyşykdan gelip

çykýar. Üýtgemeyän eňňitlikde parabola meňzeş kesigiň prizma görnüşli hanasy üçin aşakdaky ýaly gatnaşyk bolýar:

$$Q = K_1 h^{13/6} \sim K_1 h^2,$$

bu ýerden

$$h = K \sqrt{Q},$$

ýagny çuňlugy 2 esse artýrmak üçin suwuň mukdaryny 4 esse köpeltmeli. Şonuň üçin hem derýanyň akýan ugry boýunça aşaklygyna suwuň tebigy mukdarynyň köpelmegi bilen aşaky býefe akdyrylýan suwuň täsiri örän az duýulýar we tiz wagtdan soň duýulmaýar. Şol bir wagtda aşaky býefe akdyrylýan köp suw mukdarlaryň, suwuň derejesiniň we tizliginiň howdanyň ýanynda gerek bolmadyk ýokarlanmagyna alyp gelmekleri mümkin. Şol sebäpli goşmaça suw çeşmesini giňden ulanmak üçin derýanyň goşantlarynda ýerleşen howdanlaryň ulgamyny döretmeli, mümkin boldugyça, iň soňky goşantdan daş bolmaly däl.

16.1.2. Howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny hasaplamak

Howdanlary iýmitlendirýän suw çeşmeleriň göwrümini we düzgünini kesgitlemek üçin öňünden howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň hasaplama grafigini gurmaly. Hasaplama grafik derýanyň sazlanýan böleginde ýerleşýän gidrometrik stansiýalaryň we gözegçilik nokatlaryň maglumatlary boýunça gurulýar; derýanyň gämi gatnawy üçin amatsyz bolýan böleklerinde suw ölçenýän gözegçilik nokatlaryň bolmadyk ýagdaýlarynda, şeýle hem bakenşikleriň suwuň çuňlugyny ölçän maglumatlary ulanylýar ýa-da çuňluklary nazary usul boýunça alýarlar, onuň üçin goňşy suw ölçenilýän gözegçilik nokatlaryň arasyndan suw ýüzüniň pursat profillerini (kesiklerini) gurýarlar. Şu maglumatlar boýunça derýanyň her bir pes çuňlukly bölekleri üçin, her bir aýratyn ýyl üçin, mümkin boldugyça, uzak döwür üçin çuňluklaryň hronologik grafigi gurulýar (107-nji surat). Şu grafikde berlen çuňlugyň h_0 çyzygy geçirilýär, şeýlelikde, her bir wagat pursaty üçin çuňluklaryň talap edilýän köpelmesi Δh kesgitlenilýär. Edil şol grafikde iň ýakyn gidrometrik stansiýalaryň maglumatlary boýunça tebigy suw mukdarlaryň Q hronologiki grafigi gurulýar. Bir wagtdaky suwuň derejelerini we suwuň mukdarlaryny deňeşdirip derýanyň her bir pes çuňlukly bölegi üçin $Q = f(H)$ ýa-da $Q = f(h)$ baglanyşyk egri çyzygyny gurýarys we şol egri çyzyk boýunça berlen Δh -y almak üçin gerek bolan goşmaça suw mukdarlaryny ΔQ kesgitleýärlär.

Howdanyň birnäçe ýalpak bölekleri hyzmat edýänligi we olaryň içinden haýsy biriniň has kyn şertlerde boljakdygyny öňünden kesgitläp bolmaýanlygy sebäpli, şeýle gurluşlary ýalpaklygynyň her biri üçin ýerine ýetirýäris we q-yň hasaplama grafigi

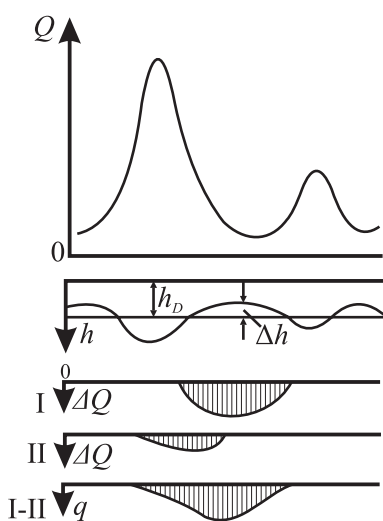
hökmünde şeýle birini kabul edýäris, onuň ordinatasy her bir aýratyn ýalpaklyk üçin grafikleriň ordinalarynyň in ulusyna deň bolmaly (107-nji surat, aşakdaky grafik).

Şeýle grafikler her bir ýyl üçin bar bolan ýagdaýda, adaty hasaplama düzgünlerden ugur alyp, derýanyň goşmaça iýmitlenmesiniň hasaplama grafigini (hakyky az suwly ýyl boýunça, berlen üpjünçiligiň galp ýyly boýunça we ş.m.) gurmak bolýar. Netijede, şu soňky grafik we howdana gelýän akymyň grafigi boýunça howdanyň göwrümini we iş düzgünini hasaplaýarys.

Howdandan aşaky býefe suw az mukdarda akdyrylyp başlanýar, soňra derýanyň ýalpak böleginde çuňlugyň peselmegi bilen suwuň mukdary köpeldilýär.

Şunuň ýaly şertlerde derýanyň akymyny üýtgemeyän we durnukly hasap etmek bolýar, goşmaça hasaplamalary ýerine ýetirmek zerurlygy bolmaýar.

Aýratyn az suwly ýyllarda gäminiň gatnaýan döwründe berlen çuňluklary saklamak üçin howdandaky suw ätiýaçlygynyň ýetmezligi mümkin. Şeýle ýagdaýyň boljakdygyny önünden bilip, howdanyň suw ätiýaçlygyny doly ulanman, aşaky býefe suw akdyrmagy togtadýarlar we galan suw ätiýaçlygyny derýanyň pes suwly böleklerinde toplanan gämileri barmaly ýerlerine ýetirmek üçin sarp edýärler. Şu gysga wagtlyk aşaky býefe suw akdyrmagyň netijeliligi derýanyň uzynlygy boýunça birden azalýar, sebäbi aşaky býefe gysga wagtlyk akdyrylýan suw derýanyň hanasynda ýaýrap, çuňlugy artdyrmaga mümkinçilik bermeýär.



107-nji surat. Gämi gatnawynyň çuňluklaryny artdyrmak üçin aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny kesgitlemek

16.2. Akymy sazlamagyň beýleki görnüşleri

16.2.1. Suw üpjünçiligi we suwlulandyryş üçin akymy sazlamak

Uly şäherleri, şäherçeleri we obalary, şeýle hem senagat merkezlerini suw bilen üpjün etmek, suwaryş we suw energiýasyny ulanyş pudaklary bilen bir hatarda, akymy sazlamaga örän güýçli talap bildirýär. Beýle diýmek, akym şu görnüşde sazlananda üpjünlik göterimiň örän uly kabul edilýändigini aňladýar: adatça, ol 95-97 % kabul edilýär, aýratyn jogapkärli ýagdaýlarda bolsa ol 98-99%-e ýetýär.

Suw üpjünçiligi üçin akym sazlananda suwuň hiline hem ýokarlandyrylan talap bildirilýär, mysal üçin, suwuň duzlulygyna, duzlaryň düzümine, aýratyn-da, suwuň

organiki maddalar, bakteriýalar bilen hapalanmagyna uly üns berilýär. Suwuň hiline degişli birnäçe sanitar düzgünler we talaplar bar. Suwuň hilini çäklendiriji düzgünleri howdanlara taslama düzülende, aýratyn-da howdanyň hemişelik göwrümi HG we hemişelik göwrümiň suw derejesi *HGD* belenlenilende hökman hasaba almaly. Suw üpjünçiligi üçin akymy gije-gündizlik, pasyllyk we köpýyllyk sazlamagyň suw hojalyk hasaplamalarynyň (beýleki pudaklaryňky ýaly) aýratyn üýtgeşikligi ýok. Suw üpjünçiliginde suw sarp etmäniň normasy we grafikleri suw üpjünçiligi dersinde berilýär, şonuň üçin hem olar barada ýazylmady. Oba hojalyk ýerleri suwluandyrmak üçin uly bolmadyk howdanlary (howuzlary) taslamagyň we gurmagyň aýratynlyklary barada oba hojalyk suw üpjünçiligi diýen dersinde ýazylýar.

16.2.2. Ilatly ýerleri kommunal we sanitar taýdan abadanlaşdyrmak üçin akymy sazlamak

Ilatly ýerleri abadanlaşdyrmagyň esasy meseleleriniň biri şol ýeriň çäğinden akýan kiçijik derýajyklary abadanlaşdyrylan görnüşe getirmekden ybaratdyr. Bu derýajyklaryň öz tebigy ýagdaýlarynda çuňlugynyň peselmegi, hapalanmagy we ot basmagy zerarly sanitar nukdaýnazardan örän ýakymsyz we hatda saglyk üçin howply bolmaklary hem mümkin. Şeýle derýajyklary abadanlaşdyrmak iki ugur boýunça alnyp barylýar:

1) ýapyk nowhanalary gurmak, ýagny derýajyklar açyk akym görnüşinde bolmaz ýaly edilýär;

2) olary suwluandyrmak, ýagny olarda suwuň derejesini, suwuň mukdaryny we tizligi ýokarlandyrmak, şeýle hem käbir ýagdaýlarda bu akymlyary gämi gatanawy üçin ulanmak mümkinçiligi bolmagy mümkin.

Suwuň derejesini ýokary galdyrmagy şäherden aşakda gurlan bendiň kömegi bilen suwy çişirmek ýoly bilen amala aşyrmak bolýar. Ýöne şeýle çişirilen býefde ýeterlik akym bolmadyk ýagdaýynda şäheriň çäginde suwuň çykalgasyz hapalanmagy sebäpli derýanyň kesel ýaýradyjy çeşme bolmagy hem mümkin. Şonuň üçin hem çişgin bolan ýagdaýynda ýa-da onuň bolmadyk ýagdaýynda suwuň mukdaryny köpeltmek meselesi ýüze çykýar, ol meseläni başga bir suw çeşmesinden suw getirmek ýa-da derýanyň öz akymyny sazlamak ýoly bilen çözmek bolýar. Derýanyň öz akymy sazlananda şol bir wagtda şäheriň çäginde joşgunyň garşysyna göreşmek meselesi hem (suw joşgunynyň ýokary derejesini peseltmek ýoly bilen) çözülýär.

Ýokarda görkezilen wezipäni ýerine ýetirýän howdany hasaplamak, ýylyň az suwly döwründäki gerek bolan suwuň iň az mukdaryny anyklamakdan, aşaky býefe goşmaça akdyrylýan suwuň mukdaryny kesgitlemekden we howdanyň peýdaly göwrümini hasaplamakdan ybarat.

Akymy sazlamak ýoly bilen akymyň akýş tizligini güýçlendirmek çybynyň kesel ýaýratmagynyň garşysyna göreş çäreleriň esasyalarynyň biri bolup biler. Tejri-

bäniň görkezmegine görä kesel ýaýradyjy çybynyň garşysyna göreşmekde akymyň üýtgeýän düzgüni, ýagny suwuň derejesi döwürleýin üýtgäp duranda (beýgelip we peselip) has gowy peýda berýär. Muny şeýle düşündirýärler: çybynyň liçinkalary guranda-da ýa-da liçinkalaryň taşlanan zatlary (esasan, suw ösümlikleri) çuň suwuň aşagynda galanda-da ölýärler. Suw derejesiniň üýtgäp durmagynyň gerek bolan gerimi we dowamlylygy ýerli şertlere bagly bolýar we belli bir netijä gelmek üçin hünärmen epidemiologlar bilen maslahatlaşmaly.

XVII BAP

HOWDANLARY ULANMAK WE OLARA GÖZEGÇILIK ETMEK

17.1. Howdanlary ulanmak boýunça gullugyň wezipeleri

Howdany ulanmak ýörite gulluk tarapyndan amala aşyrylýar. Howdany ulanýan gullugyň wezipeleri we guramaçylyk işleri bolsa howdanyň ölçegine, ýerleşişine we maksadyna baglylykda uly gerimde üýtgäp durýar. Şol sebäpli howdany ulanýan gullugyň belli bir umumylaşdyrylan usulyny teklipl etmek mümkin däl. Biz hemme uly we dowamly (ýyllyk ýa-da köpýyllyk) sazlanýan howdanlar üçin umumy bolan howdany ulanýan gullugyň esasy wezipelerine seredip geçeris.

Howdany ulanmagyň umumy wezipelerine degişliler: her ýylky operatiw meýilnamalary düzmek we ýerine ýetirmek; dispetçer grafikleri berjaý etmek; howdanlara we desgalara gözegçilik etmek; kenarlaryň üýtgemegine, howdanyň gömülmegine, howdandaky we aşaky býefdäki buz hadysalaryna gözegçilik etmek; buzy we beýleki suwdaky ýüzýän jisimleri suw akdyryjy desgalaryň üsti bilen aşaky býefe geçirmek, ýeňil bejeriş işlerini ýerine ýetirmek, joşgunyň garşysyna göreşmek çärelerini geçirmek; suw deňagramlylygynyň esasy düzüjilerini ölçemek we howdanyň suw ýitgilerini azaltmak çärelerini geçirmek, suw almagyň, ot basmagyň, ýaşyl-gök otlaryň çykmagynyň garşysyna göreşmek; desganyň yokarky we aşaky býeflerinde suwuň derejesine yzygiderli gözegçilik etmek; howdandaky suwy hapalamadan we azalmadan goramak we ş.m.

Howdany aýlyk, üç aýlyk, ýyllyk ulanmagyň meýilnamasy düzülende gidrologik çaklamalaryny ulanýarlar, olar boýunça howdana geljek suwuň, takmynan, möhletini we möçberini hasaplaýarlar. Akymy sazlamagyň görnüşine baglylykda çaklamanyň näçe wagt önünden berilmegi we onuň wagt aralyklary boýunça takylanmagy, şeýle hem anyklygy uly gerimde üýtgeýär.

Akym gije-gündizlik sazlananda gelýän akyma sagat boýunça çaklama düzülýär, pasyllyk (ýyllyk) sazlananda sarp etmäni üpjün etmek üçin öňdäki az suwly döwrüň suwlulygyna çaklama düzmek talap edilýär. Az suwly ýyllaryň köp suwly döwründe belli bir göwrümi doldurmak uly ähmiýete eýe bolýar, şonuň üçin hem onuň göwrümine çaklama düzülýär.

Köp suwly ýyllarda howdan ulanylanda aşaky býefe suw akdyryjy desgalaryň üstünden iň köp suw mukdaryny geçirmekde uly kynçylyklar ýüze çykýar. Iň köp suw mukdarlaryň çaklamasy suwy aşaky býefe akdyrmagyň tertibini, howdanyň göwrüminiň gowzamaşygy meýilnamalaşdyrmaga mümkinçilik berýär.

Türkmenistanyň esasy kanunyna we “suw hakyndaky” bitewi kanunyna laýyklykda hemme suwlar döwlet eýeçiligine degişlidir. Türkmenistanda häzirki we geljek nesilleriň bähbidini goramak maksady bilen ýeri we onuň baýlyklaryny, suw serişdelerini, ösümlik we haýwanat dünýäsini goramak we aýawly ulanmak, howdany we suwy arassa saklamak, tebigy baýlyklaryny artdyrmak we adamyň ýaşaýyş şertlerini gowulandyrmak üçin hemme gerek bolan çäreler amala aşyrylýar.

Howdany ulanmak boýunça gulluk howdana gelýän we ondan alynýan suwuň hasabyny ýöredýär. Howdandan alynýan suwuň mukdaryny, şeýle hem hapa suwlaryň hilini ölçemek üçin gidrotehniki desgalarda gerek bolan abzallary ýerleşdirýär. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň himiki düzümini kesgitleýär. Bellenen tertipde howdana çendenaşa köp goýberilýän hapa suw barada, şeýle hem howdandan suw almak we artykmaç suwy aşaky býefe akdyrmagyň tertibiniň bozulýşy barada degişli edaralara habar berýär.

Howdanlar ulanylanda gidrologik hasaplamalar bilen bir hatarda, akymy sazlamak boýunça hem hasaplamalar geçirilýär. Dürli wagt aralyklary üçin ýyllyk operatiw meýilnamalar düzülende häzirki gidrometerologik şertlere baha berilýär we şonuň esasynda ýazdaky köp suwly döwrüň, tomusky-güýzki az suwly döwrüň şertleri üçin akyma çaklama düzülýär; taslamalara gerek bolan düzedişleri girizmek üçin ýagys joşgunynyň bolaýjak wagty anyklanylýar.

Akymy sazlamagyň howdany ulanyş boýunça hasaplamalary öň geçirilen gözegçilik maglumatlaryň esasynda ýerine ýetirilende hemme ilkinji şertler we sazlanýş wariantlary, suwarylýan meýdanyň ölçegi ýa-da elektrostansiýanyň kuwwaty, howdanyň häsiýetlendiriji ululyklary belli bolýar. Häzirki ýylyň akymy sazlananda bolup biläýjek netijelere baha bermek talap edilýär.

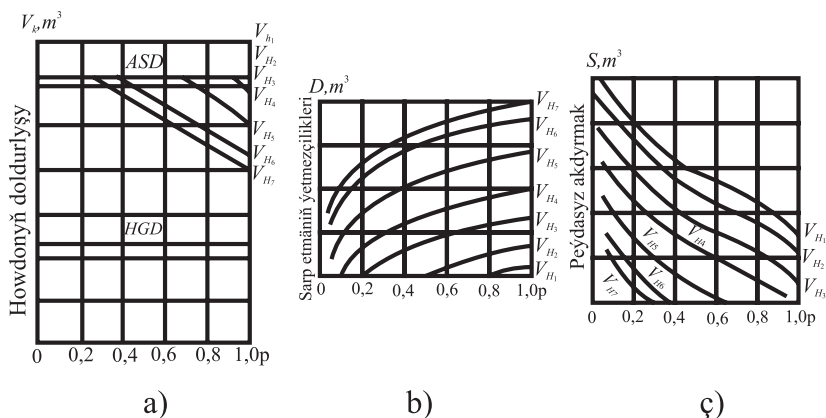
Howdanyň ulanylýan döwründe ony has peýdaly ulanmak üçin A.D.Saweren-skiý akymy sazlamagyň hasaplamalarynda ähtimal wariantlar usulyny ulanmagy maslahat berýär. Onuň üçin ýylyň dowamyndaky dürli häsiýetli döwürlerde bolaýjak suw hojalyk ýagdaýlary kabul etmeli. Suw hojalyk ýagdaýlaryň wariantlary şol döwürde howdanyň bolup biläýjek başlangyç doldurylmalaryny we geljek döwrüň dürli suwlulygyny öz içine alýar. Şonuň bilen birlikde, başlangyç doldurylma diýlip, diňe howdanyň bütin göwrüminiň bölünen birnäçe aralyklarynyň or-

taça ululygy kabul edilýär, suwlulyk bolsa dürli üpjünlikli akym görnüşinde (meselem, 1,3,10,25,50,75, 90,97,99% üpjünlikli) kabul edilýär.

Bolup biläýjek başlangyç doldurylmanyň we geljekki akymyň her bir utgaşmasy üçin tablisa-san usul bilen suw hojalygyň netijelerini (suw sarp etmäni, energiýa sarp etmäni, howdany doldurmany, suwy aşaky býefe akdyrmany) ýüze çykarýarlar.

Grafigi şeýle gurýarlar: kese ok boýunça üpjünligi goýýarlar, dik ok boýunça bolsa sarp etmäni, howdany doldurmany, suwy aşaky býefe akdyrmany.

Grafigiň alnan nokatlarynda, olaryň laýyk gelýän başlangyç doldurmalaryny belleýärler. Nokatlaryň üstünden geçirilen akymy sazlamagyň garaşylýan netijeleriniň şertli üpjünlik egri çyzyklaryna A.D. Sawerenskiý suwy sarp etmäniň, howdany doldurmanyň, suwy aşaky býefe akdyrmanyň “çaklanan” egri çyzyklary diýýär (108-nji surat).



108-nji surat. Çaklama üpjünlik egri çyzyklary:

*a – ahyrky doldurmalaryňky; b – sarp etmäniň ýetmezçilikleriniňki;
ç – suwy aşaky býefe akdyrmanyňky*

Çaklama egri çyzyklaryň bolmagy howdanyň ulanylyan döwründe gerek bolan çäreleri öz wagtynda geçirmäge, akymy sazlamagyň düzgünini dogry saýlap almaga ýardam edýär.

Suw, suw sorujynyň kömegi bilen beýik ýerlere galdyrylanda howdanyň doldurylyş şertlerine baglylykda suw sorujy stansiýalaryň işledilmegi we işledilmezligi ýörite düzgünler bilen sazlaşdyrylýar. Her ýyl nowhanalaryň açylyşynyň hakyky möhleti we hojalyga suw berilip başlanýan ilkinji möhletler anyklanylýar.

Howdanyň ulanylyan döwründe tassyklanan meýilnama laýyklykda howdandan suw almak işlerini nobatçy dispetçer ýerine ýetirýär, ol suw hojalyk meýilnamanyň ýerine ýetirilmegine jogap berýär. Suw serişdeleri toplumlaýyn ulanylyan şertlerde, suw düzgünlerini dolandyrmak dispetçer tarapyndan sazlanýan düzgüni berk berjaý etmek bilen üpjün edilýär, ol düzgün taslama düzülende işlenip taýýarlanylýar we howdanyň iş şertleri ýa-da suw talap edijileriň düzümi üýtgände, şeýle

hem howdany ulanyş tejribäniň artmagy bilen takykklanýar. Dispetçer düzgünlerini diňe Türkmenistanyň Suw hojalyk ministrliginiň rugsady bilen üýtgedip bolýar.

Häzirki we geljekki döwürlerde howdany suw hojalygynda ulanmagyň meýilnamasynyň häsiýetlendirijilerine degişliler: suw üpjünçiligine we suwaryşa kepillendirilen suwy bermek; gämi gatnawy, sanitar we beýleki maksatlar üçin desgadan aşaky býefe suw akdyrmak.

Meýilnamanyň ýerine ýetirilmegi ýylyň dowamynda howdanda suw ätiýaçlygynyň bolmagyna, häzirki akyp gelýän akymyň möçberine ýa-da geljekki döwür üçin düzülen gidrologik çaklamanyň takyklygyna bagly bolýar. Käbir desgalaryň işiniň çäklendirilmegi desgalaryň howpsuzlygynyň we ýykylman galmaklygynyň, howdanyň gömülmeginiň garşysyna göreşmegiň talaplary zerarly ýüze çykýar.

Käbir howdanlar üçin dürli şertlere baglylykda desganyň üstünden aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlary çäklendirilýär. Bu çäklendirme, esasan, gämi gatnawynyň şertleri boýunça akymy gije-gündizlik we hepdelik sazlamagyň gerimlerine, sanitar, gämi gatnawy, balyk hojalygy we beýleki şertler boýunça howdanyň boşamagynyň çuňluklaryna ýa-da depginine bagly bolýar.

Derýa akymynyň ugry boýunça aşakda ýerleşen senagat we kommunal hojalyklara suw almagy bökdençsiz üpjün etmek üçin sanitar maksatlar üçin geçirilýän suwuň, şeýle hem aşaky býefe akdyrylýan suw mukdarlaryň düzgünini berjaý edýärler. Gämi gatnawynyň düzgünine akymy hepdelik we gije-gündizlik sazlamak täsir edýär.

17.2. Howdanlara gözegçilik etmek

Suw howdanlaryny ulanýan gullugyň işgärleri gollanmalaryň we görkezmeleriň esasynda howdana we oňa degişli desgalara (bende, agyzýapylara, gaçylara we başgalara) yzygiderli gözegçilik edýärler, şeýle hem howdana gelýän we ondan alynýan suwuň hasabyny ýöredýärler.

Gözegçilikleriň netijesinde wagtyň islendik döwri üçin howdana gelýän we ondan sarp edilýän suwuň deňagramlylygy anyklanylýar.

Ýokarky býefiň gidrometrik desgalary bilen howdanyň häsiýetlendirijileri baglanyşdyrylýar. Gidrometrik we gidrometeorologik hyzmatlar üçin gözegçilik nokatlaryň we stansiýalaryň sanyny taslama düzülende belleýärler we howdanyň ulanylýan döwründe takyklaýarlar. Habar beriji gözegçilik nokatlaryň ýerleşşi howdanyň görnüşine we ölçegine bagly bolýar. Hemme gidrologik gözegçilik nokatlary üçin grafiğiň nolunyň belligi umumy bolsa gowy bolýar.

Esasy gidrometrik desgalara suwuň howdana gelýän ölçeg kesigindäki özi ýazýan abzal bilen üpjün edilen gidrologik gözegçilik nokady, derýanyň goşantlarynyň gözegçilik nokatlary degişli.

Wagtyň her bir döwründäki göwrüm baradaky maglumatlary howdanyň suw derejesiniň ortaça ululygy boýunça kesgitleýärler. Uzynlygy uly bolan howdanlarda, onuň uzaboýuna kesigini ölçemäge mümkinçilik berýän birnäçe gözegçilik nokatlar gurulýar. Hidrologik gözegçilik nokatlaryň biri aşaky býeň suw derejesini we suw mukdaryny ölçemek üçin gurulýar.

Howdandan sarp edilýän suwuň mukdary takyklygy barlanan desgalaryň ýa-da desgalarada oturdylan suw ölçeýji abzallaryň kömegi bilen hasaba alynýar.

Uly howdanlarda gidrologik we meteorologik gözegçilikler Türkmenistanyň Ministrler Kabinetiniň ýanyndaky gidrometeorologiýa baradaky Milli Komuteta degişli gidrometeorologik gullugy tarapyndan amala aşyrylýar.

Diňe bir hojalygyň bähbidi üçin ulanylýan kiçi howdanlarda, howdan boýunça hemme maglumatlary umumylaşdyrmagy howdany ulanmak bilen meşgullanýan edaralar alyp barýarlar.

Maglumatlary toplamak we gerek ýerine habar bermek üçin howdanlar aragatnaşyk serişdeleri bilen üpjün edilýär. Howdany dolandyryýan edaralar esasy suw sarp edijiler bilen iki taraply aragatnaşykda bolýarlar. Uly howdanlarda döwlet edaralaryna howdanyň işi we bolaýjak üýtgeşiklikler barada öz wagtynda habar bermek üçin ýörite habar beriji ulgamlar gurulýar.

Uly howdanlarda artykmaç suwy we joşguny geçirmegiň tertibi, şeýle hem suwuň derejesiniň peselip howdanlaryň iş düzgüni üýtgände, howdanyň kenarýaka zolagynda we suw desgalarynyň utgaşmasyndan (gidrouzelden) aşakda ýerleşen ilatyň we önümçiligiň dürli pudaklarynyň bähbidine täsir ýetirilýär. Eger-de gidrouzeliň göz önünde tutulan iş düzgünini üýtgetmegi talap edýän we esasy desgalaryň abatlygyny howp astynda goýýan garaşylmadyk ýagdaý ýüze çykaýsa, howdanyň ulanylmagyna jogap berýän adamlar döwlet edaralaryna habar ýetirmeli. Ilaty aşaky býefe akdyryljak joşgun suwlaryndan goramak üçin howdandan aşakda ýerleşen etraplaryň edaralaryny habarly etmeli.

Howdany ulanmak bilen meşgul bolýan edaralar suw deňagramlylygyna gözegçilik edýärler. Suw deňagramlylygyň girdejili bölegi ygaly, howdana ýeriň üsti we asty bilen gelýän suwlary öz içine alýar. Çykdaýly bölek bolsa önümçilik maksatlar üçin alynýan suwdan, ýere siňýän suwdan, bugarmadan, ýeriň asty bilen akyp gidýän suwdan we aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdarlaryndan ybaratdyr.

Ýere siňýän suwy hasaba almak we oňa gözegçilik etmek desgalaryň, bentleriň we gaçylaryň abatlygyny üpjün etmek üçin gerek bolýar. Gözegçilikleriň düzümine desganyň dürli böleginde suwuň derejelerini ölçemegi goşýarlar. Ýere siňýän suwlaryň ýeriň yüzüne çykyýan ýerinde bent gädiklerini oturdýarlar. Howdanyň gömlüşine yzygiderli gözegçilik edýärler. Gömülmegiň garşysyna göreşmek maksat bilen joşgunlary howdanyň suw derejesiniň pes wagty geçirýärler, howdana ýygnanan suwy bolsa aşaky býefe düýpki suw akdyryjy deşigiň üstünden geçirýärler.

Howdanyň gömülmegi bilen çişginiň egri çyzygy akym boýunça süýşýär we howdanyň batigrafik egri çyzygy $V = f(H)$ täzedden gurulýar.

Her ýyl köp suw geçenden soň ýa-da kesgitlenen möhletlerde meýdan we göwürüm egri çyzyklaryny takyklaýarlar, olar kenarlaryň täzedden işlenip düzülmegi, süýşgün, gömülme we suw ösümlükleriniň guramaklary sebäpli üýtgeýärler. Köplenç, meýdan köpeliýär, howdanyň ortaça çuňlугy azalýar.

Howdany ulanýan gulluk gyşyna buzuň emele gelmegi netijesinde desganyň zyýan ýetiriläýjek böleklerini goramak boýunça çäreleri geçirýärler, desgaldaky gözenekleriň we agyzýapylaryň doňmaklarynyň garşysyna göreşýärler.

Suwuň hilini saklamak üçin sanitar çäreler geçirýärler. Her bir howdanda, sanitar gözegçilik guramalary tarapyndan bellenen ölçeg kesikde yzygiderli gözegçilikler geçirilýär we suwuň hilini barlamak boýunça tejribe işleri alnyp barylýar. Bu gözegçilikleri howdany ulanýan gulluk ýerine ýetirýär. Howdanyň sanitar ýagdaýy boýunça umumy barlagy ýurdumyzyň sanitar gözegçilik gullugy amala aşyrýar.

Uly howdanlarda toplumlaýyn gidrologik, gidrogeologik, gidrohimik, gidrobiologik, ihtilogik ylmy barlag işlerini geçirýärler. Ýeliň tolkunynyň döremegine we kenarlaryň täzedden emele gelmegine, howdanyň töweregindäki tebigy şertlere edýän täsirini öwrenýärler.

17.3. Howdanyň töwerekdäki tebigy gurşawa täsiri

Howdanlaryň halk hojalygy üçin ähmiýeti örän uludyr. Onuň ähmiýeti geljekde has hem artar, sebäbi ýurdumyzda täze howdanlary gurmak we öňki gurlanlaryň durkuny täzelemek göz önünde tutulýar. Şonuň bilen birlikde, howdanlar döredilenden soň, olar giden giň meýdana öz täsirini ýetirip, tebigy şertleri özgerdýärler. Howdanlaryň döredilmegi netijesinde ýüze çykan ýagdaýlar diňe bir töwegindäki hojalyklaryň tebigy şertlerine täsir etmän, eýsem has daşda ýerleşen hojalyklaryň hem tebigy şertlerine täsir edýärler.

Ýerleri suwa basdyrmak we ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokary galmagy. Howdanlar doldurylanda ep-esli meýdan suwa basdyrylýar. Howdanlaryň suw ýüzüniň meýdanynyň ortaça 85-90%-i suwa basdyrylan ýeriň hasabyna girýär. Şu ýerleriň esasy bölegi oba hojalykda peýdalanylýan ýerlerden ybaratdyr. Howdanlar doldurylandan soň, ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokary galan zolagy döreýär. Ýerasty suwlaryň ýokary galan zolagynyň ini kilometrler bilen ölçenilýär. Ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokary galmagynyň zyýanly netijelerine aşakdakylar: artykmaç yzgarly zolakda batgalygyň döremegi we topragyň şorlanmagy, jaýlary we desgalary suw almak, ýerleriň sanitar şertleriniň ýaramazlaşmagy we ş.m. degişli.

Howdanyň kenarlarynyň we düýbüniň täzedden düzülmegi. Ulanýlan döwürde howdanyň suw derejesiniň tiz-tizden üýtgäp durmagy, ýel sebäpli döreýän tolkunlar (uly howdanlarda olaryň beýikligi 3-4 m-e ýetýär) we kenaryň ýakasyn-

daky akymlar, kenaryň ýuwulmagyna we ýumrulmagyna alyp gelýärler. Kenaryň ýumrulmagy onlarça ýyllara çekýär. Olar kenaryň onlarça we yüzlerçe metre yza çekilmegine, suwuň aşagynda ýalpakygyny döremegine, howdanyň gömülmegine, göwrüminiň we meýdanynyň üýtgemegine alyp gelýärler.

Howdanyň täsir edýän zolagyndan ilaty göçürmek we halk hojalygynyň iş yerlerini başga ýere geçirmek. Howdanlar gurlanda, has hem uly howdanlar gurlanda, obalary, şäherleri we halk hojalygynyň iş yerlerini başga ýere göçürmeli bolýar.

Howdanyň täsiriniň ýetýän zolagyna halk hojalygynyň kärhanalarynyň (zawodlaryň, fabrikleriň, demir we awtomobil ýollarynyň, elektrogeçirijileriň we ş.m.) düşýän wagty seýrek bolmaýar.

Ilatly obalary, şäherleri, kärhanalary täze ýere göçürmek örän uly çykdaýy bilen baglanyşykly bolýar. Şol çykdaýylar hasaplananda ýykylan obalary we kärhanalary täze ýere göçürüp, öňküsi ýaly edip gurmakdan ugur alýarlar. Şol işleri amala aşyrmak üçin çykarylýan çykdaýylar suw desgalaryň utgaşmasynyň bahasynyň, takmynan, 18%-ine deň bolýar, kähalatlarda ondan hem köp bolýar.

Goşmaça suw ýitgileri. Howdanyň suw ýüzüniň meýdanyndan we edil şol meýdandan suwa basdyrylmazdan öň bolan bugarmanyň tapawudynyň hasabyna goşmaça suw ýitgileri ýüze çykýar. Olar käbir etraplarda gaýtargysyz suw sarp etmäniň umumy göwrümünde uly orna eýe bolýarlar.

Bugarmada bolýan suw ýitgileri bilen bir hatarda howdanlardan suwuň ýere siňmegi netijesinde hem suw ýitgisi bolýar. Ol ýitgiler gidrogeologik şertlere baglylykda uly gerimde (howdanyň ýyllyk göwrüminiň ortaça ululygynyň 12-36%-i) üýtgäp durýar.

Howdanlaryň balyk hojalygyna edýän täsiri. Howdanlar bilen derýa akymyny wagt we meýdan boýunça sazlamak balyklaryň ýaşaýyş we köpeliş şertlerini üýtgetýär. Howdan gurulmagy netijesinde suwuň gidrologik, ýylylyk, gidrohimik we gidrobiologik düzgünleri üýtgeýär, diýmek, balyklaryň hereket ediş, köpeliş we iýmitleniş şertleri üýtgeýär.

Suw desgalaryň utgaşmasynyň bentleri balyklaryň işbil taşlamaga gidýän ýollaryny bekleýärler. Köp suwly döwürüň dowamlylygynyň azalmagy we suw derejesiniň peselmegi sebäpli işbil taşlanýan meýdan azalýar, ol bolsa öz gezeginde, işbil taşlanýan şertlere we ýaş balyklary iýmitlendirmäge, onuň ösüşine amatsyz täsir edýär.

Aýratyn-da desganyň ýokarky we aşaky býeplerinde suw derejesiniň gijegündiziň we hepdäniň dowamynda üýtgäp durmagy balyklar üçin ýakymсыz bolýar. İşbil taşlanýan döwürde suwuň derejesi çalt ýokary galsa işbil ýuwulýar, suwuň derejesi aşak düşse guraýar. Gyş döwründe suwuň derejesiniň çalt aşak düşmegi, uly buzlar bilen balyklaryň gyşlaýan çukuryňy baglap, balyklary gyşlaýan çukuryndan wagtyndan öň gitmäge mejbur edýär ýa-da tersine, uly buzlar balyklaryň gyşlaýan çukuryňy baglaýar, ol bolsa balyklaryň köpelmegine päsgel berýär.

Howdanyň klimata täsiri. Alymlar tarapyndan geçirilen birnäçe barlaglaryň we gözegçilikleriň netijesinde howdanlaryň klimaty düýpgöter üýtgedip bilmeýändigleri subut edildi. Ýöne olaryň ýerli meteorologik şertlerine uly täsir edýändigleri anyklanyldy. Howdanlar ýazyna klimata sowadyjy, güýzüne bolsa ýyladyjy täsir edýärler. Sowadyjy täsir demirgazykda ýerleşen etraplarda gowşak, günortadaky etraplarda bolsa güýçli bolýar. Howdanlaryň täsiri arkaly kenarýaka zolaklarda klimatyň kontinentallygy peselýär: temperaturanyň hereketi birsydyrgyn bolýar, howanyň temperaturasynyň gije-gündizlik gerimi köpelýär, ýazdaky aýazlar has irki möhletlerde kesilýärler, güýzküler bolsa gijräk başlanýarlar.

Uly howdanlaryň ýerleşen ýerinde ygalyň mukdary, ýeliň tizligi we gaýtalanmagy artýar.

Çuň suwly howdanlaryň aşaky býefinde ýylylyk düzgüni ep-esli üýtgeýär. Bu has hem sowuk klimatly etraplarda mese-mälim duýulýar. Krasnoýarskiý (Russiýa) suw howdanynyň aşaky býefinde suwuň temperaturasy gysyna $1,5 - 2^{\circ}\text{C}$ ýokary, oktýabr-noýabr aýlarynda $-4-8^{\circ}\text{C}$, onsoň hem ýylydyjy täsir onlarça we yüzlerçe kilometr aralyklara ýaýraýar. Aşaky býeflerde çyglylyk ýokarlanýar, duman bolýar.

Howdanyň ösümlige we haýwanat dünýäsine täsiri. Howdanlary döretmek topragy, ösümligi we haýwanat dünýäsini düýpli özgerdýär. Howdanlar döredilende meýdanlary hemişelik suwa basdyrmak ýeriň üstündäki bar bolan hemme ösümlikleri doly guradýar. Hemişelik suwa basdyrylan ýalpak zolakda hem agaçlar we gyrymsy agaçlar doly guraýar diýen ýaly, otlar bolsa görnüşini üýtgedýärler. Türkmenistanyňky ýaly yssy klimatly ýerlerde ýerleşen howdanlaryň kenar ýakalarynda we ýalpak suwly ýerlerinde gamyşly zolaklar döreýär.

Derýanyň gidrologik düzgüniniň üýtgemegi we ýazky joşgunlaryň dowamlylygynyň we gaýtalanmagynyň azalmagy sebäpli derýanyň arnasyndaky topraklaryň häsiýetleri ýaramazlaşýar, otlaryň hasyllylyklary $1,5-2,0$ gezek kemelýär we agaçlaryň sany düýpli azalýar.

Howdanlary döretmek haýwanat dünýäsine uly zyýan ýetirýär. Howdanlaryň doldurylýan döwründe (birnäçe ýyla çekýär), çyglylyk şertleriň üýtgäp durmagy netijesinde ýaş haýwanlaryň ölmegi sebäpli olaryň birnäçe görnüşleriniň sany kemelýär. Guşlaryň birnäçe görnüşleriniň höwürtgeleri we guzlan ýumurtgalary suwuň aşagynda galýarlar, howdanyň hanasy taýýarlananda tokaýy aýyrmak işleriň netijesinde haýwanlaryň ýaşaýan ýerleri ýumrulýar. Howdanlaryň ulanylýan döwründe kenarlaryň özgermegi, şeýle hem suw derejesiniň üýtgäp durmagy haýwanlar üçin amatsyz bolýar we olary köpçülikleýin başga ýerlere gitmäge mejbur edýär.

Howdandaky suwuň hili. Howdan döredilende bütin derýa ulgamynda suw aýlanyşygyň tizligi peselýär, aşaky býefde-de derýanyň akys tizligi peselýär. Howdandaky suwuň öz-özüni arassalama ukyby peselýär, bu bolsa öz gezeginde suwuň hiliniň peselmegine getirýär.

Howdan doldurylandan soňky döwrüň başynda, aýratyn hem 2-3-nji ýyllarda toprak örtügin, gyrymsy agaçlary, ilatly obalary, mazarçylyklary we başgalary suwa basdyrmagyň netijesinde suwuň hili ýaramazlaşýar. Şol döwürde suwuň aşagynda galan zatlar çüýräp başlaýar, serewodorod ýüze çykýar, bakteriýalaryň sany köpeliýär, suwuň tagamy we reňki üýtgeýär we ş.m. Şol ýagdaýyň dowamlylygy howdanyň ölçeğine, onuň geografik ýerleşişine, ýeriň suwa basdyrylyşynyň häsiýetine, howdana goýberilýän suwy arassalamagyň derejesine we hiline bagly bolýar.

Howdanlaryň döredilmegi bilen ýüze çykýan ýaramaz ýagdaýlaryň ýene-de birine gök, ýaşyl suwlaryň köpelmegi bilen döreyän suwuň “zeňlemegi” degişlidir. Bu hadysa suwotularyň agramy 100 mg/l-den ýokary bolanda örän howply bolýar. Şeýle bolanda suwotular uly depginde gurap başlaýarlar, suwda ýakymyz tagam we ys döreyär, kislorod azalýar. Döredilen hemme howdanlaryň 30-80% meýdanynda “zeňleme” bolup geçýär.

Suwuň köp mukdarda “zeňlemegi” suw alyjy desgalaryň iş düzgünini bozýar, suwy arassalamagy kynlaşdyrýar, balyklaryň köpçülikleýin gyrylmagyna getirýär, kenarlary hapalaýar (dynç alyş şertleri ýaramazlaşýar).

Alymlar “zeňlemegiň” garşysyna göreşi iki ugur boýunça alyp barmagy maslahat berýärler:

1) howdanlaryň döredilişini üýtgetmeli. Akar hanaly häsiýetde bolup tizligi 0,1-0,2 m/s-dan az bolmaly däl, kenarlaryň egrem-bugramlygy uly bolmaly däl, mümkin boldugyça, suwuň aşagynda galýan oba hojalyk ekinleriň meýdanyny azaltmaly. Howdanlar yzly-yzyna ýerleşdirilende (kaskad görnüşinde) olaryň aralary açyk bolmaly, howdanlaryň arasynda suw erkin akmaly. Suwuň kislorod bilen doýunmak derejesini 30-40%-den az bolmaz ýaly etmeli;

2) howdana akyp gelýän organiki maddalaryň mukdaryny azaltmaly. Suwuň “zeňlemesiniň” güýçli bolup geçýän ýerine goşmaça howa goýbermegiň hasabyna okislenişini derejesini ýokarlandyrmaly. Mehaniki usul bilen howdandaky suwotulary çykarmaly.

Käbir halatlarda howdanyň döredilmegi suwuň hiline gowy täsir edýär. Mysal üçin, suwuň göwrüminiň köpelmegi, akymyň tizliginiň peselmegi netijesinde getirintgileriň çökmegi suwy arassalamak üçin amatly şertler döredýär. Ýeliň täsiri bilen döreyän tolkunlar suwuň ýokarky gatlaklaryny güýçli garyşdyryp, suwda kislorodyň köpelmegine mümkinçilik döredýär.

Howdanlaryň ýerleşen ýerleriniň daş keşbine edýän täsiri. Garaşsyz döwletleriň arkalaşygynyň (*GDA*) çäginde döredilen howdanlaryň taslamalarynda, howdanlaryň ýerleşen ýerleriniň daş keşbine edýän täsiri barada hiç zat ýazylmazdy, ýöne soňky ýyllarda käbir howdanlaryň taslamalarynda howdanyň täsiri bilen ýerleriň keşbiniň özgerişi barada az-owlak ýazylyp başlandy. Bu ýerde şeýle

geň hadysalar ýüze çykýar, howdan gurlandan soň tebigatyň göz-görtele görünüp duran özgerişlerine üns berilmändir. Bu geň-taňlygy az-kem şeýleräk düşündirmek bolar, eger-de gurlan howdanlaryň kenarlarynda dynç almak göz önünde tutulan bolsa, diňe şonda ýerleriň daş keşbine üns berilýän ekeni, ýöne gurlan howdanlaryň köpüsi şu maksat üçin az ulanylypdyr. Islendik ýer dynç almak üçin ulanylanda, ýerleriň daş keşbiniň gözelligi kesgitleýji ähmiýete eýe bolýar.

Howdan gurlanda ýerleriň daş keşbiniň özgermegine üns berilse we mümkin boldugyça howdanyň kenarlarynda dynç alynýan ýerler döredilse, örän gowy bolar.dy.

Aslynda howdanlaryň täsiri bilen ýerleriň daş keşbiniň özgermegi howdanlaryň töwerekdäki gurşawa täsir edýän elementleriniň ýokarda seredilip geçilenleriň köpüsini: işjeň kenarýakanyň döremegini, ýapgytlyklaryň durnuklylygynyň bozulmagyny, ýerasty suwlaryň düzgüniniň özgermegini we şularyň netijesinde kenarýakada ösümlikleriň görünüşleriniň özgermegini öz içine alýar. Ondan başga-da howdanyň suw yüzüniň özi ýerleriň daş keşbiniň täze elementi bolýar, ol ýeriň gurluşynyň görünüşini bilen bilelikde howdanyň gurlan ýeriniň görkünü özgerdýär, ony gowulandyýar.

Ýeriň daş keşbini goramak we gowulandyrmak üçin esasy desgalary (bentleri, nowhanalary we ş.m.) arhitektura tarapdan bezemek hem uly ähmiýete eýe bolar, olar töweregindäki gurşaw bilen goşulyşyp gözelligi döreder. Bularyň hemmesi täze döredilen howdanyň töweregindäki ýerleriň keşbiniň görünüşini gowulandyrar, adamlaryň köpçülikleýin gelmegine we dynç alynýan ýerleri guramaga şert döreder.

Howdanlaryň gurlan ýerindäki seýsmiki ýagdaýlara täsiri. Bu entek ýeterlik öwrenilmedik ylmy ugur. Muňa garamazdan, birnäçe geologlar we seýsmologlar uly howdanlar doldurylanda, aýratyn hem daglyk ýerlerde “gönükdirilen seýsmiklik” döreýär diýip tassyklaýarlar. Muňa mysal edip, aşakdaky howdanlary getirmek bolar: Kariba (Zambiya), Koýna (Hindistan), Kremasta (Gresiýa), Guwer (ABŞ), Moýteýnar (Fransiýa).

Adamzat energiýany almak ýa-da derýalaryň akymyny sazlamak üçin göz-görtele özi düşünişip, tebigy gurşawy özgerdýär, töwerekdäki gurşawyň ösüşine goşulyşýar, netijede, belli bir ýeriň daş keşbiniň ekologiýasyny özgerdýär. Ol özgerişleriň täsiri amatly we amatsyz bolup biler. Mümkin boldugyça, amatly täsirleri peýdaly we doly ulanmaly, amatsyz täsirleriň bolsa ýüze çykmagyny göz önünde tutmaly we olary aradan aýyrmagyň ýa-da azaltmagyň ýollaryny tapmaly.

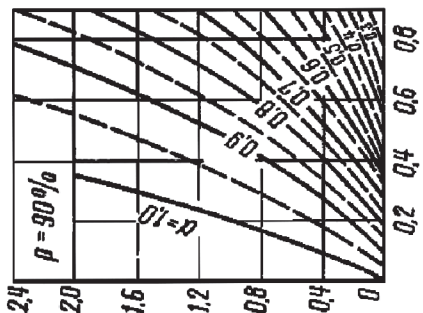
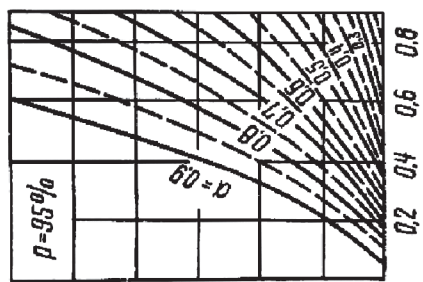
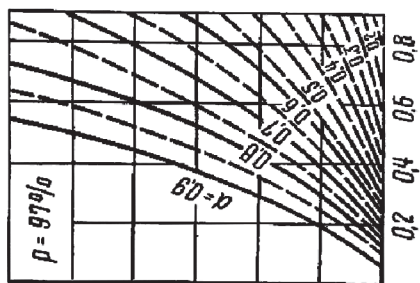
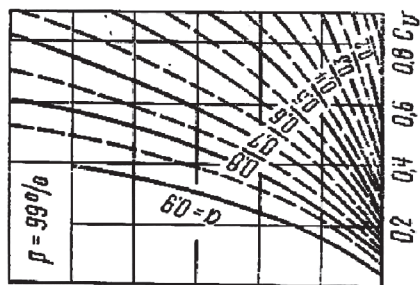
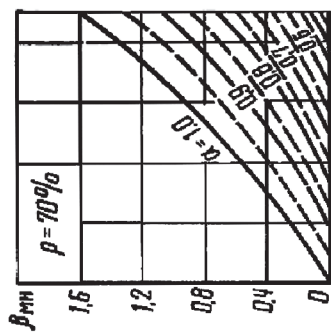
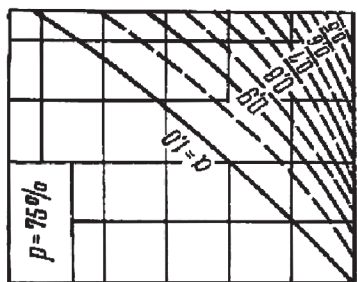
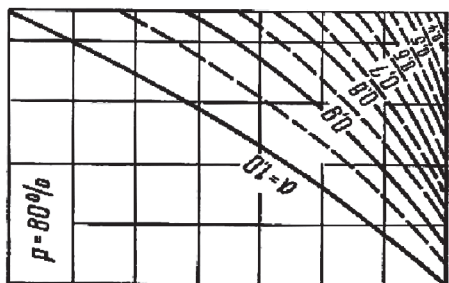
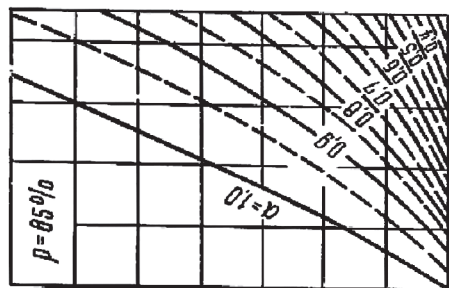
Ýokarda beýan edilenleri umumy jemlänimizde, howdanlara taslama düzülende, olar gurlanda we ulanylanda olaryň töwerekdäki tebigy gurşawa edip biläýjek täsirlerini öwrenmeli we tebigata in az zyýan ýetirilende uly ykdysady peýdalylygy üpjün edýän amatly çözgütleri oýlap tapmaly.

Üçparametrli gamma-paylanyşyň egri çyzygynyň ordinalalary $S_s = 2S_g$

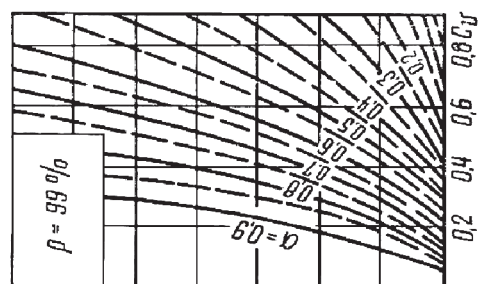
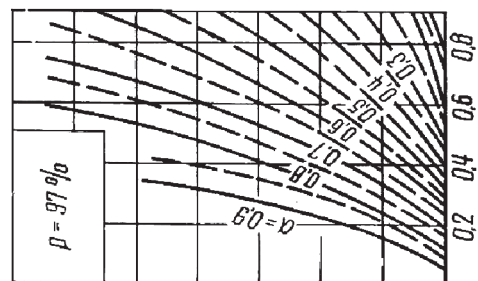
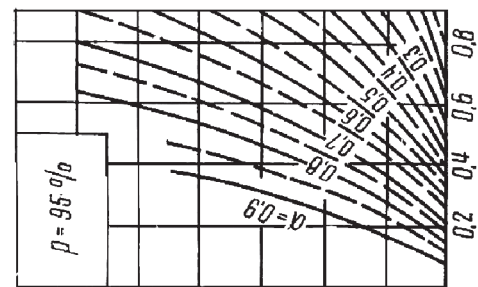
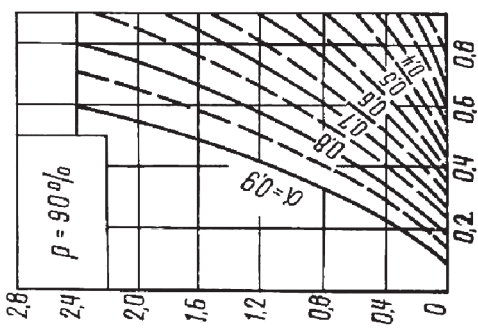
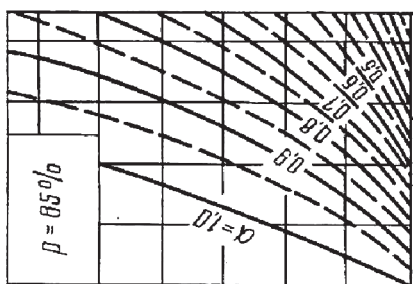
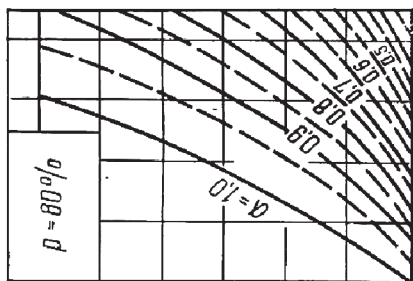
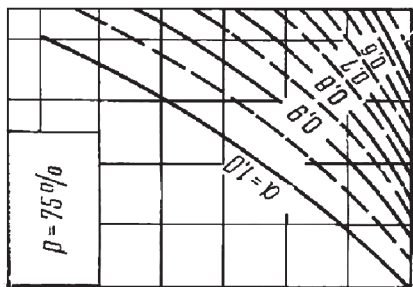
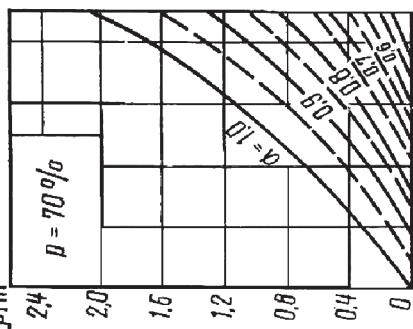
<i>p</i> %	Durnuksyzlyk köpeldijisi S_v														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,001	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,5	13,2	15,1	17,2	19,3	21,6
0,01	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21	10,5	11,8	13,2	14,7	16,4
0,03	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11	9,20	10,3	11,6	12,9	14,3
0,05	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,60	8,61	9,65	10,8	11,9	13,1
0,1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91	7,75	8,65	9,60	10,6	11,6
0,3	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81	6,47	7,10	7,98	8,70	9,50
0,5	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30	5,90	6,50	7,13	7,80	8,42
1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08
3	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51	3,80	4,12	4,42	4,71	4,98
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00	3,22	3,40	3,60	3,80	3,96
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30	2,40	2,50	2,57	2,64	2,70
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61	1,62	1,63	1,62	1,61	1,59
25	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39	1,39	1,35	1,33	1,31	1,28
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	1,18	1,14	1,11	1,08	1,04
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916	0,870	0,830	0,770	0,725	0,670
50	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693	0,640	0,580	0,520	0,460	0,405
60	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511	0,450	0,390	0,334	0,283	0,234
70	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357	0,300	0,250	0,203	0,155	0,120
75	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288	0,241	0,193	0,146	0,106	0,077
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223	0,175	0,130	0,094	0,065	0,046
90	0,874	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105	0,074	0,049	0,030	0,016	0,009
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051	0,030	0,016	0,009	0,004	0,002
97	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030	0,016	0,008	0,004	0,002	0,001
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010	0,005	0,002	0,0010	0,2·10 ⁻³	0,8·10 ⁻⁴

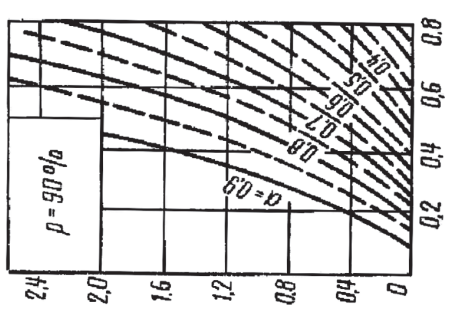
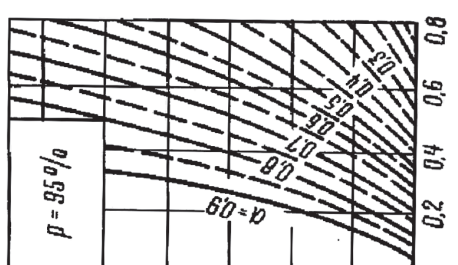
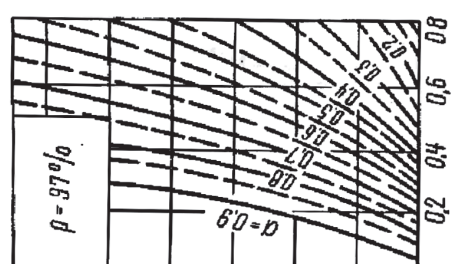
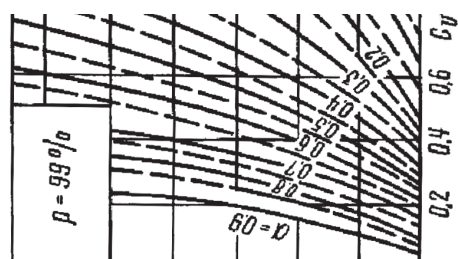
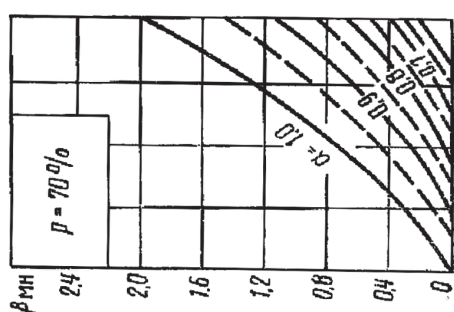
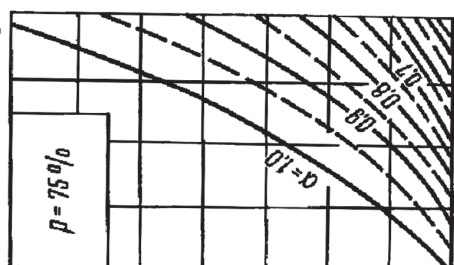
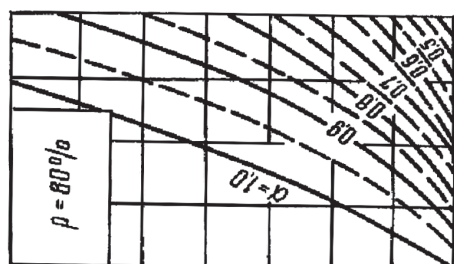
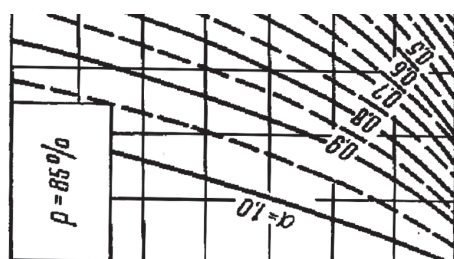
$S_c = 2S_a$ we $S_c = S_a$ bolanda $\beta_{\text{act}} = f(S_{\text{op}}, a, r)$ baglanyşyk grafikleri

$$G_s = 2G_v \quad r = 0$$

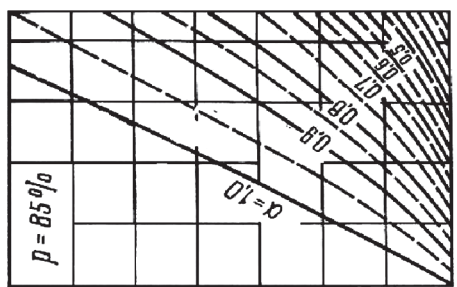
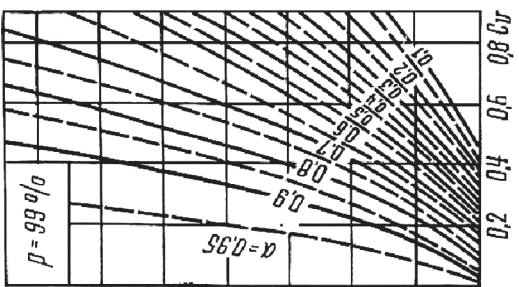
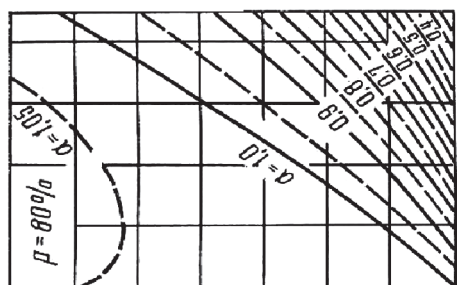
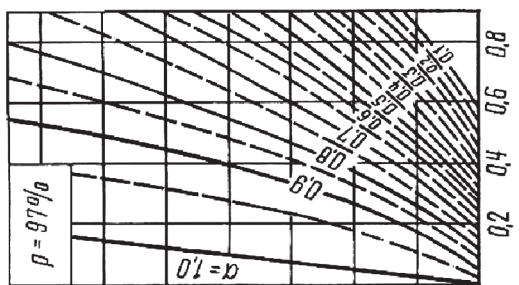
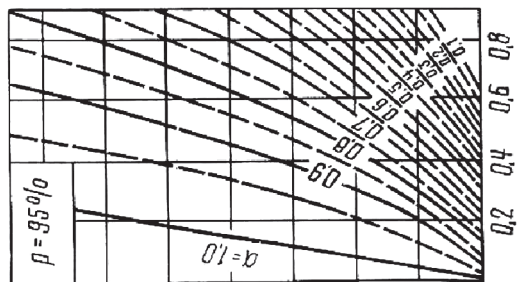
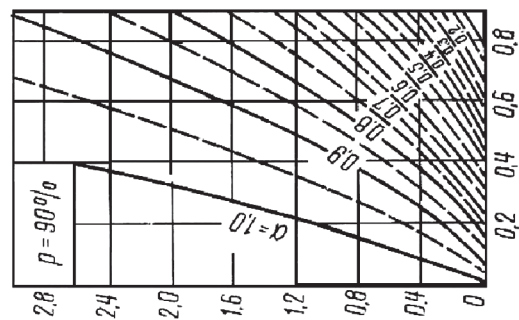
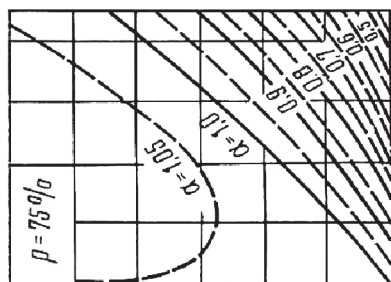
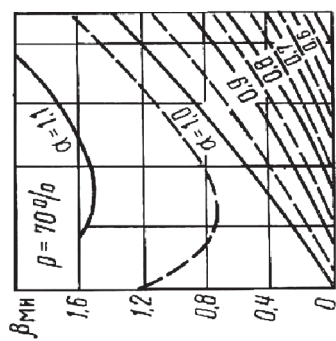


$$C_S = 2C_V \quad r = 0.3$$

 β_{MH}




$$\alpha \gamma = \beta \quad \alpha = 0$$



DÜŞÜNDİRİŞLİ SÖZLÜK

A

Absolýut – hökmany, gürrüňsiz, şeksiz, doly, tüýs, hakyky, üýtgemeyän.

Abssissa – tekizlik ýa-da göwrüm nokatlarynyň ornuny anyklaýan üç koordinatyň biri.

Allýuwiý (geol.) – suw akymynyň çökündileri.

Atom elektrostansiýa – bu elektrostansiýada atom energiýasy elektroenergiýa öwrülýär.

Agregat – bilelikde işleýän birnäçe maşynlaryň jemi.

Agromom – oba hojalygynda ýer işleri bilen meşgullanýan hünärmen, ekerançy.

Akkumulýasiýa – toplanma, ýygnanma, jemlenme.

Akwatoriýa – suw ýüzüniň bölegi.

Amortizasiýa (ykd) – ulanylmak zerarly maşynlaryň, jaýlaryň we ş.m. gymmatynyň ýuwaş-yuwaşdan peselmegi. Ýörite gurluşlar arkaly zarbalaryň sarsgynlaryň täsirini gowşatma.

Analiz – seljerme, derňeme, gözden geçirme.

Apparatura – desgalar, gurluşlar, enjamlar.

Arheologiýa – saklanyp galan ýadygärliklere esaslanyp, gadymy halklaryň durmuşyny, medeniýetini öwrenýän ylym.

Arifmetika – matematikanyň bölümi, hasap, hasap-hesip.

Arhitektura – gurluşyk sungaty, jaýlaryň binasyny goýmak, jaýlary salmak senedi.

Asimetriýa – aýry-aýry bölekleriň deň gelmezligi, bir ölçegde dällik, laýyk gelmezlik, deň dällik.

Atmosfera – ýeriň daş-töweregini gurşap alýan gaz görnüşli gatlak. Gazyň we suwuň basyş güýjüni ölçemek birligi, ýeriň gaz örtügi.

Atom – himiki elementiň özenden we elektronlardan ybarat bolan ownujak bölejigi.

Awankamera – suw sorujy bekedniň önünde ýerleşen, suw getiriji, esasy nowhananyň howuz görnüşli giňelýän bölegi, ýagny suw ýygnanýan howuz.

Awariýa – maşynyň, mehanizmiň hereket edýän, ýöreýän wagtynda zaýalanmagy, bozulmagy, heläkçilik.

Awtomatik – öz-özünden mehaniki hereket edýän, işleýän.

Awtomatizirmek – adamyň zähmetini ýeňilleşdirmek maksady bilen senagaty, kärhanany, önümçiligi maşynlar, özi işleýän gurallar bilen enjamlaşdyrmak.

Awtomobil – adam gatnadýan we ýük daşaýan ulag serişdesi.

Awtor – çeper, ylmy, tehniki we ş.m. eserleri döredýän, ýazýan adam.

B

Bakenşik – derýalarda, köllerde howply ýerleri görkezmek üçin goýlan belgileriň garawuly.

Bakteriýa – diňe ulaldygy gurallarda görünýän ownujak, ýönekeýje organizm.

Balans – deňagramlylyk. Edaranyň ýa-da kärhananyň belli möhletli pul serişdesi hakyndaky jemleýji maglumat. Balans düzülende girdejili we çykdajyly bölümler deňeşdirilip

seljerilýär.

Balka – pürs. Käl, jar.

Basseyň – uly howuz, howdan. Derýanyň ýerüsti we ýerasty suw ýygnaýan meýdany. Kän.

Batigrafik egri çyzyk – howdanyň dürli derejede doldurylmagyna laýyk gelýän suwuň çuňlugynyň ýa-da derejesiniň üýtgemegi bilen howdanyň suw ýüzüniň meýdanynyň we onuň göwrüminiň üýtgemegini häsiýetlendirýän baglanyşyk çyzygy.

Baza – bir zadyň esasy çeşmesi. Esas, düýp. Käbir edara, kärhananyň ady. Harytlaryň saklanýan ýeri.

Beton – sement, çäge we ownujak çagyl garylyp doňdurylýan gurluşyk çig maly.

Biologiýa – janly tebigatyň, organiki ýaşaýşyň kanunlary hakyndaky ylym.

Bitum – uglewodorodly şepbik maddalaryň umumy ady.

Blok – (tehn.) agyr ýükleri galdyrmak üçin ýönekeý gurluş.

Brutto – harydyň gaby bilen bilelikdäki agramy. Brutto suw mukdary Qbr, suw çeşmesinden (sakadan) alynýan suwuň mukdary.

Býef (gidro.) – býef, derýada ýa-da nowhanada bentden, gatladan ýokarda ýa-da aşakda ýerleşen desga bölegi.

Ç

Çastota – ýyglyk, gürlük. Tizlik.

D

Dekada – bir aýyň üçden bir bölegi, ongünlük wagt birligi.

Dekart koordinatlary – tekizlikdäki ýa-da giňişlikdäki koordinatlar ulgamy.

Depressiýa – durgunlyk, pese düşmeklik.

Deriwasiýa (gidro) – suwy sowma.

Diametr (mat.) – merkezden geçýän hem-de tegelegiň ýa-da togalagyň iki nokadyny birikdirýän göni çyzyk.

Diafragma (gidro) – germew.

Diapazon – sesiň ýa-da saz guralynyň çykaryp biljek owazynyň jemi. Bir zadyň göwrümi, tutýan ýeri, möçberi.

Differensial – garaşsyz üýtgeýän ululygyň erkin ösdürilmegi, artdyrylmagy.

Dinamika – özüne täsir edýän güýç bilen baglanyşykda jisimleriň hereket kanunlaryny öwrenýän mehanikanyň bölümi. Bir hadysanyň, wakanyň üýtgeýşi, hereketiň ýagdaýy.

Dispetçer – ulaglaryň hereketine gözegçilik edýän işgär. Bir merkezi gözegçilik nokadyndan kärhananyň işiniň barşyna gözegçilik edýän işgär.

Dokument – resminama, bir hadysany ýa-da bir zada bolan hukugy tassyk edýän iş bilen baglanyşykly kagyz, eýesiniň kimdigini bildirýän, görkezýän şahadatnama, taryhy taýdan bir ähmiýeti bolan subutnama, surat we ş.m. ýazgylar.

Drob – birligiň böleklerini hasyl edýän tutuş bir zadyň ownuk bölegini görkezýän san.

Duga – tegelegiň ýa-da egri çyzygyň bir bölegi.

Dwigatel – haýsy hem bolsa bir energiýany mehaniki işe öwürýän enjam.

E

Ekologiýa – haýwan we ösümlik organizmleriniň özara aragatnaşyk ýagdaýyny öwrenýän ylym.

Ekran (gidro.) – perde.

Ekspluatasiýa – önümçilik serişdelerine hususy eýeçilige esaslanyp, başga adamlaryň zähmetiniň önüminiň eýelenmegi. Belli bir maksat üçin peýdalanmak, işlemek, ulanmak.

Ekstrapolýasiýa – hadysanyň bir bölegine edilen gözegçilikleriň netijesini beýleki bölegine ýaýratmak. Baglanyşyk çyzyklary ýokarlygyna we aşaklygyna dowam etmek.

Ekwator – Ýer togalagyny ýa-da asman giňişligini demirgazyk we günorta ýarym togalaga pikirde bölýän, göz önüne getirilýän çyzyk.

Elektrik energiýa – tehnikada peýdalanylýan energiýanyň görnüşi, şol energiýadan alynýan yşyk.

Elektron (fiz.) – minus alamatly elektrik toguň kiçijik bölejigi.

Element – bir zadyň düzümleriň bölegi. Adam, şahsyýet. Bir zadyň esaslary, başlangyjy. Adaty himiki usullar bilen sada bölekler bölünmeýän madda. Elektrik toguny almak üçin abzal.

Elementar – elementlere degişli. Haýsy hem bolsa bir zadyň başlangyjy, mysal üçin, elementar matematika. Ýönekeý.

Empirizm – “bilmekligiň ýeke-täk çeşmesi tejribedir” diýlip tassyklanýan ylmy ugur.

Empiriki – (filos.) empirizme mahsus bolan, empirizm bilen häsiýetlenýän, empirizme esaslanýan. Tejribeden alnan, tejribä esaslanýan.

Energetika (fiz.) – fizikanyň energiýa häsiýetlerini öwrenýän bölümi (teh.), energiýanyň her hili görnüşlerini almagyň we peýdalanmagyň hem-de ulanmagyň tärleri bilen meşgullanýan tehnikanyň bir şahasy.

Energiýa (fiz.) – materiýanyň esasy häsiýetlerinden biri – onuň hereket ölçegi, iş etmek başarnyklylygy.

Epidemiologiýa – lukmançylygyň ýokanç keselleriň döreýşiniň, köpçülikleýin ýaýraýşynyň sebäplerini we kanunalaýyklyklaryny, olara garşy göreşmegiň usullaryny öwrenýän bölüm.

Era – ýyl hasabynyň başlanan wagty, ýyl hasabynyň ulgamy.

Etalon – ulanylýan ölçeg gurallaryny barlamak üçin bolan ölçeg nusgasy.

F

Fabrik – çig mallary maşyn bilen işläp bejerýän senagat kärhanasy.

Faktor – hereket ediji güýç, bolup geçen bir ýagdaýyň, hadysanyň sebäbi, ýagdaýy.

Fiktiw – galp, ýalan, toslanan.

Filtrasiýa – süzme, süzgüçden geçirme. Synap görme, barlama, gözden geçirme, (gidro.) suwuň ýere siňmegi.

Fond – pul maýasy. Bir zadyň ýygnaýp goýlan ätiýaçlygy.

Formula – aňlatma; söz bilen berilýän gysgajyk kesgitleme; şertli bellikler bilen belleniýän matematiki ululyklar. Himiki jisimleriň düzülişiniň harplar bilen görkezilişi.

Forsirleme – güýçlendirme, tizleşdirmе, çaltlaşdyрма, (gidro.) gysga wagtlyk suwuň derejesini ýokarlandyrmak.

Fraksiýa (him.) – zygiderli gaýnatmak netijesinde aýrylýan suwuklyk, garyndy.

Funksiýa – bir zadyň ýerine ýetirýän wezipesi, ähmiýeti, işleýşi. Bir mukdaryň özgerişi netijesinde özgerýän başga bir mukdar.

G

Gamma (sazç.) – sesleriň yzygiderli peselmegi ýa-da ýokarlanmagy. Birmeňzeş bolan köp dürli, üýtgäp durýan hadysalaryň ýa-da predmetleriň, zatlaryň yzygiderli hatary.

Generator – mehaniki energiýany elektrik energiýasyna öwürýän maşyn.

Genetika – biologiýanyň organizmleriň ösüşini, nesil yzarlaýşyny, onuň üýtgäp durşuny öwrenýän bölümi.

Geofiziki – ýeriň fiziki häsiýetlerini we onda bolup durýan fiziki ýagdaýlary öwrenýän ylym.

Geodeziýa – ýeriň görnüşini, ölçegini öwrenmek we onuň meýdanlaryny ölçemek bilen meşgul bolýan ylym.

Geografiýa – ýeri, onuň üst gurluşyny we ondaky janly tebigatyň ýerleşişini öwrenýän ylym.

Geologiýa – ýeriň emele geliş taryhyny, gurluşyny, düzümini we gazylyp alynýan peýdaly ýerasty baýlyklaryny gözläp tapmak usullaryny öwrenýän ylym.

Geometriýa – matematikanyň giňişlik görnüşlerini we ony ölçemegiň düzgünlerini öwrenýän bölümi.

Geomorfologiýa – fiziki geografiýanyň Ýer ýüzüniň gurluşyny, keşbini we onuň ösüş taryhyny öwrenýän pudagy.

Gidrawlika – suwuklyklaryň deňagramlylygy we hereketi, olaryň durmuşda peýdalanylyşy hakyndaky ylym.

Gidro – goşma sözleriň suwa degişlilikdäki, suw bilen baglanyşyklylykdaky manyny aňladýan ilkinji bölegi.

Gidroakkumulýasion elektrostansiýa – bendiň aşaky böleginden ýokarky bölegine suw sorujy bilen suw toplan, goşmaça energiýa öndürýän elektrostansiýa.

Gidrobiologiýa – biologiýanyň suwda ýaşayan organizmleriň ýaşayşyny öwrenýän bölümi.

Gidrodinamika – gidromekanikanyň suwuklygyň edýän hereketini hem-de suwuklyk we onuň bilen galtaşýan jisimleriň oňnositel hereketleri wagtynda özara mehaniki täsirini öwrenýän bölümi.

Gidroelektrostansiýa – suwuň güýjüniň kömegi bilen elektrik energiýasyny öndürýän elektrik stansiýa.

Gidrogeologiýa – geologiýanyň ýerasty suwlaryň emele gelişini, hereketini we häsiýetini öwrenmek bilen meşgullanýan pudagy.

Gidrograf – suwuň akymynyň tizligini ölçeyän abzal. Suwuň mukdarynyň ýylda ýa-da ýylyň belli bir böleginde üýtgemeginiň baglanyşyk çyzgysy.

Gidrologiýa – Ýer togalagynyň suw giňişliklerini we tebigatdaky suwuň dolanyşygyny öwrenýän ylym.

Gidrometeorologiýa – atmosferadaky suw aýlanyşygy öwrenýän ylym.

Gidrometriýa – gidrologiýanyň akýan suwlaryň tizlik, çuňluk, mukdar we ş.m. ölçeniş usulyny işläp taýýarlamak bilen meşgul bolýan bölümi.

Gidromodul – bir sekuntda bir gekdar suwarymly ýerlere berilýän suwuň mukdary.

Gidrotehnika – tehnikanyň suwy bent, howdan we ş.m. desgalar arkaly halk hojalygynda peýdalanmak işi bilen meşgullanýan pudagy.

Gidrouzel – gidrotehniki desgalaryň jemi utgaşdyrmalary, birleşmeleri, ýagny nowhanalar, gidroelektrostansiýalar we ş.m. desgalar toplumu.

Gigiýena – sagatlylygy gorap saklamak çärelerini işläp taýýarlaýan hem-de daşky gurşawyň dürli ýagdaýlarynyň adam organizmine edýän täsirini öwrenýän ylym, saglygy gorap saklamagy üpjün edýän çäreleriň jemi.

Giperbola (mat.) – konusyň kesilmegi netijesinde emele gelýän egri çyzyk.

Gipotenuza (mat.) – gönüburçly üçburçlugyň göni burçunyň garşysynda ýatan tarap.

Gips – hek goşantly ak ýa-da sary mineral.

Gorizont – kese, kese çyzyk, gözýetime parallel bolan göni çyzyk.

Grafa – sütün; ýazylan işiň bölümi.

Grafik – dürli-dürli ýagdaýlaryň mukdar taýdan baglylygyny çyzyklar arkaly şekillendirýän çyzgy, baglanyşyk çyzgysy.

Grafoanalitik – ululyklary çyzgy we analitik usullary ulanyp hasaplamak.

Granula – däne, düwür, owuntuk, ownujak bölek.

H

Himiýa – materiýanyň düzümini, içki gurluşyny, hil taýdan özgerişleriň kanunylygyny, hil taýdan bolan özgerişler netijesinde täze maddalaryň ýüze çykyş kanunlaryny öwrenýän ylym.

Horda (mat.) – egri çyzygyň iki nokadyny birleşdirýän göni çyzyk.

Hronologiýa – hadysalaryň wagty boýunça yzygiderliliginiň ýazgysy.

I

Ihtiologiýa – haýwanat dünýäsini öwrenýän ylmyň balyklary öwrenýän bölümi.

Indeks (mat.) – matematiki aňlatmasyndaky harpyň aşak sag eteginde goýulýan san ýa-da harp belgisi.

Inžener – haýsy hem bolsa bir ugurdan ýokary tehniki bilim alan hünärmen.

Integral – (mat.) özüniň çäksiz ownuk bölekleriniň jemi hökmünde garalýan bitewi san, bitewi ululyk.

Integrirleme – integralyny tapmak. Birikdirmek, birleşdirmek, bir bitewi etmek.

Intensiw – güýçli, ýokary derejeli, güýçli depginli, in ýokary öndürijilik berýän.

Interpolýasiýa – göçürýän adamyň ýa-da terjimeçiň asyl nusgasynda bolmadyk sözi ýa-da sözlemi ýazga girizmegi, (mat.) funksiýanyň käbir belli manylary esasynda onuň aralyk manylaryny tapma.

Interwal – bir zat bilen ikinji bir zadyň arasyndaky boşluk, aralyk, uzaklyk, (fiz.) iki sesiň aralygyndaky belentlik tapawudy.

Irrigasiýa – suwsuz ýerleri emeli ýol bilen suwaryş.

Izoliniýa – (geofiz.) geografik kartada fiziki ululyklaryň, basyşyň, temperaturanyň, çyglylyk derejesiniň we ş.m. birmeňzeş görkezijili ýerlerini birleşdirýän çyzyk.

K

Kalendar — senenama. Ýylyň hemme gününü yzygiderli tertipde görkezýän hem-de dürli maglumatlar ýerleşdirilen tablisa. Durmuşyň ýa-da bilimleriň belli bir pudagyndan maglumat berýän, çap edilen tablisa.

Kanal (gidro.) — emeli ýol bilen gazylyan uly aryk, jar, ýap. Nowhana. Kapron — emeli süýümiň bir görnüşi we şondan dokalýan mata.

Karst (geol.) — topragynda hek, gips, daş duzy bolan ýer gurluşynyň öz-boluşly görnüşi.

Karta (geogr.) — ýeriň üst şekili çekilip görkezilen çyzgy. Ekin ekmek üçin taýýarlanyp goýlan ýa-da ekin ekilen giň meýdan.

Kaskad (gidro.) — şaglawuk, şarlawuk. Akym, joşgun. (teh.) gidroenergetikada gidroelektrik stansiýalaryň ýa-da howdanlaryň topary.

Kategoriýa — durmuşdaky has umumy hadysalary we olaryň umumy belliklerini bildirýän ylmy düşünje. Topar, dereje.

Katet — gönüburçly üçburçlukda göni burçy hasyl edýän iki tarapyň biri.

Katastrofa — betbagtçylykly, heläkçilikli, weýrançylykly netijeli hadysa.

Kilowat — elektrik togunyň 1000 wata barabar bolan güýjüniň ölçeg birligi.

Kislorod — howanyň düzümindäki dem almak üçin gerekli reňksiz, yssyz we wodorod bilen birleşende suw emele getirýän himiki element, gaz.

Klapan — mehanizmlerde deşigiň açylyp-ýapylýan gapajygy.

Klas — mekdep jaýynda sapak geçilýän, okalýan otag. Köplenç, bir ýaşdaky we bir sapak geçýän okuwçylar topary. Aýry-aýry hünärli adamlaryň iş ussatlydygyny görkezýän topar, dereje, (gidro.) gidrotehniki desgalaryň berklik derejesini görkeziji.

Klimat — her bir ýeriň, ýurduň meteorologik şertleri, howa aýratynlyklary, howa ýagdaýy.

Koeffisiýent — (mat.) algebraik aňlatmalarda san köpeldijisi, köpeldiji, (fiz.) fiziki jisimiň häsiýetini kesgitleýji ululyk.

Kolmatasiýa — topragyň boşluklaryny örän kiçijik bölejikler bilen doldurmak, mysal üçin, çägäniň boşluklaryny toýunsow toprak bilen doldurmak. Şeýle etmek topraga siňýän suwuň mukdaryny azaltmaga mümkinçilik berýär.

Kommunal — şäher hojalygyna degişli bolan, mysal üçin, şäher kommunal hojalygy.

Kompensasiýa — bir zadyň öwezine berilýän töleg ýa-da edilýän sylag, öwezini dolmak.

Konstruksiýa — maşynyň, desganyň we ş.m. düzümi we bölekleriniň özara ýerleşşi. Gurluş.

Konstruktirlmek — bir zadyň konstruksiýasyny gurmak, döretmek.

Kontinent (geogr.) — deňiz we ummanlar bilen gurşalan uly gury ýer giňişligi.

Kontinental klimat — ummanlaryň kenar ýakalarynda we materiklerde dörän klimat.

Konus — bir nokada birleşdirilen göni çyzygyň aýlanmagyndan emele gelen üst bilen çäklendirilen geometrik görnüş.

Koordinat — berlen sanlar esasynda tekizlikdäki, üstäki we giňişlikdäki nokatlaryň ýerleşen ýeri.

Korrelýasiýa — özara gatnaşyk, özara baglanyşyk.

Kowş — susak, susguç.

Kristal — belli bir tertipli gurluşy bolan gaty jisim, mysal üçin, buz.

Kriteriýa — bir zada baha bermek, ony kesgitlemek ýa-da toparlamak üçin gerek bolýan alamat. Baha bermegiň ölçeği.

Kwadrat — deňtaraply dörtburçluk, inedördül. Haýsy hem bolsa bir sany özüne köpeltmekden emele gelýän jem.

Kwartal — şäher köçeleriniň biri-birini kesip geçýän aralygyndaky bölegi. Hasabat ýylynyň dörtdeň biri, üç aýlyk döwür, möhlet.

L

Laboratoriýa — tejribe ylmy-derňew işlerini geçirýän edara ýa-da onuň bir bölümi, şonuň ýaly-da ylmy-tehniki we başga synaglary, tejribeleri geçirmek üçin ýörite abzallaşdyrylan jaý.

Lawsan — sintetik süýüm we mata.

Liçinka — mör-möjekleriň uly wagtyndaky ýagdaýyndan bütinleý tapawutlanýan kiçijik gurçuk wagtyndaky ösüş döwri we kiçijik gurçugyň özi.

Liman — derýanyň aýagyndaky aýlag ýa-da deňiz golaýyndaky duzly köl. Ýaz aýlaryndaky pes ýerlerde emeli ýa-da tebigy ýol bilen döreýän we tomsuna guraýan ýalpak köller.

Limit — bellenen kesgitli möçber.

Lineýka — dogry göni çyzyk çekmek üçin gural. Bir uzyn hatar, setir.

Litoral — ýalpaklyk, howdanyň çuňlugy 2 m-den pes bolan ýerler.

Logarifm (mat.) — şol bir sany almak üçin esas diýilýän sanyň görtermeli derejesini görkeziji.

M

Magnit — käbir jisimleri özüne çekmek häsiýeti bolan demir ýa-da polat bölegi.

Maksimal — iň ýokary, iň köp.

Massstab — kartanyň ýa-da çyzgy şekilleriniň ýeriň ýüzündäki hakyky uzynlyga bolan gatnaşygy.

Material — çig mal, haryt, zat, mata.

Materiýa — (filos.) adam aňyndan daşary we oňa garaşly bolmaýan hakykat.

Maşyn — bir işi amala aşyran çylşyrymly mehanizm, awtomobil.

Mehaniki — mehanika we mehanizme degişli bolan, esaslanýan. Öz-özünden bolýan, duýdansyz bolýan.

Mehanika — fizikada jisimleriň hereketi hakyndaky taglymaty öwredýän bölüm. Tehnikanyň tejribe meseleleri çözmekde hereket we güýç hakyndaky taglymaty ulanmak meselesi bilen meşgullanýan bir pudagy.

Mehanizm (teh.) — birnäçe hereket edýän abzallaryň bir-birine berkidilen toplumu.

Meliorasiýa — guratmak ýa-da suwarmak ýoly bilen ýeriň hasyllylygyny gowulandyrys çäreleriň ulgamy.

Metal — ýylylyk we elektrik geçirijilik, sozulganlyk häsiýeti bolan himiki element.

Metallurgiýa — metallaryň senagat önümçiligi we olary mehaniki, himiki işlemeklik.

Meteorologiýa — atmosfera barada ylym, onuň gurluşy, häsiýeti we onda bolup geçýän ýagdaýlar barada geofizik ylymlaryň biri.

Metodika – bir zady öwrenmek, bir zady iş ýüzünde ýerine ýetirmek usullaryň jemi, usulnama.
Millimetr – metriň müňden bir bölegi.
Million – müň gezek müňe barabar san.
Mineral (him.) – gazylyp alynýan peýdaly magdan, ýer gabygynyň düzümine girýän organiki däl himiki jisim.
Minimal – beýlekilere görä iň pes, iň az.
Model (teh.) – bir önümiň ýa-da ýasaljak zadyň nusgasy.
Modelirleme – bir önümiň ýa-da ýasaljak zadyň nusgasyny taýýarlamak.
Modul (fiz. teh.) – takyk ylymlarda: käbir köpeldijileriň ady, bir ululygyň ölçegi.
Modifisirleme – bir zadyň şekilini üýtgetmek we hilini gowulan-dyrmak.
Morfologiýa (geomorf.) – geomorfologiýanyň bölümi, topragyň gurluşy hakyndaky ylym.

N

Nagon (gidro.) – köllerde we howdanlarda ýeliň ýa-da suw çaykanmasynyň täsiri netijesinde suw ýüzüniň gyşarmasy.
Nagruzka (elektrik) – elektrik energiýany hemme sarp edijileriň sarp edýän elektrik kuwwatynyň jemi, ýük (mysal üçin, elektrostansiýanyň ýüki).
Nakat (gidro.) – ýelden dörän tolkunynyň bendiň ýokarky býefiniň ýapgydyna ýaýraýan beýikligi.
Nasos – suwuklyk, gaz çekip çykarmak, ýel bermek we ş.m. üçin ulanylýan gural.
Natura – töleg hökmünde puluň ýerine berilýän haryt, önüm. Häsiýet, gylyk, boluş. Hakykat, hakyky, çyn. Ýüz, keşp, hakyky görnüş. Tebigy zat, adaty zat, tebigy boluş.
Netto – harydyň tüýs öz agramy, (gidro.) netto suw mukdary Qnt, ekin meýdanlaryna berilýän suwuň mukdary.
Nomer – zadyň tertibini görkezýän bölegi ýa-da san. Belli bir tertipde, sanda bellenen zat. Geýim, aýakgap we ş.m. zatlaryň san bilen bellenen ölçegi. Myhmanhanada, hammamda we ş.m. ýerlerde aýratyn jaý, otag.
Nomogramma (mat.) – her hili hasaplamalarda geometrik ululyklaryň çyzgysy.
Norma – bir zadyň bellenen möçberi, ölçegi.
Normal – norma laýyk, ýagdaýa, düzgüne bap gelýän, kadaly.
Normatiw – geçirilýän işe, ýagdaýa laýyklykda ykdysady, tehniki we ş.m. normalary görkeziji. Kada, düzgün belleýän, düzgüni kadany kesgitleýän.

O

Oazis (geogr.) – çöl meýdanlarda ösümlikler bilen örtülen bagly-bakjaly, suwly ýer.
Obýekt (filos.) – biziň aňmyza bagly bolmadyk we biziň aňmyzdan daşarda bar bolan zatlar, daşarky dünýä, hakykat. Haýsy-da bolsa biriniň iş döredijiligi, ünsi gönükdirilen zat, hadysa, adam. Hojalyk ýa-da goranyş ähmiýeti bolan kärhana, gurluşyk, aýratyn bölüm we ş.m.
Okisel (him.) – himiki elementiň kislorod bilen birleşmeginden emele gelýän maddalaryň umumy ady.
Operatiw – bir işi gös-göni iş ýüzünde amala aşyryýan. Işi çalt we öz wagtynda düzedýän ýa-da ýerine ýetirmäge ukyply bolan. Operasiýa etmek bilen bejerilýän. Bir maksat bilen

edilýän, harby herekete degişli bolan.

Organ – organizmiň belli bir hyzmaty ýerine ýetirýän bölegi, syna. Döwlet ýa-da jemgyýetçilik edarasy. Bir jemgyýete, edara garaşly metbugat neşiri.

Organiki – ösümlükler we haýwanlar dünýäsine degişli bolan zat.

Organizm – ösmäge, ýaşamaga ukyby bolan ähli janly jandar.

Ordinata (mat.) – nokadyň dekart koordinatalarynyň biri, adatça, ikinji, ol “y” harpy bilen bellenilýär.

Otdaça (gidro.) – howdandan suw almak, suw sarp etmek.

Otnositel – bir zat bilen deňeşdirilende, belli edilýän, deňeşdirme möçberi. Bir zada degişli bolan ýa-da bir zat arasyndaky gatnaşygy görkezýän.

P

Ponur (gidro.) – howdanyň düýbünüň bent bilen birleşýän böleginiň suw geçirmeýän örtügi, ol suwuň ýere siňýän ýoluny uzaldýar.

Parabola (mat.) – matematikada egri çyzygyň bir görnüşi we gözýetime tarap gytak zyňylan zadyň emele getirýän ýoly.

Paraboloid – parabolanyň hereketinden dörän üst.

Parallel (mat.) – kesişmeýän göni çyzyklar, (geogr.) ýeriň üstünden ekwatora parallel bolup geçýän hyýaly çyzyk. Gapdaldaş göni çyzyk.

Parametr – belli bir gurluşyň, ulgamyň esasy häsiýetini häsiýetlendirýän ululyk.

Perpendikulýar (mat.) – başga bir göni çyzyk bilen kesişende dogry burçy döredýän göni çyzyk.

Pik (geogr.) – çürelip gidýän dag depesi, ýokary dereje, ýokary göteriliş.

Plan – meýilnama, bir desgany, gurluşygy, ýeri suratlandyrýan çyzgy. Ýerine ýetirmeli bir işiň möhletini, tertibini, yzygiderliligini göz önünde tutýan, önünden bellenen çäreler ulgamy. Bir iş etmek üçin önünden edilýän hyýal. Bir beýan edilmeli zadyň gysga bölümlere bölünmesi.

Plita – metalyň, daşyň gönüburçly ýasy bölegi. Ortasy deşikli, ýasy we galyň demir bilen üsti ýapylan, bişen kerpiçden örtülen naharhana peji.

Plýonka – ýorka, ýukajyk perde. Ýuka gatlak. Surat, kinoplýonkalar.

Piramida (mat.) – esasy düýbi köp gyraňly we ýokarsy üçgyraňlyk bilen gutarýan köpgranlyk, geometrik şekil.

Polimeriýa – maddanyň molekulalarynyň özara birleşmegi.

Politilen – ak reňk termoplastik polimer.

Položitel – matematikada noldan köp bolan, goşmak (+) alamaty bilen bellenilýän. Peýdaly häsiýetleri bar bolan, oňaly.

Polýus (geogr.) – ýeriň aýlanýan hyýaly okunyň iki uýy we şonuň ýaly-da nokatlaryň töweregindäki ýerler, (fiz.) elektrik zynjyrynyň ýa-da magnitiň gutarýan uçlarynyň her birisi.

Ponur – desganyň ýokarky býefinde ýere siňýän suwuň ýoluny uzaltmak we akymyň derýanyň hanasyny köwmeginden goramak üçin döredilýän suw geçirmeýän örtük.

Post (gidro.) – gözegçilik nokady.

Potensiýa – belli bir şertlerde ýüze çykyp biljek, emma entäk gizlin halda dowam edýän

mümkünçilik; bolup biljek.

Praktika — önümçilikde tebigaty we jemgyýetçilik aragatnaşygyny üýtgetmeklik, bir zady amala aşyrmaklyk barada alnyp barylýan iş. Bir işiň ýerine ýetiriliş usullarynyň, endikleriniň, adaty tärleriniň jemi, tejribesi. Nazary ýol bilen alnan bilimleri iş ýüzünde peýdalanmak, berkitmek.

Predmet — duýgy organlarynyň özbaşdak bir zat hökmünde kabul edýän her dürli anyk maddy hadysalary, zat. Pikiriň, gepleşiğiň mazmuny bolup bilýän zat, tema. Aýratyn mekdep dersini, sapagyny hasyl edýän bir ugur, bilim.

Prewýşeniýe — artma; artyk bolmak; otnositel beýiklik.

Priboý — kiçi çuňluklarda tolkunýň bozulmak hadysasy.

Prizma (mat.) — iki sany deň parallel esasly hem-de gapdal granlary-parallelogrammalary bar bolan köpgranlyk.

Problema — çözülmegini, derňelmegini talap edýän çylşyrymly nazary ýa-da tejribe mesele.

Prognoz — çaklama. Bir wakanyň, hadysanyň geljekdäki ösüşini, netijesini bar bolan maglumatlar esasynda önünden aýtmaklyk.

Profil — bir zadyň gapdal tarapyndan görnüşi, (teh.) bir zadyň kesilen ýeriniň görnüşi, kesilen tarapyň görnüşi. Bir kâr üçin gerekli bolan bilimiň we endikleriň möçberi.

Proporsionallyk — deň ölçeglilik, dogry deň ölçegli bolmaklyk, bölekleri biri-birine laýyklyk, (mat.) deň ölçegli üýtgeýän ululyklaryň arasyndaky baglylyk.

Proporsiýa — bölekleriň özara belli bir gatnaşygy, deňlik, laýyklyk, barabarlyk, (mat.) iki sany matematiki gatnaşygyň deňligi.

Proses — bir hadysanyň, wakanyň gidişi, ösüşi, bir zadyň ösüşinde ýagdaýyň yzygiderli çalyşmaklygy, gidişi.

Proýeksiýa (mat.) — tekizlikde berlen jisimiň hemme nokatlaryndan perpendikulýar geçirmeklik bilen alnan şol bir tekizlikdäki geometrik şekil.

Proýekt — taslama. Bir desganyň, gurluşygyň işlenip taýýarlanýan meýilnamasy. Bir resminamanyň önünden taýýarlanan ýazgysy, resminamanyň önünden düzülen nusgasy.

Punkt — belli bir maksat üçin bellenen ýa-da bir aýratynlygy bilen tapawutlanýan ýer. Bir resminamanyň, beýannamanyň we ş.m. içindäki aýratyn kada, bölüm.

Punktir — birnäçe nokatdan, kelteje çyzyklardan emele gelen çyzyk.

R

Radial — radius boýunça gönükdirilen.

Radius — töwregiň ýa-da togalagyň üstüniň islendik nokady bilen merkezi birleşdirýän göni çyzyk.

Reaktiw (him.) — bir maddany ikinji birine birleşdireniňde, aýratyn himiki reaksiýa döretmek bilen, şol düzümde agtarylýan maddany tapmaga mümkinçilik berýän madda. Himiki seljerme wagtynda reaktiw bolup hyzmat edýän tehnikada çykýan gazlaryň, buguň we ş.m. depgini bilen herekete getirilýän. Reaktiw uçar.

Reaksiýa — gaýtargy, jisimleriň arasyndaky himiki-fiziki täsir, garaýyş, sesleniş, jogap beriş.

Rekreasiýa — dynç alyş.

Rejim — girizilen düzgün-tertip, düzgün.

Resurs — ätiýaçlyk çeşmesi, serişdeler çeşmesi.

Rewersiwn (teh.) — maşynyň hereketiniň ugruny üýtgetmäge kömek berýän mehanizm.

S

Sanitariýa — jemgyýetçilik arassaçylygyny saklamak we ilatyň saglygyny goramak çäreleri.

Segment (mat.) — tegelegiň duga bilen onuň hordasy arasynda galýan bölegi.

Sektor (mat.) — tegelegiň duga hem-de iki sany radius bilen çäklenýän bölegi, (harby.) radial çyzyklar bilen çäklendirilen bölek. Edaranyň ýa-da guramanyň bir bölümi.

Sellýuloza — ağaçdan edilýän madda: kagyz, kino plýonkasy, partlaýjy maddalar, emeli ýüpek we ş.m. öndürilip çykarylada giňden ulanylýar.

Sement — gurluşyk işlerinde ulanylýan un ýaly üwelen mineral madda.

Serowodorod — kükürtli wodorod.

Seýsmologiýa — geologiýanyň ýer titremelerini öwrenýän bölümi.

Seýşler — ýapyk suw çeşmelerinde (köllerde, howdanlarda) döreyän, döwri birnäçe minutdan onlarça sagada ýetýän duran tolkunlar. Seýş dörende köllerdäki suw tutuşlaýyn çaykanyar, şonuň bilen birlikde, suw ýüzüniň eňňitligi ilki bir tarapa, soňra beýleki tarapa ugrukdyrylan bolýar. Seýş kölüň dürli böleklerinde atmosfera basyşyň dürlüliginiň we ýeliň güýjüniň hem-de ugrunyň birden üýtgemeginiň täsiri netijesinde döreyär.

Shema — bir zadyň gurluşyny görkezýän çyzgy.

Sifon (fiz.) — bir gapdan ikinji bir gaba suwuklyk guýmak üçin ýörite taýýarlanylýan egri turba. Parowozyň ot ýakylýan ýerindäki ot dartgynyny güýçlendirýän gural.

Sikl — belli bir wagat aralygynda öwrümleýin (pasyllaýyn) bolýan hadysalaryň, ýagdaýlaryň jemi, tapgyr.

Silindr — gönüburçlugy bir tarapa aýlamak bilen emele getirilýän tegelek geometrik jisim. Dwigatelleriň içki boşlugynda porşen ýöreyän turba görnüşindäki bölegi.

Simmetrik — simmetriýa degişli bolan.

Simmetriýa — bir zadyň ortasyndan ikiýan tarapynyň deňligi, sazlyk.

Sinhron — iki ýa-da birnäçe hadysanyň, prosesiniň wagtynyň gabat gelmegi.

Sintez (logika.) — bir hadysany, zady bitewiligine we bölekleriniň arabaglanyşygynda seljerme ýoly bilen öwrenýän ylym, (him.) himiki ýoly bilen has ýönekeýden çylşyrymly himiki birleşme almaklyk.

Sinus — gönüburçly üçburçlukda: burçuň garşysynda ýatan katetiň gipotenuza bolan gatnaşygyna deň burçuň trigonometrik funksiýasy.

Sirkul — jezwel; tegelek çyzyk çyzmak hem-de çyzygyň uzynlygyny ölçemek üçin bolan bir tarapy şarnir bilen berkleşdirilen iki aýajykly gural.

Sistema — ulgam, bir zadyň gurluşynyň görnüşi, kadaly ýerleşen we özara baglanyşykly hereket edýän gurluş. Jemgyýetçilik gurluş, birmeňzeş edaralaryň jemi, tehniki gurluş.

Smena — zawod-fabriklerde işleýänleriň, okuw jaýlarynda okaýanlaryň we ş.m. çalyşýan wagtларыnyň aralygy, iş wagty gutaran işgärleri çalyşýan işçiler topary.

Sosiologiýa — jemgyýet hakyndaky taglymatyň buržuwaziýa ylmynda kabul edilen ady.

Spisok — bir zadyň hasaba alnan ýazgysy, adamlaryň ýekeme-ýeke ýazgysy, asyl nusgadan

göçürilen ýazgy.

Sport — bedeni fiziki taýdan ösdürmek we berkitmek üçin bedenterbiýe maşklary we umuman, bedenterbiýe işi.

Stansiýa — demir ýollarda we beýleki gatnaw ýollarda duralga ýeri. Ýörite maksatlar üçin bolan käbir edaralaryň, kärhanalaryň ýa-da ylmy derňew edaralaryň ady.

Statika (teh.) — mehanikada jisimleriň deň ölçeglilik şertleri öwrenilýän bölüm, jisimleriň otnositel hereketsizlik ýagdaýy.

Statistika — jemgyýetiň we halk hojalygynyň ösüşinde san taýdan bolan üýtgeýşi öwrenýän ylym.

Stwor (gidro.) — ölçeg kesigi, derýanyň suw desgalarynyň utgaşmalarynyň ýerleşýän bölegi, ol suw derejesiniň ýokarlanmagyny üpjün edýär we onuň basyşyny kabul edýär.

Ş

Şahda — peýdaly ýerasty baýlyklar, magdan gazyp almak bilen meşgul bolýan kärhana, şol zatlaryň gazylyp çykarylýan ýeri.

Şandorlar — gidrotehniki desgalaryň suw geçiriji deşiklerini ýapmak üçin (desgalaryň gurulýan ýa-da bejerilýän wagtynda) ulanylýan, pürsli agyzýapynyň süýşýän bölegini emele getirýän, biri-biriniň üstünde keseligine goýlan metaldan, demirden, demirbetondan, agaçdan ýasalan pürsleriň toplumy.

Şarnir (teh.) — mehanizmiň iki şaýyny herekete getirýän birleşdiriji.

Şit — metalyň, daşyň gönüburçly ýasy bölegi görnüşli germew, basketbol oýnunda tor berkidilýän tagta, (gidro.) agyzýapy.

Şkala — ölçeg abzallarynda derejelere bölügi çyzgy.

Şlýuz — suwuň derejesi dürli-dürli bolanda gämileri geçirmek üçin derýada, nowhanada, derwezeli kameradan (boşlukdan) ybarat gurluşyk, desga, suwy saklamak ýa-da goýbermek üçin bent, gatla.

Ştrih — inçe çyzyk. Alamat, nyşan, häsiýetli aýratynlyk.

T

Takt — sazlaşyk, birsydyrgynlyk, (teh.) birsydyrgyn işleýiş, yzygiderli hereket. Edep, ekram, edep-ekram, sypaýyçylyk.

Tangens — burçuň trigonometrik funksiýasy.

Tehnika — maddy baýlygy döretmek üçin hyzmat edýän zähmet, bilim we iş serişdeleriniň birleşmesi.

Tehnologiýa — belli bir önümçilik pudagyndaky önümçilik işleriniň birleşmesi.

Temperatura — bir zadyň gyzmak, sowamak derejesini häsiýetlendirýän ululyk.

Teoriýa — nazaryýet, umumy ylmy esasy işlenen tejribäniň jemi bolup durýan taglymat.

Territoriýa — belli bir araçägi bolan ýer, giňişlik.

Tip — bir zadyň görnüşi, belli-belli zatlaryň, hadysalaryň topary deň gelýän nusga, adamlaryň belli bir häsiýetli alamatlary boýunça birigen topary.

Tok (fiz.) — geçirijide bolýan elektrik zarýadlarynyň hereketi.

Topografiýa — geodeziýanyň ýer ýüzüniň şekillerini öwrenýän bölüm.

Transpirasiýa — ösümlükden bugarma.

Transport — halk hojalygynyň esasy pudaklarynyň biri, ýük daşalýan serişdeleriň bir görnüşi, ulag.

Tranşey — garym, ganaw, çukur.

Trapesiýa — iki tarapy ugurdaş we iki tarapy ugurdaş bolmadyk dörtburçluk.

Trigonometriýa (mat.) — geometriýanyň üçburçluklaryň taraplarynyň we burçlarynyň arasyndaky gatnaşyklary öwredýän bölümi.

Truboprowod — turba; suwuklygy, gazy we ş.m. bir ýerden ikinji ýere eltmek üçin çekilýän ýerasty turba.

Turbina — buguň, gazyň we suwuň energiýasyny mehaniki işe öwürýän, aýlawly hereket edýän dwigatel.

Turizm — syýahatyň dynç almak, tomaşa etmek bilen baglanyşykly görnüşi.

U

Uçastok — çäklendirilen belli bir ýer bölegi, administratiw-territorial bölüşik, harby bölümleriň söweşýän zolagy, söweş meýdanyň bir bölegi.

Udel (fiz.) — göwrümiň, agramyň we ş.m. ölçeg birligine degişli ululyk.

Uprawleniýa — sürme, dolandyрма, dolandyryş, edara etme, ýolbaşçylyk etme, dolandyryňan enjamlar.

W

Wariant — bir zadyň üýtgeşik görnüşi, dürli görnüşi, kitabyň, taslamanyň, meýilnamanyň we ş.m. aýry-aýry görnüşi.

Watt (fiz.) — elektrik güýjüniň ýa-da mehaniki kuwwatyň ölçeg birligi.

Wodorod (him.) — himiki element, kislorod bilen birleşende suw emele gelýän ýeňil gaz.

Wolt (fiz.) — elektrik togunyň güýjemesiniň ölçeg birligi.

Ý

Ýadro (gidro.) — bir zadyň merkezi bölegi, özeni (mysal üçin, bendiň özeni).

Z

Zapas — 1) ätiýaçlyk. Mätäçlik ýüze çykanda, taýýar bolup durar ýaly önünden gamyny iýip toplanan, taýýarlanan zat, artyk duran goýum, basylp, ýygnalyp goýlan zat; 2) (harby.) harby gullugy geçirip gelen we gerek bolanda ýene-de harby gulluga çagyrylmagy mümkin adam; 3) ýeriň astynda ýerleşýän nebit, demir, altyn we ş.m. magdan baýlygynyň bar bolan mukdary.

Zawod — çig maly mehaniki işläp çykarýan senagat kärhanasy, şonuň ýaly-da iri senetçilik kärhanasy.

Zona — zolak, belli bir çägiň aralygyndaky giňişlik, bir ugruň boýy, giden bir ýer, belli bir çäk.

EDEBIÝAT

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Täze galkynyş eýýamy. – Aşgabat, 2008.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň ykdysady strategiýasy: halka daýanyp, halkyň hatyrasyna. – Aşgabat, 2010.
3. Türkmenistanyň XX Halk Maslahatynyň resminamalary, çykyşlar we metbugatdaky seslenmeler. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
4. Türkmenistanyň 2030-njy ýyla çenli durmuş-ykdysady ösüşiniň esasy görkezjileri. – Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
5. Türkmenistanyň Suw hojalyk ministrligi. “Altyn asyr” Türkmen köli. – Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2009.
6. *Durdykow A.* Derýa akymyny sazlamak. Aşgabat. Türkmenistanyň oba we suw hojalyk ministrliginiň çaphanasy, 2000.
7. *Durdykow A.* Gidrometriýa. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2006.
8. *Durdykow A.* Agrometeorologiýa. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
9. *Durdykow A.* Gidrologiýa. – Aşgabat: “Ylym” neşirýaty, 2011.
10. *Gurbangulyýew G., Saparow O., Mämmedow M.* Umumy gidrologiýanyň esaslary. – Aşgabat, 2004.
11. *Воскресенский К.П.* Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973.
12. *Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г.* Общая гидрология. – Гидрометеиздат, 1973.
13. *Кирста Б.Т.* Сток взвешенных наносов рек Туркмении. Ашгабад; “Ылым”, 1970.
14. *Колодин М.* Вода и пустыни. – Москва: “Мысль”, 1981.
15. *Кунин В.Н.* Местные воды пустыни и вопросы их использования. – Москва: Изд-во АН СССР, 1959.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 1. Туркмения. – Ленинград Гидрометеиздат, 1976.
17. *Савичев О.Г., Краснощёков С.Ю., Наливайко Н.Г.* Регулирование речного стока. – Томск. Издательство Томского политехнического университета. 2009.
18. *Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е.* Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – Москва. «Колос», 1984.
19. *Иванов А.Н., Неговская Т.А.* Гидрология и регулирование стока. – Москва.

«Колос», 1979.

20. *Патамов А., Бабаýев А., Батыров А.*, Her damjasy – zer dānesi. – Aşgabat, “Türkmenistan”, 1996.

21. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – Москва: Агропромиздат, 1985.

22. *Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А.* Современные проблемы гидрологии. Издательство Академия ISBN. 2008.

23. *Овезов А.Ч.* Особенности эксплуатации речных водохранилищ Туркменской ССР. Ашхабад. НИИНТИ Госплана ТССР, 1979.

24. *Голованов А.И., Айдаров И.П., Григоров М.С.* Мелиорация земель. – «Колос», 2011.

25. *Бабилов Б.В.*, Гидротехнические мелиорации. – ЛТА. 2002.

26. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока (авторы Е.Е.Овчаров, Н.Н.Захаровская, И.В. Прошляков, А.М.Суконкин, В.В. Ильинич). Москва. «Агропромиздат», 1988.

27. *Смирнов Г.Н.* Гидрология и гидротехнические сооружения. – Издательство Высшая школа, 1988.

28. *Быков В.Д.* Проблемы речного стока. – Издательство: Московский университет, 2008.

29. *Ивашкевич Г.В.* Гидрология и регулирование стока. 2003.

30. *Сенчуков Г.* Использование местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения. – Издательство. РосНИИПМ, 2011.

31. *Иофин З.К.* Мировой водный баланс, водные ресурсы земли, водный кадастр и мониторинг. – Издательство. ВоГТУ, 2009.

32. *Эдельштейн К.К.* Гидрология материков. – Издательский центр “Академия”, 2005.

MAZMUNY

Giriş	7
-------------	---

I BAP

SUW AKYMYNY SAZLAMAGYŇ WEZIPELERI WE GÖRNÜŞLERI

1.1. Akymy sazlamak barada umumy düşünje.	10
1.2. Akymy sazlamagyň taryhy	10
1.3. Akym sazlanandaky suw hojalyk hasaplamalaryň esasy wezipeleri we elementleri	11
1.4. Suw serişdelerini ulanmak	14
1.5. Suw hojalyk deňagramlylygyny düzmek	17
1.6. Akymy sazlamagyň görnüşleri	18
1.6.1. Akymy sazlamagyň wezipeleri boýunça toparlara bölünişi.	18
1.6.2. Akymy sazlamagyň dowamlylygy boýunça toparlara bölünişi.	19
1.6.3. Akymy sazlamagyň sazlanýş derejesi boýunça toparlara bölünişi	24

II BAP

TÜRKMENISTANYŇ SUW HOWDANLARY

2.1. Türkmenistanda akymy sazlamagyň ähmiýeti	26
2.2. Murgap derýasynda gurlan suw howdanlary	30
2.3. Tejen derýasynda gurlan suw howdanlary	34
2.4. Etrek derýasynda gurlan suw howdanlary	37
2.5. Garagum derýasynda gurlan suw howdanlary	38
2.6. Türkmenistanyň howdanlarynyň özboluşly aýratynlyklary	40

III BAP

SUW HOWDANLARY WE OLARYŇ GÖRNÜŞLERI

3.1. Howdanlaryň ýerleşiş aýratynlyklarynyň görnüşleri	41
3.2. Howdanlaryň ululyklary boýunça toparlara bölünişleri	42
3.3. Howdanlaryň gurluşlary boýunça esasy görnüşleri	44
3.4. Bentli howdanlaryň elementleri	47

3.5. Howdanyň suw hojalyk hasaplamalarynyň tertibi	53
3.6. Howdan bentleriniň görnüşleri	56

IV BAP

SUW HOWDANLARYNYŇ HÄSIÝETLENDIRIJILERI

4.1. Howdanlaryň batigrafik häsiýetlendirijileri	59
4.2. Howdanyň ykdysady häsiýetlendirijileri	64
4.3. Howdanda suwuň derejesiniň beýgelip-peselip üýtgäp durmagy.	69

V BAP

HOWDANYŇ SUW ÝITGILERI

5.1. Howdandan bugarma sebäpli bolýan suw ýitgileri.	77
5.2. Suwuň ýere siňmegi (filtrasiýa) sebäpli howdanda bolýan suw ýitgileri	80
5.3. Howdanda buz emele gelmegi sebäpli bolýan suw ýitgileri.	82
5.4. Howdanyň suw ýitgilerini azaltmak boýunça geçirilýän çäreler	83

VI BAP

HOWDANYŇ GÖMÜLMEGI

6.1. Derýa getirintgileriniň howdanyň düýbüne çöküşi.	84
6.2. Howdanyň gömülýän göwrümini we möhletini kesgitlemek.	86
6.3. Howdanyň gömülmeginiň yzygiderliligini hasaplamak	88
6.4. Howdanyň kenarlarynyň täzeden emele gelmegi	92
6.5. Howdana çöken getirintgileri ýuwmak.	95
6.6. Howdanyň gömülmeginiň depginini azaltmak boýunça geçirilmeli çäreler	96

VII BAP

HOWDANLARY HASAPLAMAGYŇ WAJYP USULLARY

7.1. Howdanlaryň suw hojalyk hasaplamalarynyň esasy elementleri	98
7.2. Akymy sazlamagy hasaplamagyň esasy usullary	99
7.3. Suwy sarp etmegiň hasaplama üpjünligi.	100
7.4. Tablisa-san deňagramlylyk usuly bilen akymy sazlamak	102
7.5. Howdanlary grafik usullary bilen hasaplamak	112

VIII BAP

AKYMY PASYLLYK (ÝYLLYK) WE KÖPÝYLLYK SAZLAMAK

8.1. Akymy pasylyk (ýyllyk) sazlamagyň düýp manysy	126
--	-----

8.2. Akymy köpýyllyk sazlamak barada düşünje.	128
8.3. Gidrometrik gözegçilikleriň kalendar hatary boýunça akymy köpýyllyk sazlamak.	130
8.4. Akymy köpýyllyk sazlaýan howdanyň göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini hasaplamak.	131
8.5. Göwrümiň pasyllyk (ýyllyk) düzüjisini hasaplamak.	135
8.6. Akymy sazlamagyň hasaplamalarynyň umumylaşdyrylan usullary.	137
8.6.1. S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň birinji usuly bilen howdanyň peýdaly göwrüminiň köpýyllyk düzüjisini kesgitlemek.	137
8.6.2. S.N. Kriskiniň we M.F. Menkeliň ikinji usuly bilen akymy köpýyllyk sazlamak.	139
8.6.3. M.W.Potapowyň usuly bilen esasy suw hojalyk görkezijileriň üpjünligini hasaplamak.	147
8.6.4. A.D.Sawarenskiniň ähtimal wariantlar usuly.	152
8.6.5. Ýakyn ýyllaryň akymalarynyň arasyndaky korrelýasion baglanyşygy hasaba almak.	164

IX BAP

ÜYTGEÝÄN SARP ETME ÜÇIN AKYMY SAZLAMAK

9.1. Üýtgeýän sarp etme üçin akymy sazlamak barada düşünje.	167
9.2. Üýtgeýän sarp etmäniň normasy üçin akymy sazlamak.	168
9.3. Howdanyň doldurylyşyna baglylykda üýtgeýän sarp etme üçin akymy sazlamak.	171
9.4. Akymy ortalашdyrylan statistik häsiýetlendirijileri ulanyp hasaplamak.	175
9.5. Akymyň we sarp etmäniň arasyndaky korrelýasion baglanyşygy hasaba almak.	179
9.6. Suw hojalyk ulgamynyň üýtgeýän kuwwatynda akymy sazlamak.	182
9.6.1. Çaklamany ulanman, dispetçer grafikler usuly bilen akymy sazlamak.	182
9.6.2. Çaklamany ulanyp akymy sazlamak.	184
9.6.3. P.A.Lýapiçewiň usulyny ulanyp akymy sazlamak.	186

X BAP

AKYMY SAZLAMAGYŇ ÇYLŞYRYMLY GÖRNÜŞLERI

10.1. Akymyň öwezini dolup sazlamak.	188
10.2. Akymy kaskad usuly bilen sazlamak.	191

XI BAP

AŞAKY BÝEFE SUW AKDYRYJY DESGALARY HASAPLAMAK

11.1. Joşgunyň howdanyň üstünden geçişi.	193
---	-----

11.1.1. Çözülýän meseläniň düýp manysy	193
11.1.2. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarlarynyň deňlemesi we ony barlamak	195
11.1.3. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň deňlemesiniň analitik çözgüdi (M.W. Potapowyň usuly).	200
11.2. Suwuň aşaky býefe akdyrylýan mukdarynyň deňlemesini takmynan integrirleme	201
11.2.1. Meseläniň düýp manysy we meseläni hasaplamagyň mysaly	201
11.2.2. Ýönekeýleşdirilen tablisa usuly	203
11.2.3. Takyk tablisa usuly.	207
11.2.4. Tomasyň usuly	210
11.3. Aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny grafik usullary bilen hasaplamak	214
11.3.1. M.W.Potapowyň aralyklar üýtgändäki usuly	214
11.3.2. Aralyklar üýtgemände M.W.Potapowyň usulyny ýönekeýleşdirmek	218
11.3.3. Bendiň aşaky býefiniň akdyrylýan suwuň mukdaryna täsiri	223
11.3.4. Dürli usullary deňeşdirmek	225

XII BAP

HOWDANYŇ MAKSIMAL SUW MUKDARYNA SAZLAÝJY TÄSIRI

12.1. Umumy ýagdaýlar.	226
12.2. Köp suwly döwrüň akymyny sazlamagyň hasaplamalary	229
12.3. Joşgunlary özgertermegi hasaplamagyň takmynan usullary	231
12.4. Howdanlar ulgamynyň sazlaýjy täsirini takmynan hasaplamak	237

XIII BAP

SUW JOŞGUNYNYŇ GARŞYSYNA GÖREŞMEK MAKSADY BILEN AKYMY SAZLAMAK

13.1. Suw joşgunynyň sebäpleri we häsiýeti	239
13.2. Suw joşgunynyň garşysyna göreşmekde akymy sazlamagyň ähmiýeti	240
13.3. Joşgun akymynyň hasaplama grafikleri	241
13.3.1. Suw joşgunynyň hasaplama grafiginiň elementleri	241
13.3.2. Köpýyllyk gözegçilikler boýunça akymy hasaplamak	242
13.3.3. Gözegçilik maglumatlaryň ýeterlik bolmadyk we düýbünden bolmadyk ýagdaýlarynda akymy hasaplamak	244
13.4. Ätiýaçlyk howdan bilen akymy sazlamak	247
13.4.1. Sazlaýjy göwrümi ulanmak	247
13.4.2. Peýdaly göwrümi ulanmak	248
13.5. Ýörite joşgun howdanlary.	252
13.5.1. Joşgun howdanlarynyň ulanylýan ýerleri	252

13.5.2. Joşgun howdanlarynyň gurluşynyň we hasaplanyşynyň aýratynlyklary	252
13.5.3. Joşgun howdanlarynyň ulgamy	253

XIV BAP

SUWARYŞ MAKSATLAR ÜÇIN AKYMY SAZLAMAK

14.1. Akymy sazlamagyň we howdanlaryň görnüşleri	254
14.2. Akymyň we sarp etmäniň hasaplama grafikleri	255
14.2.1. Sarp etmäniň grafigi.	255
14.2.2. Suwaryşyň suw sarp etmesiniň üpjünligi.	256
14.2.3. Akymyň hasaplama grafigi	256

XV BAP

SUW ENERGIÝASY ULANYLANDA AKYMY SAZLAMAK

15.1. Energetika üçin suwy sarp etmäniň aýratynlyklary	257
15.2. Suw energiýasy ulanylanda akymy sazlamagyň görnüşleri	260
15.3. Howdanyň we gidrostansiýanyň ýerleşşi.	261
15.4. Gidrostansiýaly howdany hasaplamak	261
15.4.1. Hasaplamanýň wezipesi.	261
15.4.2. Gidrostansiýaly howdany hasaplamanýň kömekçi grafikleri	262
15.4.3. Gidrostansiýaly howdany tablisa usuly bilen hasaplamak.	264
15.4.4. Gidrostansiýaly howdany grafoanalitik usullary bilen hasaplamak	266
15.4.5. Gidrostansiýaly howdany M.B.Potapowyň grafik usuly bilen hasaplamak	267
15.4.6. Gidrostansiýaly howdany hasaplamak üçin ulanylýan usullara baha bermek	268
15.4.7. Gidrostansiýaly howdany hasaplamanýň mysaly	268
15.5. Suw-energetika ulgamlary	277
15.5.1. Akymy kaskad usuly bilen ulanmak	277
15.6. Gidrostansiýalary birleşdirmek we sazlaýjy gidrostansiýalar.	279
15.7. Gidroakkumulirleýän elektrostansiýalar (GAES).	281

XVI BAP

AKYMY GÄMI GATNAWY WE BAŞGA MAKSATLAR ÜÇIN SAZLAMAK

16.1. Akymy gämi gatnawy üçin sazlamak	283
16.1.1. Ulanylýan usullar.	283
16.1.2. Howdandan aşaky býefe akdyrylýan suwuň mukdaryny hasaplamak.	284
16.2. Akymy sazlamagyň beýleki görnüşleri.	285
16.2.1. Suw üpjünçiligi we suwlulandyryş üçin akymy sazlamak	285

16.2.2. Ilatly ýerleri kommunal we sanitar taýdan abadanlaşdyrmak üçin akymy sazlamak.	286
--	-----

XVII BAP

HOWDANLARY ULANMAK WE OLARA GÖZEGÇILIK ETMEK

17.1. Howdanlary ulanmak boýunça gullugyň wezipeleri.	287
17.2. Howdanlara gözegçilik etmek.	290
17.3. Howdanyň töwerekdäki tebigy gurşawa täsiri	292
Düşündirişli sözlük	302
Edebiyat	315

Aşyr Durdykow

AKYMY SAZLAMAK

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktory
Teh. redaktor
Suratçylar
Neşir üçin jogapkär

N. Kakalyýewa
T. Aslanowa
Ý. Peskowa, U. Karanow
R. Geldiýew

Ýygnamaga berildi 04.10.2012. Çäp etmäge rugsat edildi 28.01.2013.
Möçberi 70x100 1/16. Ofset kagyzy. Edebi garnitura.
Ofset çap ediliş usuly. Hasap-neşir listi 18,221.
Çap listi 20,25. Neşir № 10. Sargyt № 865. Sany 500.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.
744000 Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.

“Hatdat” hususy kärhanasy.
744000. Aşgabat, Magtymguly şaýoly, 74.