

**M.M. MUXAMMADIYEV, B.U. URISHEV,  
K.S. DJURAYEV**

# **GIDROENERGETIK QURILMALAR**



**TOSHKENT**

436  
621.209(075)

M93

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

M.M.MUXAMMADIYEV, B.U.URISHEV, K.S.DJURAYEV

# GIDROENERGETIK QURILMALAR

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining  
muvofiglashtiruvchi Kengashi tomonidan darslik sifatida  
tavsiya etilgan*

1582587  
TDU ASOMY  
ARM (KUTUBXONA)

UO'K: 621.311.212(075)

КБК 31.57ya73

M-93

M-93 **Gidroenergetik qurilmalar.** –T.: «Fan va texnologiya», 2015, -320 b.

ISBN 978–9943–983–91–5

Mazkur darslik «5310200 – Elektr energetikasi (tarmoqlar bo'yicha)» va 5111000 – Kasb ta'limi («5310200 – elektr energetikasi») yo'nalishlari bo'yicha ta'lim olayotgan bakalavr talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, «Gidroenergetik qurilmalar» fani bo'yicha o'quv va ishchi dasturlariga muvofiq tuzildi.

Darslikda barcha mavzular bo'yicha tayanch so'z va iboralar hamda nazorat savollari berilgan. Bunda gidroenergetikaning gidravlik asoslari, suv resurslaridan mukammal foydalanish, gidroelektrstanstansiyalar va nasos stansiyalari turlari, asosiy parametrlari va jihozlari, binolari va inshootlari, bosim quvurlari, gidroakkumulyatsion elektr stansiyalari va kishik GESlar, gidroenergetik qurilmalarning texnik- iqtisodiy hisoblari haqida ma'lumotlar berilgan.

\*\*\*

Учебник написан согласно учебной и рабочей программы предмета «Гидроэнергетические установки» и предназначен для студентов бакалавриата, обучающиеся по направлениям: «5310200 – Электроэнергетика (по отраслям)» и 5111000 – «Профессиональное образование. («5310200 – Электроэнергетика»).

В учебнике рассматриваются гидравлические основы гидроэнергетики, комплексное использование водных ресурсов, типы гидроэнергетических и насосных станций, их основные параметры и оборудования, здания и сооружения, напорные трубопроводы, гидроаккумулирующие электростанции и гидроэлектростанции малой мощности, технико-экономические расчеты гидроэнергетических установок.

\*\*\*

The textbook is written in accordance with the training and the work program of the subject «Hydropower installation» and is designed for undergraduate students enrolled in the direction «5310200 – Power (by industry and directions) and 5111000 – «Vocational Education (power)».

In the tutorial describes the basics hydraulic hydropower, integrated water resources management, the types of hydropower and pumping stations, their basic parameters and equipment, buildings and structures, pressure pipelines, hydroelectric pumped storage power and low-power feasibility study on hydropower plants.

UO'K: 621.311.212(075)

КБК 31.57ya73

*Taqrizchilar:*

X.X.Isakov - t.f.n., dotsent;

B.R.Urolov - t.f.n., dotsent.

ISBN 978–9943–983–91–5

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2015;

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015.

## KIRISH

«Gidroenergetik qurilmalar» fanini o'rganish mobaynida «5310200 – Elektr energetikasi (tarmoqlar bo'yicha)», «5111000 – Kasb ta'limi (5310200 - Elektr energetikasi)» yo'nalishlari bo'yicha ta'lim olayotgan talabalarga gidroelektr stansiyalari, nasos stansiyalari va gidroakkumulyatsiya elektr stansiyalari bo'yicha nazariy va amaliy bilimlarni berishdan iboratdir. Hozirgi kunda Respublikamizda gidrostansiyalar va nasos stansiyalar ekspluatatsiya qilinmoqda, o'rta va kichik GESlar qurilishiga katta e'tibor berilayotganligi uchun mana shu sohadagi mavzularga ko'proq e'tibor berildi. Shu bilan bir qatorda ma'ruzalar matnida gidroenergetikaning gidravlik asoslarini yoritishda gidrodinamik masalalar, asosan suyuqlik harakati, quvurlar gidravlikasi masalalariga ko'proq e'tibor berildi.

Umumiy elektroenergetika tarmog'ida gidroenergetik qurilmalar (GEQ) o'zining ishlab chiqaradigan mahsulotiga ko'ra energetika xo'jaligi bilan bog'langan bo'lsa-da, elektr energiyasi olish shartiga ko'ra suv xo'jaligi bilan, suvdan foydalanish bilan ko'proq bog'langandir.

GEQ ilmiy amaliy fan hisoblanadi va u bir necha fanlarga suyangan holda o'qitilishi zarur: gidrologiya va gidrometriya, gidravlika, gidrotexnika, gidravlik turbinalar va nasoslar, elektr mashinalari, elektrotexnika va boshqalar.

GEQ fanini amaliy fan deganda bu obyektlarni loyihalash, qurish va ishlatish sohasida to'plangan tajribani takomillashtirish va umumlashtirish tushuniladi.

To'plangan tajribaga murojaat qilib madaniy rivojlanish boshlanishidan insoniyat birinchi marta tabiat kuchlarini yengish va ularni o'zining talabiga muvofiq ishlatishga, qo'l kuchlarini, oldin uy hayvonlari kuchlariga, so'ngra mexanik dvigatellarga almashtirish to'g'risida bosh qotirganligiga guvoh bo'lamiz.

Birinchi ana shunday mexanik dvigatel suv g'ildiragi bo'lib, oqar suv kuchidan foydalanib harakatga kelgan.

Bizga yetib kelgan tarixiy hujjatlarga asosan bundan 3000 yil muqaddam madaniyati ilgarilagan Xitoy, Hindiston, Misr, Suriya va

Falastinda suv g'ildiraklari sug'orish kanallariga suv ko'tarib berishda va tegirmon toshlarini harakatga keltirishda qo'llanilgan.

Hozirda shu kabi inshootlarni bizning respublikamizda va boshqa mamlakatlarda uchratish mumkin.

XVIII asrda suv energiyasidan foydalanishning rivojlangan davri hisoblanadi. Bu davrda suv dvigatellari metallurgiya, shisha chiqarishda, yengil sanoatda va boshqalarda keng qo'llanilgan. Faqatgina Rossiyada - Uralda XVIII asr o'rtalarida 150 ta zavod gidroqurilmalar yordamida faoliyat ko'rsatgan.

Mexanik energiyaga talabning yanada oshishi suv dvigatellarini takomillashtirishni talab qilib, gidroqurilmalarning shu davrdagi ikki kamchiligini: uncha katta bo'lmagan quvvat ishlab berish va suv manbaiga (kanal, daryo) bog'liqligi masalasini hal qilishni ko'rsatardi.

Keyinchalik bug' dvigatellarining paydo bo'lishi suv dvigatellarining imkoniyatini cheklab qo'ydi. Shu davrda suv energiyasidan foydalanish sekinlashib, uning keyingi shiddat bilan rivojlanishiga ikki omil sabab bo'ldi:

1. Gidravlik turbinalar (GT) ixtiro qilinishi (Frensis 1847 y., Pel'ton 1880 y., Kaplan 1918 y.).

2. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatish imkoniyatini yaratilishi.

Elektr texnikaning rivojlanishi bu davrda kuchlanishni, quvvatni va masofani elektr uzatish liniyalarida oshirish ustida olib borildi.

XX asrda gidroenergetik qurilmalarning rivojlanishi eng yuqori cho'qqiga ko'tarildi. Shu davr ichida respublikamizda umumiy quvvati  $N = kVt$  bo'lgan 30 ta GES, 1500 dan ortiq nasos stansiyalari qurildi. Qarshi Bosh kanalida qurilgan nasos stansiyalar kaskadi jahonda tengi yo'q hisoblanadi.

Hozirgi davrda GEQlar takomillashuvi o'zining yuqori darajasiga ko'tarilgan, ular har qanday suv oqimiga, naporiga, suv sarfiga mos holda qo'llanilishi mumkin. Zamonaviy GEQlar katta quvvatga, ji-hozlari esa yuqori FIK ga egadir. Misol qilib, Itaypu (Braziliya) ( $N=12600$  MVT), Sayano-Shushensk ( $N=6400-7200$  MVT), Krasnoyarsk ( $N=6000$  MVT), Nurek ( $N=3000$  MVT), Chorvoq ( $N=620$  MVT) GESlarini, Qarshi nasos stansiyalar kaskadi ( $N=450$  MVT), Kaxov nasos stansiyasi ( $N= 168$  MVT) kabi yirik inshootlarni ko'rsatish mumkin.

MDHda gidroagregatlarni yaratuvchi jahon miqyosiga ko'tarilgan S.Peterburg shahridagi «Leningrad metall», Xarkovdagi «Turboatom», Uraldagi «Elektromash» va h.k. zavodlar mavjud.

Gidroenergetikaning rivojlanish istiqbolini gidroenergetik manbalar miqdori aniqlaydi.

Jahonda gidroenergetik manbalar hozirgi kunda quvvat bo'yicha  $N = 4000$  Gvt/yil deb baholangan va qit'alarga quyidagicha taqsimlanadi.

Yevropa	- 64 %
Osiyo	- 35,7 %
Afrika	- 18,7 %
Janubiy Amerika	- 16,0 %
Shimoliy Amerika	- 18,7 %
Avstraliya	- 4,5 %

Respublikamizdagi umumiy gidroenergetik potensial 74445 MVt ni tashkil qiladi, shundan hozirgi kunda faqat 23 % foydalanilmoqda.

GESlarda olinadigan elektr energiya eng arzondir. Faqat GESlar qurilishiga kapital sarf IESga nisbatan katta, lekin bu ham yillik chiqimlar hisobiga tez qoplanib ketadi.

Gidroenergetikani umumiy xalq xo'jaligi rivojida qarasak, asosiy bir omilni esdan chiqarmaslik kerak, bu tabiatda suvning aylanish jarayonidir, shuning uchun gidravlik energiya qaytalanuvchandir, yoqilg'i hisobiga ishlaydigan elektr stansiyalar esa tabiiy muhitga ekologik ta'sir ko'rsatib, qaytalanmaydigan ko'mir, gaz va boshqa neft mahsulotlarini iste'mol qiladi.

Hozirgi kunda gidroenergetik qurilmalardan foydalanish samaradorligini oshirishning quyidagi asosiy masalalari mavjud.

1. Suv resurslaridan energetik va kompleks foydalanishning optimal sxemalarini ilmiy asosda ishlab chiqish, suv xo'jalik, energetik va territorial – ishlab chiqarish komplekslarida GEQ larning rolini oshirish.

2. Umumiy elektr energetika tarmog'ida ishlayotgan GES va GAES, NS samaradorligini yanada oshirishning yangi uslublarini ishlab chiqish.

3. Gidroenergetik va kompleks suv xo'jalik obyektlarining samaradorligini aniqlashning zamonaviy uslubiyotini ishlab chiqish, energetik resurslarni iqtisodiy baholash masalalarini hal qilish.

4. Hidroenergetik obyektlarning (GES, NS, GAES) ekologik va iqtisodiy ta'sirini har bir region uchun hisoblash va asoslash.

5. GEQ lar va boshqa tipdagi elektr stansiyalari (quyosh, shamol ES, IES, AES) ning birgalikdagi (kombinatsiyalashgan) ish rejimlarini va iqtisodiy samaradorligini o'rganish.

6. Kichik GESlardan foydalanish bo'yicha tavsiyalarni ishlab chiqish, yangi kichik GESlar konstruksiyalari va loyihalarini yaratish, ularning texnik-iqtisodiy samaradorligini oshirish.

Mazkur ma'ruzalar matni birinchi bor o'zbek tilida yozilganligi uchun unda xato va kamchiliklarning bo'lishi ehtimoldan holi emas. Bu to'g'rida fikr-mulohazalarini bildirgan talaba va hamkasabalari-mizga oldindan o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

---

# I. SUV ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING GIDRAVLIK ASOSLARI

## 1.1. Gidravlikaning rivojlanishi haqida qisqacha ma'lumot

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini hamda bu qonunlarni texnikaning turli sohalariga tadbiiq etilishini o'rganuvchi fan *gidravlika* deb ataladi.

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalish va bu kuchlarning harakat davomida o'zgarib borish qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyihalashga tadbiiq etish bilan ham shug'ullanadi.

Gidravlika irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarga asos bo'ladi.

Gidravlika eng qadimgi fanlardan hisoblanadi. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlarda ham turli gidrotexnik inshootlarni qurishni bilganliklarini ko'rsatadi.

Arxeologik qazilmalarning guvohlik berishicha, eramizdan oldingi to'rt-uch minginchi yillardan boshlab qulfaklik (zatvor) hovuzlar, korizlar (yer osti ariqlari), eramizning boshlarida esa Afrosiyob vodoprovodi qurilgan.

O'rta asrlarda qurilgan suv inshootlariga Forish va Nurotadagi suv omborlari misol bo'la oladi. Bu suv omborlarining suv kiradigan qismi tor va oqib chiqadigan qismi keng qilib ishlangan, bu esa o'sha zamonlarda quvurlardan foydalanishda suvning dinamik bosimi haqida quruvchilar ma'lum tushunchaga ega ekanliklaridan darak beradi. Bu inshootlarni hisoblash haqidagi ma'lumotlar sakllanmagan, bular asosan tajribalarga asoslanib qurilgan deb taxmin qilsa bo'ladi.

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchi Arximedning «Suzib yuruvchi jismlar haqida» nomli asaridir. Suyuqlikka oid qonunlarning ochilishi XVI-XVII asrlardan boshlanadi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o'zandagi va quvurdagi harakati hamda jismlarning suzib yurishi, S.Stevinning suyuqlikning idish tubiga va devorlariga ta'sir qiluvchi kuchi,



G.Galileyning jismlarning suyuqliklardagi harakati va muvozanati, E.Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib chiqishi, B.Paskalning bosimning suyuqlikda uzatilishi, I.Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni haqidagi ishlar kiradi.

Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yoʻnalishda rivojlangan. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika boʻlsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil boʻlimi boʻlgan nazariy gidromexanika edi.

Gidromexanika fanining asoschilari D.Bernulli va L.Eyler Peterburg fanlar akademiyasining aʼzolari boʻlib, Rossiyada yashab ijod etganlar. N.P.Petrovning gidrodinamik sirgʻalish nazariyasi, N.E.Jukovskiy quvurlardagi gidravlik zarba nazariyasi va gidromexanika sohasidagi muhim ishlari, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash ishlari, A.N.Krilovning kema nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Lebenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa ishlari dunyo faniga qoʻshilgan buyuk hissadir. M.E.Jukovskiy, S.A.Chapligin, E.N.Kochin hozirgi aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari boʻlib, bu fanlar hozirgi vaqtda samolyot va raketalar harakatini oʻrganishda katta rol oʻynaydi. Hozirgi zamon gidravlikasining taraqqiyotida akademik X.A.Raxmatullinning aralashmalar gidrodinamikasi boʻyicha qilgan ishlari muhim oʻrin tutadi.

Mashhur rus olimi va injeneri, akademik V.G.Shuxov neftni chuqur quduqlardan chiqarib olish uchun porshenli nasoslarning bir qancha konstruksiyalarini kashf etdi. N.E.Jukovskiy va S.A.Chapligin qanotlarining harakati nazariyasini yaratdilar. Bu nazariya keyinchalik parraklarni, yoʻnaltiruvchi qurilmalarini, turli turbina va nasoslarini loyihalashda xizmat qildi.

## 1.2. Suyuqliklar toʻgʻrisida asosiy tushunchalar. Suyuqliklarning fizik xossalari

Juda kichik kuchlar taʼsirida oʻz shaklini oʻzgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Suyuqliklar qattiq jismlardan oʻz zarrachalarining juda harakatchanligi bilan farq qiladi va oquvchanlik xususiyatiga ega boʻladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga boʻlinadi: tomchilanuvchi va gazsimon suyuqliklar. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlik

tushuniladi. Ularga suv, spirt, neft, simob, turli moylar va boshqalar kiradi. Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatga ega: 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi; 2) temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi; 3) suzuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulalararo qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun tomchilanuvchi suyuqliklarni to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb ataymiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat vaqtida doimo qattiq jismlar: suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur hamda kanallarning devori va boshqalar bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ma'lum chegara bo'yicha aralashishi mumkin. Bu chegara erkin sirt deb ataladi.

Suyuqliklar siljituvchi kuchlarga sezilarli qarshilik ko'rsatadi va ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Bu kuchlarni aniqlash suyuqliklarning harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega.

### *Suyuqliklarning fizik xossalari*

a) Suyuqlikning solishtirma og'irligi. Hajm birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1.1)$$

bu yerda,  $V$ - suyuqlik hajmi;  $G$ - og'irligi.

Solishtirma og'irligining o'lchov birligi  $CI$  sistemasida:

$$[\gamma] = \frac{G}{V} = \frac{N}{m^3},$$

texnik sistemasida esa  $kg/m^3$  bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$kg/m^3 = 9,80665 N/m^3.$$

G.Galileyning jismlarning suyuqliklardagi harakati va muvozanati, E.Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib chiqishi, B.Paskalning bosimning suyuqlikda uzatilishi, I.Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni haqidagi ishlar kiradi.

Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo'nalishda rivojlangan. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo'lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo'limi bo'lgan nazariy gidromexanika edi.

Gidromexanika fanining asoschilari D.Bernulli va L.Eyler Peterburg fanlar akademiyasining a'zolari bo'lib, Rossiyada yashab ijod etganlar. N.P.Petrovning gidrodinamik sirg'alish nazariyasi, N.E.Jukovskiy quvurlardagi gidravlik zarba nazariyasi va gidromexanika sohasidagi muhim ishlari, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash ishlari, A.N.Krilovning kema nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Lebenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa ishlari dunyo faniga qo'shilgan buyuk hissadir. M.E.Jukovskiy, S.A.Chapligin, E.N.Kochin hozirgi aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari bo'lib, bu fanlar hozirgi vaqtda samolyot va raketalar harakatini o'rganishda katta rol o'ynaydi. Hozirgi zamon gidravlikasining taraqqiyotida akademik X.A.Raxmatullinning aralashmalar gidrodinamikasi bo'yicha qilgan ishlari muhim o'rin tutadi.

Mashhur rus olimi va injeneri, akademik V.G.Shuxov neftni chuqur quduqlardan chiqarib olish uchun porshenli nasoslarning bir qancha konstruksiyalarini kashf etdi. N.E.Jukovskiy va S.A.Chapligin qanotlarining harakati nazariyasini yaratdilar. Bu nazariya keyinchalik parraklarni, yo'naltiruvchi qurilmalarini, turli turbina va nasoslarini loyihalashda xizmat qildi.

## **1.2. Suyuqliklar to'g'risida asosiy tushunchalar. Suyuqliklarning fizik xossalari**

Juda kichik kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Suyuqliklar qattiq jismlardan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan farq qiladi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga bo'linadi: tomchilanuvchi va gazsimon suyuqliklar. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlik

tushuniladi. Ularga suv, spirt, neft, simob, turli moylar va boshqalar kiradi. Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatga ega: 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi; 2) temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi; 3) suzuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulalararo qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun tomchilanuvchi suyuqliklarni to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb ataymiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat vaqtida doimo qattiq jismlar: suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur hamda kanallarning devori va boshqalar bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ma'lum chegara bo'yicha aralashishi mumkin. Bu chegara erkin sirt deb ataladi.

Suyuqliklar siljitivchi kuchlarga sezilarli qarshilik ko'rsatadi va ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Bu kuchlarni aniqlash suyuqliklarning harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega.

### *Suyuqliklarning fizik xossalari*

a) Suyuqlikning solishtirma og'irligi. Hajm birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1.1)$$

bu yerda,  $V$ - suyuqlik hajmi;  $G$ - og'irligi.

Solishtirma og'irligining o'lchov birligi SI sistemasida:

$$[\gamma] = \frac{G}{V} = \frac{N}{m^3},$$

texnik sistemasida esa  $kg/m^3$  bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$kg/m^3 = 9,80665 N/m^3.$$

G.Galileyning jismlarning suyuqliklardagi harakati va muvozanati, E.Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib chiqishi, B.Paskalning bosimning suyuqlikda uzatilishi, I.Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni haqidagi ishlar kiradi.

Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo'nalishda rivojlangan. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo'lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo'limi bo'lgan nazariy gidromexanika edi.

Gidromexanika fanining asoschilari D.Bernulli va L.Eyler Peterburg fanlar akademiyasining a'zolari bo'lib, Rossiyada yashab ijod etganlar. N.P.Petrovning gidrodinamik sirg'alish nazariyasi, N.E.Jukovskiy quvurlardagi gidravlik zarba nazariyasi va gidromexanika sohasidagi muhim ishlari, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash ishlari, A.N.Krilovning kema nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Lebenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa ishlari dunyo faniga qo'shilgan buyuk hissadir. M.E.Jukovskiy, S.A.Chapligin, E.N.Kochin hozirgi aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari bo'lib, bu fanlar hozirgi vaqtda samolyot va raketalar harakatini o'rganishda katta rol o'ynaydi. Hozirgi zamon gidravlikasining taraqqiyotida akademik X.A.Raxmatullinning aralashmalar gidrodinamikasi bo'yicha qilgan ishlari muhim o'rin tutadi.

Mashhur rus olimi va injeneri, akademik V.G.Shuxov neftni chuqur quduqlardan chiqarib olish uchun porshenli nasoslarning bir qancha konstruksiyalarini kashf etdi. N.E.Jukovskiy va S.A.Chapligin qanotlarining harakati nazariyasini yaratdilar. Bu nazariya keyinchalik parraklarni, yo'naltiruvchi qurilmalarini, turli turbina va nasoslarini loyihalashda xizmat qildi.

## 1.2. Suyuqliklar to'g'risida asosiy tushunchalar. Suyuqliklarning fizik xossalari

Juda kichik kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Suyuqliklar qattiq jismlardan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan farq qiladi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga bo'linadi: tomchilanuvchi va gazsimon suyuqliklar. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlik

tushuniladi. Ularga suv, spirt, neft, simob, turli moylar va boshqalar kiradi. Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatga ega: 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi; 2) temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi; 3) suzuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulalararo qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun tomchilanuvchi suyuqliklarni to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb ataymiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat vaqtida doimo qattiq jismlar: suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur hamda kanallarning devori va boshqalar bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ma'lum chegara bo'yicha aralashishi mumkin. Bu chegara erkin sirt deb ataladi.

Suyuqliklar siljituvchi kuchlarga sezilarli qarshilik ko'rsatadi va ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Bu kuchlarni aniqlash suyuqliklarning harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega.

### ***Suyuqliklarning fizik xossalari***

a) Suyuqlikning solishtirma og'irligi. Hajm birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1.1)$$

bu yerda,  $V$ - suyuqlik hajmi;  $G$ - og'irligi.

Solishtirma og'irligining o'lchov birligi SI sistemasida:

$$[\gamma] = \frac{G}{V} = \frac{N}{m^3},$$

texnik sistemasida esa  $kg/m^3$  bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$kg/m^3 = 9,80665 N/m^3.$$

Solishtirma og'irlik hajmi avvaldan ma'lum bo'lgan idishdagi suyuqliklarning og'irligini o'lchash usuli bilan yoki areometrlar yordami bilan aniqlanadi.

b) Suyuqlikning solishtirma hajmi. Suyuqlikning og'irlik birligiga to'g'ri kelgan hajmi *suyuqlikning solishtirma hajmi* deyiladi va hajmni og'irlikka bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

$$g = \frac{V}{G} \quad (1.2)$$

(1.1) va (1.3) formulalardan ko'rinib turibdiki,

$$\gamma \cdot g = 1 \text{ yoki } g = 1/\gamma$$

Solishtirma hajmning o'lchov birligi CI sistemasida:

$$[g] = \frac{[V]}{[C]} = \frac{m^3}{N}$$

d) Suyuqlikning zichligi. Suyuqlikning hajm birligiga to'g'ri kelgan tinch holatdagi massasi *suyuqlikning zichligi* deb ataladi:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.3)$$

bu yerda,  $M$  – suyuqlikning massasi. Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha:

$$[\rho] = [M]/[V] = N \cdot s^2 / m^3$$

Zichlik temperaturaga bog'liq bo'lib, odatda, temperatura oshishi bilan kamayadi. Bu o'zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi

$$\rho_t = \rho_{20} / (1 + \beta_t(t - 20)) \quad (1.4)$$

bu yerda,  $t$  – temperatura (birligi  $^{\circ}C$ );  $\beta_t$  – hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti;  $\rho_{20}$  - suyuqlikning  $20^{\circ}C$  dagi zichligi. Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo'lib, uning zichligi eng katta qiymatiga  $4^{\circ}C$  (aniqrog'i  $3,98^{\circ}C$ ) da ega bo'ladi. Uning

temperaturasi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

e) Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi. Zichlik issiqlik o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. Demak, issiqlik o'zgarishi bilan hajm ham o'zgaradi. Suyuqliklarning bu xususiyatlaridan gidravlik mashinalarni hisoblashda va turli masalalarni hal qilishda hamda suyuqlik termometrlari va boshqa turli o'lchov asboblari yaratishda foydalaniladi.

Suyuqliklarning hajmiy kengayishini ifodalash uchun hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti degan tushuncha kiritilib, u bilan belgilanadi. Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi  $1^{\circ}\text{C}$  ga oshgandagi kengaygan miqdoriga uning hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1.5)$$

bu yerda,  $\Delta V = V - V_0$  - qizdirilgandan keyingi va boshlang'ich hajmlar ayirmasi;  $\Delta t = t - t_0$  - temperaturalar ayirmasi;  $[\beta_t] = \frac{1}{\text{grad}}$ ;  $\beta_t$  - juda kichik qiymat bo'lib, u  $t = 200^{\circ}\text{C}$  da suv uchun  $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{grad}}$ , mineral moylar uchun  $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{grad}}$ ; simob uchun  $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{grad}}$  ga teng.

f) Suyuqlikning siqilishi. Texnikada va tabiatda bosim juda katta bo'lgan hollar uchraydi. Bunda suyuqlikning umumiy hajmi katta bo'lsa, hajmning o'zgarishi sezilarli miqdorga ega bo'ladi va u hisobga olinadi.

Suyuqliklarning siqilishini hisoblashda hajmiy siqilish koeffitsiyenti degan tushuncha kiritiladi va u  $\beta_p$  bilan belgilanadi (ba'zida  $\beta_v$  bilan belgilanadi). Bosim bir birlikka oshirganda suyuqlikning hajm birligida kamaygan miqdori *hajmiy siqilish koeffitsiyenti* deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad (1.6)$$

bu yerda,  $\Delta P = p - p_0$  - o'zgartirilgan va boshlang'ich bosimlar ayirmasi  $\beta_p$  kichik miqdor bo'lib ( $t=20^{\circ}\text{C}$  da suv uchun  $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{mn}$ ,

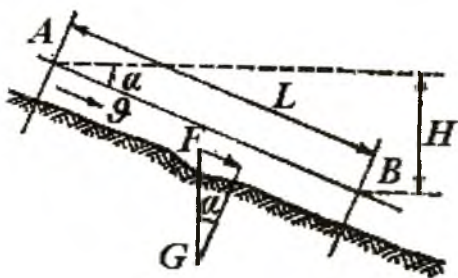


mineral moylar uchun  $\beta_p=6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{mn}$ ), ko'p hollarda hisobga olinmaydi.

g) Suyuqlik oqimi energiyasi. Suyuqlik oqimi harakatlanayotganda ma'lum energiyaga ega bo'ladi va shu asosda ish bajaradi. Bu ish miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin. Harakatlanayotgan suyuqlikning sarfini  $Q$  deb belgilaymiz.  $Q$  ni hisoblash uchun suyuqlik oqimining jonli kesim yuzasi  $\omega$ , oqimning o'rtacha tezligi  $\vartheta$  va nishabligi  $i$  ma'lum bo'lishi lozim.

Daryo yoki kanalning  $A$  va  $B$  nuqtalari orasidagi  $L$  uzunlikdagi qismida suv harakatini ko'rib chiqamiz (1.1-rasm). Bu qismda suv hajmi  $\omega L$  ga va uning og'irligi esa  $G = \gamma \cdot \omega \cdot L$  ga teng bo'ladi, bunda  $\gamma$  - suvning solishtirma og'irligi  $L$  uzunlikda oqimning bajargan ishi quyidagiga teng:

$$A = F \cdot L = G \cdot \sin \alpha = \gamma \cdot \omega \cdot L \sin \alpha \cdot L \quad (1.7)$$



1.1-rasm. Suv oqimi harakat energiyasini aniqlash sxemasi

1.7-formulada,  $F = G \cdot \sin \alpha$  - oqimning harakat kuchi. Bunda,  $L \sin \alpha = H$  deb belgilaymiz va bu  $L$  uzunlikdagi oqimning erkin sathi pasayishini anglatadi.

(1.8) formulada  $L = \vartheta \cdot t$  ga teng bo'lgani uchun,

$$A = \gamma \cdot \omega \cdot N \cdot \vartheta \cdot t \quad (1.8)$$

Formuladagi  $\vartheta \cdot \omega = Q$  - suv sarfini hisobga olsak quyidagi formulaga ega bo'lamiz

$$A = \gamma \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (1.9)$$

L uzunlikdagi suv oqimining quvvati, ya'ni uning vaqt birligida bajargan ishi

$$N = A / t = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (1.10)$$

Suv uchun  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  bo'lganligi uchun  $N = 9,81 Q \cdot H$ ,  $kVt$

Suv oqimining harakat energiyasi - bu uning ma'lum vaqt (T) davomida bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi.

$$E = N \cdot T, \text{ kVt} \cdot \text{soat} \quad (1.11).$$

T vaqt ichida oqib o'tgan suv miqdorini W deb belgilasak va bir soatda 3600 sekund borligini hisobga olsak, (1.11) ni shunday yozishimiz mumkin.

$$E = W \cdot H / 367,2, \text{ kVt} \cdot \text{soat}$$

(1.10) va (1.11) formulalar suyuqlik oqimining potensial quvvati va ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan elektr energiyasi miqdoridir.

### **1.3. Hidrostatika. Tinch turgan suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar. Gidrostatik bosim va uning xossalari. Bosim o'lchov birliklari**

Gidrostatika – gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganadigan bo'limidir. Bu qonunlarni o'rganish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog'liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega, bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to'liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o'rganadi.

Odatda, suyuqliklar muvozanat holatida bo'lganda, uning ayrim bo'laklariga bo'lgan ta'siri hamda suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va suyuqlikka botirilgan jismga ta'siri bosim orqali ifodalanadi.

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar qo'yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga bo'linadi. Ichki kuchlar – suyuqlik zarrachalarining o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi.

Tashqi kuchlar – suyuqlikka boshqa jismlarning ta'sirini ifodalaydi (masalan, suyuqlik solingan idish devorlarining ta'siri, ochiq yuzaga ta'sir qilayotgan havo bosimi va hokazo). Ichki kuchlar siljituvcchi kuchlarga ko'rsatiladigan qarshilik sifatida namoyon bo'ladi va *ichki ishqalanish kuchi* deb ataladi. Tashqi kuchlarni yuza bo'yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shuning uchun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar sirt bo'yicha yoki hajm bo'yicha ta'sir qilishiga qarab *sirt kuchlarga* va *massa kuchlarga* bo'linadi.

Sirt kuchlar – ko'rilayotgan suyuqlikning sirtiga ta'sir qiluvchi kuchlardir. Ularga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, ichki ishqalanish kuchi va suyuqlik solingan idish devorining reaksiya kuchlari kiradi. Ichki ishqalanish kuchi suyuqlik harakat qilgan vaqtida hosil bo'ladi va qovushqoqlik xususiyatini yuzaga keltiradi.

Massa kuchlar – qurilayotgan suyuqlikning har bir zarrasiga ta'sir qiladi va uning massasiga proporsional bo'ladi. Ularga og'irlik kuchlari va inersiya kuchlari kiradi.

Gidravlikada massa kuchlar, odatda, massaning hajmga nisbatini ifodalovchi, birlik massaga ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ifodalanadi.

### ***Gidrostatik bosim va uning xossalari***

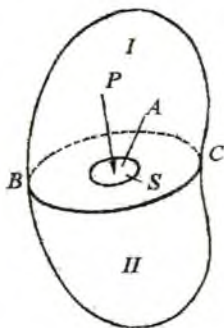
Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri gidrostatik bosimdir (1.2-rasm). Bu yerda, muvozanat holatidagi suyuqlikning ixtiyoriy hajmi ifodalangan. Bu hajm ichida ixtiyoriy A nuqtani olib, undan VS tekisligini o'tkazamiz. Natijada hajm ikki qismga ajraladi, VS sirtida A nuqta atrofida biror yuza ajratamiz. Hajmning I qismi orqali II qismiga VS bo'yicha bosim kuchi beriladi. Bu kuchning S yuzaga ta'sir qilgan qismini P bilan belgilaymiz.

Qaralayotgan S yuzaga ta'sir qiluvchi P kuch gidrostatik bosim kuchi yoki qisqacha gidrostatik kuch deb ataladi.

P kuch ikkala qismiga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga nisbatan esa ichki kuch hisoblanadi. P kuchning S yuzaga nisbati *o'rtacha gidrostatik bosim* deb ataladi:

$$P_{o'ri} = \frac{P}{S} \quad (1.12)$$

Bu qiymat A nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimdan iborat bo'ladi va u gidrostatik bosim deb ataladi. Gidrostatik bosim  $N/m^2$  bilan o'lchanadi. Umumiy holda gidrostatik bosim o'rtacha gidrostatik bosim  $P_{o'ri}$  ga teng emas. Ular bir-biridan kichik miqdor bilan farq qiladi.



1.2-rasm. Gidrostatik bosimni tushuntirish sxemasi

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (ya'ni gidrostatik bosim) ikkita asosiy xossaga ega: birinchi xossa-gidrostatik bosim o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga perpendikulyar yo'naladi.

Ikkinchi xossa – gidrostatik bosimning ta'sir qilayotgan nuqtalarida hamma yo'nalishlar bo'yicha qiymatlari bir xil.

### ***Bosimni o'lchash birliklari***

Bosimni o'lchash uchun texnikada quyidagi birliklardan foydalaniladi.

1. Kuch birliklarining yuzga birliklariga nisbati bilan, masalan:

$$\frac{N}{m^2}; \frac{kg}{m^2}; \frac{kg}{sm^2}; Pa \text{ (Paskal}^{\circ}) = \frac{N}{m^2}$$

2. Suyuqlik ustunining balandliklari bilan, masalan: mm suv ustuni, mm simob ustuni.

3. Kuchning biror miqdorining yuza birliklari ma'lum miqdoriga nisbati, yoki suyuqlik ustunining ma'lum sonlar bilan o'lchanadi, masalan, texnik atmosfera bilan o'lchanganda kuchning  $10,2=10\cdot 6N$  miqdorini, yuzaning bir  $sm^2$  iga nisbati ( $1at=10,2\cdot 10\cdot 6N/sm^2$ ) yoki simob ustunining 760 mm balandlik miqdori bosim birligi hisoblanadi va quyidagicha belgilanadi: texnik atmosfera – at; fizik atmosfera – atm, bar.

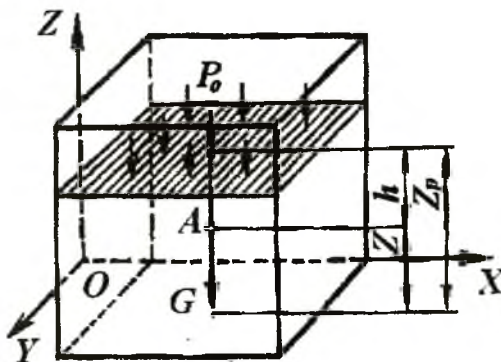
Yuqorida aytilgan birliklar orasidagi bog'liqlik quyidagidan iborat

$$1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} = 7,5024 \cdot 10^{-3} \text{ mm simob ustuni} = 0,102 \text{ mm suv ustuni} = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ kgs/sm}^2$$

#### 1.4. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi. Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal qonuni

Tinch turgan idishdagi suyuqlikni ko'rib chiqamiz. Bu suyuqlikka og'irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o'qlarini shunday yo'naltiramizki, OZ o'qi vertikal yuqoriga yo'nalgan bo'lsin (1.3 - rasm). Ko'rilayotgan idish ichida biror sirt dan esa h masofada joylashgan biror A nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarining bu koordinata sistemasidagi proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$X = 0, Y = 0, Z = -g \quad (1.13)$$



1.3-rasm. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga oid

Gidrostatik bosim  $r$ , suyuqlikning erkin sirtidagi bosim  $r_0$ , erkin sirt  $O_{XU}$  tekislikdan  $Z_0$  masofada joylashgan bo'lsin. Bu holda Eyler tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dp}{dx} = 0; \frac{dp}{dy} = 0; \frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g$$

Bu tenglamalardan bosimning OX va OY koordinatalariga bog'liq emasligi kelib chiqadi. U holda, quyidagini yozamiz:

$$dp = -\rho \cdot g dz$$

Oxirgi tenglamani erkin sirtidan A nuqtagacha bo'lgan oraliq uchun integrallaymiz va quyidagi tenglamani chiqaramiz:

$$p - p_0 = -\rho \cdot g(z - z_0) \quad (1.14)$$

$z_0 - z$  ning qiymati  $h$  ga teng bo'lgani uchun, so'nggi tenglama quyidagicha yoziladi:

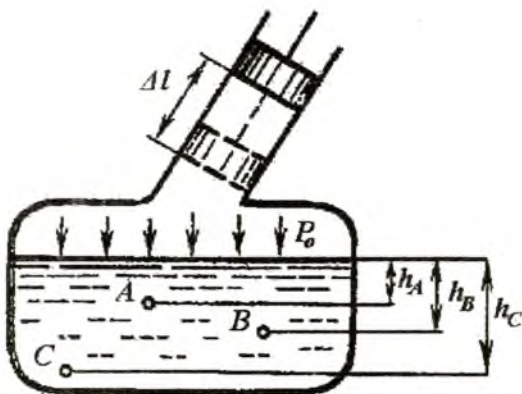
$$p = p_0 + \rho gh \text{ yoki } p = p_0 + \gamma \cdot h \quad (1.15)$$

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va u suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni suyuqlik turiga qarab va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlanadi. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi.

Tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizont tekislik bosimi teng sirtidan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizont bo'lib, u erkin sirt bo'ladi. Erkin sirtida bosim  $r_0$  ekanligini hisobga olsak, gidrostatikaning asosiy tenglamasi kelib chiqadi.

### ***Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal qonuni***

Suyuqliklarda bosimning uzatilishini o'rganish uchun misol sifatida og'zi porshen bilan yopilgan idishda bosimning o'zgarishini ko'rib chiqamiz (1.4-rasm).



1.4-rasm. Paskal qonuniga oid chizma

Suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $p_0$  bo'lsin. U holda biror A nuqtadagi mutloq bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$p_A = p_0 + \gamma \cdot h_a \quad (1.16)$$

B va C nuqtalarda esa

$$p_a = p_0 + \gamma h_a; \quad p_c = p_0 + \gamma \cdot h_c \quad (1.17)$$

ga teng bo'ladi.

Agar porshenni  $\Delta l$  masofaga (1.4-rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $\Delta p$  ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi bilan deyarlik o'zgarmaydi. Shuning uchun A, V va S nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} p_A^1 &= p_0 + \Delta p + \gamma \cdot h_A \\ p_a^1 &= p_0 + \Delta p + \gamma \cdot h_B \\ p_C^1 &= p_0 + \Delta p + \gamma \cdot h_C \end{aligned} \quad (1.18)$$

Bu holda bosimning o'zgarishi hamma nuqtalar uchun bir xil:

$$\begin{aligned}
 p_A^1 - p_A &= \Delta p \\
 p_B^1 - p_B &= \Delta p \\
 p_C^1 - p_C &= \Delta p
 \end{aligned}
 \tag{1.19}$$

Bundan quyidagicha xulosa qilish mumkin: suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda tushadi (uzatiladi). Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko'pchilik gidromashinalarning tuzilishi va ishlashi ana shu qonunga asoslangan.

### **1.5. Mutloq va manometrik (ortiqcha) bosim. Vakuum. Bosim o'lchash asboblari**

Suyuqlikdagi ixtiyoriy nuqtaning (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlangan) bosimi  $p$  shu nuqtaning mutloq bosimi deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosimi  $p_0$  erkin sirtidagi mutloq bosimdan iborat. yh esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'imlarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va  $p_a$  harfi bilan belgilanadi.

Bu holda mutloq bosim (1.15) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma \cdot h \tag{1.20}$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta bo'lsa, (1.20) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim  $p_m$  deb ataladi:

$$p_m = \gamma \cdot h = p - p_a \tag{1.21}$$

Manometrik bosim mutloq bosim bilan atmosfera bosimining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uni ortiqcha bosim deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim mutloq bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'ladi, masalan:  $p = p_a$  bo'lganda  $p_m = 0$ ;  $p \rightarrow \infty$



bo'lganda  $p_n \rightarrow \infty$ , ya'ni manometrik bosim 0 bilan  $\infty$  o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning mutloq bosimi atmosfera bosimidan kichik ( $p < p_a$ ) bo'lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim  $p_v$  ga teng bo'ladi va suyuqlikning siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$p_v = p_a - p \quad (1.22)$$

Vakuummetrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan kamligini ko'rsatadi va  $p = p_a$  da  $p_v = 0$ ;  $p_v = p_a$ . Shunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan  $p_a$  gacha bo'lgan qiymatda bo'ladi.

Bosim o'lchash asboblari *barometrlar* deb ataladi. Ular atmosfera bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan. Barometrlar atmosfera bosimiga nisbatan havoning siyraklanishini o'lchaydigan vakuummetrlarga va atmosfera bosimidan ortiq bosimni o'lchashga mo'ljallangan manometrlarga bo'linadi.

Manometrlar ishlash prinsipiga qarab suyuqlik va mexanik manometrlarga bo'linadi.

Suyuqlik manometrlari qisman suv yoki simob bilan to'ldirilgan U- simon naydan yasaladi. Nayning bir uchi tekshirilayotgan muhit bilan, ikkinchi uchi (ochiq qoldirib) atmosfera bilan tutashtiriladi. Eng oddiy suyuqlik manometri p'yezometrdir.

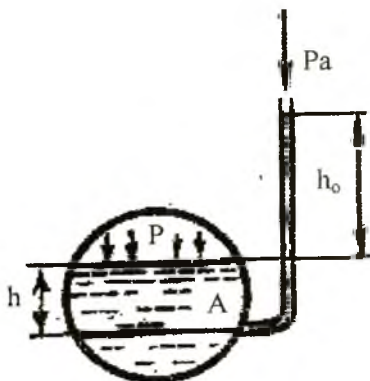
a) P'yezometrlar. Idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (1.5-rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab p'yezometr (shisha naycha) da suvning sathi  $h_n$  balandlikka ko'tariladi. Tekshirilayotgan A nuqtadagi  $p_A$  bosim idishning erkin sathidagi bosim bilan suv ustuni bosimining yig'indisiga teng. Bu bosim p'yezometr yordamida aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha topiladi:

$$p_A = p_a + \gamma(h + h_n) \quad (1.23)$$

U holda, p'yezometrdagi suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$h + h_0 = \frac{p_A - p_a}{\gamma} \quad (1.24)$$

va idishdagi ortiqcha bosimga to'g'ri keladigan suyuqlik ustunining balandligini ko'rsatadi. Bunday asboblarda 0,5 atm dan yuqori bo'lmagan kichik ortiqcha bosimlarini o'lchashda ishlatiladi. Haqiqatan ham 1 atm ga teng bo'lgan bosim 10 m suv ustunining balandligiga teng. Bundan yuqori bosimlarni o'lchashda juda uzun shisha naychalar ishlatish zarurati kelib chiqadi.



1.5-rasm. P'yezometr

b) Suyuqlik manometrlarida bosim simob ustuni yordamida o'lchanadi (1.6 -rasm). Bu holda simob solingan shishani idishga U-simon naycha orqali ulanadi. Bunda bosim o'lchanayotgan idishga simobning oqib o'tishi va U-simon naychadagi qarshilik to'sqinlik qiladi. U holda A nuqtadagi bosim idish tomonidagi qiymatlar orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p + \gamma \cdot h \quad (1.25)$$

simobli naychadagi qiymatlar orqali esa

$$p_A = p_2 + \gamma_{sim} \cdot h_{sm} \quad (1.26)$$

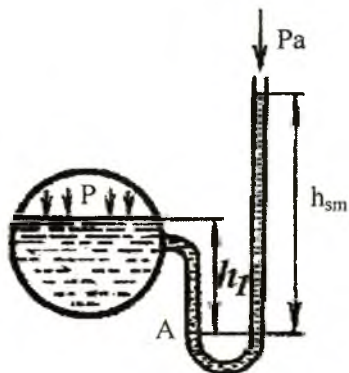
bu ikki tenglikdan p ni topamiz:

$$p = p_2 + \gamma \cdot h_{sm} - \gamma \cdot h \quad (1.27)$$

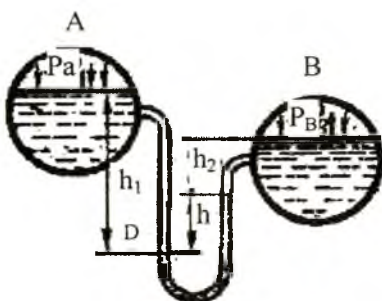
Bunday manometrlar bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchashga yaramaydi.

d) Differensial manometrlar ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi (1.7-rasm). Bosimlari  $p_a$  va  $p_v$  ga teng bo'lgan ikki idish simobli U-simon naycha orqali tutashtirilgan. Bunda S nuqtadagi bosim birinchi idishdagi qiymatlar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_c = p_A + \gamma \cdot h \quad (1.28)$$



1.6-rasm. Suyuqlik manometri



1.7-rasm. Differensial manometr

ikkinchi idishdagi bosimlar qiymatlar orqali esa

$$p_c = p_v + \gamma \cdot h_2 + \gamma_{sim} \cdot h \quad (1.29)$$

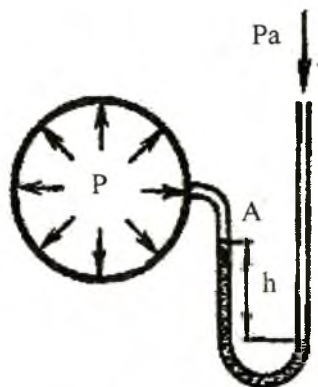
u holda idishlardagi bosimlar farqi quyidagicha bo'ladi:

$$p_A - p_v = \gamma(h_2 - h_1) + \gamma_{sim} \cdot h \quad (1.30)$$

Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo'lganda esa va

$$h_2 - h_1 = -h$$

$$p_A - p_v = (\gamma_{sim} - \gamma) \cdot h$$



1.8-rasm. Vakuummeter

e) Vakuummeterlarning tuzilishi xuddi suyuqlik manometrlariga o'xshash bo'lib, ular idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi. Bu holda gidrostatik bosim tenglamasiga asosan:

$$p + \gamma_{sim} \cdot h = p_2 \quad (1.31)$$

bo'ladi, bundan

$$p = p_2 - \gamma_{sim} \cdot h \quad (1.32)$$

Simob ustunining pasayishi idishdagi bosim  $p_a$  orqali quyidagi  $B$  icha aniqlanadi:

$$h = \frac{p_2 - p}{\gamma_{sim}} \quad (1.33)$$

## 1.6. Gidrodinamika.

### Suyuqlik harakatining asosiy tenglamalari

Gidrodinamikaning suyuqliklar harakati qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi bo'limiga gidrodinamika deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata bo'yicha o'zgaruvchi turli parametrlarga ega bo'lgan harakatdagi moddiy nuqtalar to'plamidan iborat. Odatda, suyuqlikning o'zi egallab turgan fazoni butunlay to'ldiruvchi tutash jism deb qaratiladi. Bu degan suv tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu yerda suyuqlik zarrachasi mavjud demakdir. Gidrostatikada asosiy parametr bosim bo'lsa, gidrodinamikada esa bosim va tezlikdir.

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud bo'lib, ular o'z qiymatiga ega bo'ladi. Tabiatdagi kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, bunday harakatga *beqaror harakat* deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi, texnikada quvurlardagi suyuqlikning harakati asosan boshlanganda, ko'p hollarda butun harakat davomida beqaror bo'ladi va harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega.

$$\begin{aligned} p &= f_1(x, y, z, t) \\ u &= f_2(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (1.34)$$

Agar suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo'yicha o'zgarmasa va faqat koordinatalarga bog'liq bo'lsa,

$$\begin{aligned} p &= f(x, y, z) \\ u &= f(x, y, z) \end{aligned} \quad (1.35)$$

bunday harakatga barqaror harakat deyiladi. Bu hol quvur va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganda yuzaga kelishi mumkin.

### ***Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi va o'rtacha tezligi***

Suyuqlik oqayotgan fazoning ko'ndalang kesim yuzasi  $\omega$  dan  $d\omega$  kichik yuzalarga ega bo'lgan cheksiz ko'p kichik oqimchalar oqib o'tadi va har bir kichik oqimchada suyuqlik tezligi boshqa kichik oqimchalardagidan farq qiladi. Kichik oqimchalarning harakat yo'nalishiga tik bo'lgan kesim oqimning harakat kesimi deyiladi.

Suyuqlik sarfi deb, vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdoriga aytiladi. Sarf  $Q$  harfi bilan belgilanadi va  $l/s$ ,  $m^3/s$ ,  $m^3/soat$  kabi o'lchov birliklarida o'lchanadi. 1.9-rasmda quvurdagi (a) va kanaldagi (b) oqimlar uchun tezlik epyuralari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo'lib devordan uzoqlashgan sari orta boradi.

Quvurda tezlikning eng katta qiymati uning o'rtasida, kanalda erkin sirtida bo'ladi. Ixtiyoriy kichik oqimchalardan tashkil topgani uchun kichik sarflar yig'indisi butun oqimning sarfi integral ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q = \int \vartheta \cdot d\omega \quad (1.36)$$

bu yerda,  $\vartheta$  - harakat tezligi;  $d\omega$  - harakat kesimining kichik oqimchaga tegishli qismi. **O'rtacha tezlik deb**, shunday tezlikka aytiladiki, suyuqlik zarrachalarining hammasi shu tezlik bilan harakatlanganda bo'ladigan sarf haqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo'ladi. 1.9-rasmda haqiqiy tezlik epyurasi punktir chiziq bilan belgilangan. O'rtacha tezlik epyurasi tutash chiziqqlar bilan belgilangan bo'lib, tutash strelkalar uchini birlashtiradi.

O'rtacha tezlik  $\vartheta$  harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimi yuzasiga bo'lish yo'li bilan topiladi:

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int \vartheta \cdot d\omega}{\omega} \quad (1.37)$$

Bu holda suyuqlik sarfi o'rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \vartheta \cdot \omega \quad (1.38)$$

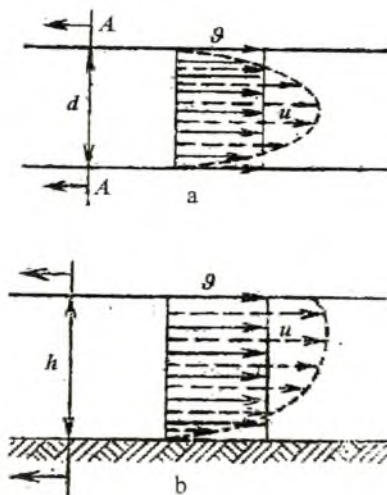
Harakat kesimi yuzasi va suyuqlik harakat qilayotgan soha uchun umumiy bo'lgan chiziq *ho'llangan perimetr* deyiladi va  $\chi$  harfi bilan ifodalanadi.

$$\chi = \frac{\pi d}{360^\circ} \cdot \varphi \quad (1.39)$$

$\varphi$  - suyuqlik bilan qamrab olingan qism burchagi

Harakat kesimining ho'llangan perimetriga nisbatan gidravlik radius deb ataladi:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (1.39)$$



**1.9-rasm.** Tezlik epyurasi:  
 a) quvurlarda; b) kanallarda;  
 (punktir chiziq) va o'rtacha tezlik (tutash chiziq).

Silindrik quvurlar uchun  $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ ,  $\chi = \pi \cdot d$ , bo'lgani sababli gidravlik radius diametrining to'rtidan biriga teng:

$$R = \frac{d}{4} \quad (1.40)$$

### *Uzluksizlik tenglamasi*

Yuqorida aytib o'tilganidek, gidravlikada suyuqliklar *tutash muhitlar* deb ataladi (ya'ni harakat fazosining istalgan nuqtasida suyuqlik zarrachasini topish mumkin). Suyuqlik oqimi uchun uzluksizlik tenglamasi uning tutash oqimining matematik ifodasi bo'lib xizmat qiladi. Suyuqlikning barqaror harakatini 1 – 1 va 2 – 2 kesimlar uchun ko'rib chiqamiz (1.10-rasm).

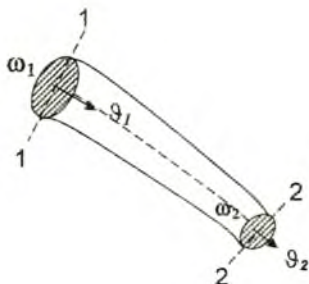
Bu kesimlar yuzasini 1 – 1 da  $\omega_1$ , oqim o'rtacha tezligini  $\vartheta_1$ , 2 – 2 da  $\omega_2$  va  $\vartheta_2$  deb belgilasak, hamda suyuqlik oqimi o'zgaruvchan

o'Ichamga ega bo'lgan quvurcha shaklida ekanligini e'tirof etsak, unda quyidagiga ega bo'lamiz.

1 - 1 va 2 - 2 kesimlar yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori bir xil, ya'ni  $Q_1 = Q_2$ . Unda, (1.37) ga ko'ra  $\omega_1 \vartheta_1 = \omega_2 \vartheta_2$ .

Buni umumiy holda shunday yozishimiz mumkin:

$$\omega_1 \vartheta_1 = \omega_2 \vartheta_2 = \dots \omega_n \vartheta_n = Q = \text{const.} \quad (1.41)$$



**1.10-rasm.** O'zgaruvchan harakat kesimiga ega bo'lgan suyuqlik oqimi sxemasi

Bu oqim uchun uzluksizlik tenglamasidir. Tenglamadan ko'rindiki, oqimning yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kesimlar yuzasi va tezligi o'zgarib boradi, lekin suyuqlik sarfi o'zgarmaydi. Bu holda (1.41) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (1.42)$$

ya'ni oqimning kesimdagi o'rtacha tezligi tegishli kesimlar yuziga teskari proporsionaldir.

## 1.7. Suyuqlik va oqimcha uchun Bernulli tenglamasi

### *Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi*

Bernulli tenglamasining mohiyatini o'rganish uchun suyuqlik oqimi ma'lum qismi kinetik energiyasining o'zgarishi qonunidan foydalanamiz. Harakat o'qi 1-1 bo'lgan biror kichik oqimcha ajratib, uning 1-1 va 2-2 kesimlar bilan ajratilgan bo'lagini olamiz. Ushbu

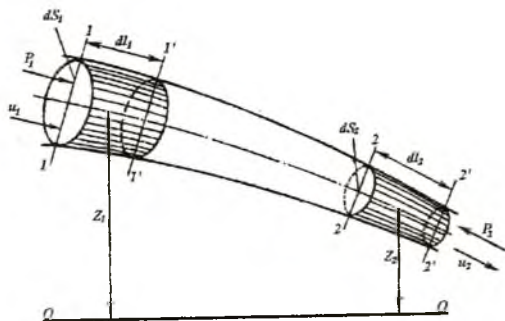


bo‘lak dt vaqtda harakat qilib 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi vaziyatga keladi (1.11 – rasm).

Kichik oqimchanning 1-1 kesimidagi yuzasi  $ds_1$ , bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch  $P_1$  va tezligi  $u_1$  bo'lsin, xuddi shuningdek, 2-2 kesimidagi yuzasi esa  $ds_2$ , unga ta'sir etuvchi kuch  $P_2$ , tezlik esa  $u_2$  bo'lsa ushbu bo‘lak kinetik energiyasining o‘zgarishini ko‘rib chiqamiz. Kinetik energiyasining o‘zgarish qonuniga asosan biror jismning harakati vaqtida uning kinetik energiyasining o‘zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlar bajargan ishlarning yig‘indisiga tengdir. Buning matematik ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$d\left(\frac{mu^2}{2}\right) = \sum P \cdot l \quad (1.43)$$

bu yerda,  $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$  – kichik oqimcha kinetik energiyaning dt vaqtda o‘zgarishi,  $\sum P \cdot l$  - barcha kuchlar bajargan ishlarning yig‘indisi.



1.11-rasm. Ideal suyuqlik kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini tushuntirish

Endi kichik oqimcha bo‘lagining 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi vaziyatdan dt vaqt ichida 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi vaziyatga kelganda uning kinetik energiyasining o‘zgarishini ko‘ramiz. Harakat barqaror bo‘lgani uchun bu o‘zgarish 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo‘lak bilan 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo‘lakning kinetik energiyalarining ayirmasiga teng.

1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi uning massasi  $m_1$  bo'lsa  $\frac{m_1 u_1^2}{2}$  ga teng bo'ladi. 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi  $m_2$  massali bo'lakning kinetik energiyasi esa  $\frac{m_2 u_2^2}{2}$  ga teng. Demak qaralayotgan 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi dt vaqtda quyidagi miqdorga o'zgaradi:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} \quad (1.44)$$

Ikkinchi tomondan, 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak massasi uning hajmi  $ds_1 dl_1$  bilan zichligini ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho \cdot ds_1 dl_1$$

Shuningdek 2 - 2 va 2' - 2' kesimlar orasidagi bo'lakning massasi  $m_2 = \rho \cdot ds_2 dl_2$ .  $dl_1$  va  $dl_2$  lar dt vaqt ichida 1-1 va 2-2 kesimlarning yurgan yo'lini ko'rsatadi, shuning uchun:

$$\left. \begin{aligned} dl_1 &= u_1 dt, \\ dl_2 &= u_2 dt \end{aligned} \right\} \quad (1.45)$$

u holda  $m_1$  va  $m_2$  uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$\begin{aligned} m_1 &= \rho ds_1 u_1 dt \\ m_2 &= \rho ds_2 u_2 dt \end{aligned}$$

Bu munosabatni (1.44) ga qo'ysak va uzluksizlik tenglamasidan kichik oqimcha sarfi  $q = u_1 ds_1 = u_2 ds_2$  ekanligini hisobga olsak, kichik oqimcha kinetik energiyasining o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{\rho \cdot q \cdot dt \cdot u_2^2}{2} - \frac{\rho \cdot q \cdot dt \cdot u_1^2}{2} = \rho \cdot q \cdot dt \left( \frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) \quad (1.46)$$

Endi (1.46) formulaning o'ng tomoni, ya'ni kichik oqimchaga ta'sir etayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisini ko'rib chiqamiz. Bu ishlar 1-1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajargan ishlaridir. Kichik oqimchani yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan kelib chiqadi. 1-1 kesimga ta'sir etuvchi  $p_1$  bosimning bajargan ishi  $A_1$ , 2-2 kesimga ta'sir etuvchi  $p_2$  bosimning bajargan ishi  $A_2$  bilan belgilanadi.

1.11 - rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= p_1 ds_1 dl_1 \\ A_2 &= p_2 ds_2 dl_2 \end{aligned} \right\}$$

(9) ni hisobga olib, uzluksizlik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= p_1 q dt \\ A_2 &= p_2 q dt \end{aligned} \right\} \quad (1.47)$$

Kichik oqimcha og'irlik kuchi quyidagiga teng

$$A_3 = G(z_1 - z_2),$$

bunda,  $z_1, z_2 - m_1, m_2$  suyuqlik kichik bo'lagi massalari markazlarining vertikal o'q bo'yicha 0-0 gorizont tekisligiga nisbatan balandligi;

$G - m_1, m_2$  suyuqlik kichik bo'lagi massalarining og'irligi.

$$G = \gamma \cdot ds_1 \cdot dl_1 = \gamma ds_1 \cdot u_1 \cdot dt = \gamma \cdot q \cdot dt$$

$$G = \gamma \cdot ds_2 \cdot dl_2 = \gamma ds_2 \cdot u_2 \cdot dt = \gamma \cdot q \cdot dt$$

Bo'lgani uchun

$$A_3 = \gamma \cdot q \cdot dt (z_1 - z_2) \quad (1.48)$$

Endi (1.47) va (1.48) larni (1.46) ga keltirib qo'ysak kichik oqimcha uchun kinetik energiyasining o'zgarish qonunini hosil qilamiz;

$$p \cdot q \cdot dt \cdot \left( \frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) = p_1 q dt - p_2 q dt + \gamma \cdot q \cdot dt (z_1 - z_2),$$

bu yerda,  $R_2$  kuch suyuqlik harakatiga teskari yo‘nalgan bo‘lgani uchun tenglamaning o‘ng tomondagi ikkinchi had  $A_2$  manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini  $\gamma \cdot q \cdot dt$  ga bo‘lsak u holda,

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} + z_1 - z_2$$

Bir xil indeksli hadlarni gruppalab joylashtirsak, ideal suyuqlik kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi hosil bo‘ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (1.49)$$

### ***Bernulli tenglamasining geometrik va energetik mazmunlari. P‘yezometrik chiziq***

Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga ega. Buni aniqlash uchun biror kichik oqimcha olib, uning 1-1, 1-2 va 3-3 kesimlarini ko‘ramiz (1.12-rasm). Bu kesimlarning og‘irlik markazi biror 0-0 tekislikdan  $z_1$ ,  $z_2$  va  $z_3$  masofalarda bo‘ladi va kichik oqimchanning geometrik balandliklarini ko‘rsatadi.

Endi qabul qilingan 1 - 1, 2 - 2, va 3 - 3 kesimlar tekisliklari markazida p‘yezometr va uchi egilgan trubka shishachalar o‘rnatamiz. Bu holda p‘yezometrlarda suyuqlik kesimlar og‘irlik markaziga nisbatan ma‘lum balandlikka ko‘tariladi. Bu ko‘tarilish kesimlarda quyidagiga teng bo‘ladi:

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}; h_2 = \frac{p_2}{\gamma}; h_3 = \frac{p_3}{\gamma} \quad (1.50)$$

$h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  lar *p‘yezometrik balandliklar* deb ataladi. Odatda p‘yezometrlar yordamida quvurlarda harakat qilayotgan suyuqlikning gidrostatik bosimi o‘lchanadi. Uchi egilgan naychalarda suyuqlik

p'yezometrda giga qaraganda balandroqqa ko'tariladi. Buning sababi shundaki, shisha nayning egilgan uchi suyuqlik harakati yo'nalishida bo'lib gidrostatik bosimga qo'shimcha ravishda suyuqlik tezligi bilan bog'liq bo'lgan bosim paydo bo'ladi. Uchi egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagi miqdorlarga ega bo'ladi:

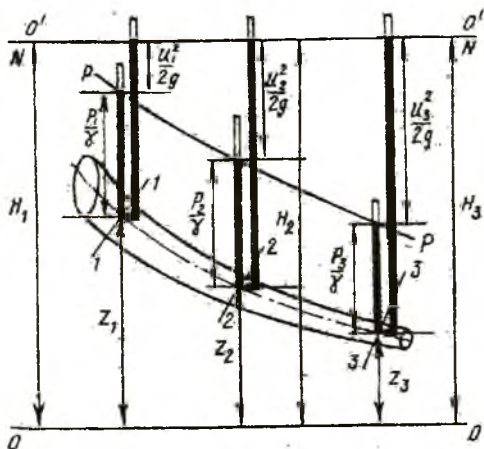
$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}; \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}; \quad h_3 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u}{2g}. \quad (1.51)$$

P'yezometrda giga suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h_1 - h_2 = \frac{u_1^2}{2g}; \quad h_2 - h_3 = \frac{u_2^2}{2g}; \quad h_3 - h_1 = \frac{u_3^2}{2g}. \quad (1.52)$$

larga teng bo'ladi va tezlik napori balandligi deyiladi. Shunday qilib geometrik nuqtayi nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagicha ataladi.

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$  – suyuqlikning tegishli kesimlaridagi tezlik napori balandligi.



1.12-rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini tushuntirish

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}, \frac{P_3}{\gamma}$  – p'yezometrik balandliklar.

$z_1, z_2, z_3$  – geometrik balandliklar (tegishli kesimlarning og'irlik markazi 0-0 tekislikdan qancha balandlikda turishini ko'rsatadi)

$\frac{u^2}{2g}, \frac{P}{\gamma}, z$  lar uzunlik birliklarida o'lchanadi.

P'yezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak hosil bo'lgan chiziq p'yezometrik chiziq (P – P) deyiladi. Bernulli tenglamasida tezlik balandligi, p'yezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 1.12-rasmda H – H chiziq bilan belgilanadi va suyuqlikning gidrodinamik napori chizig'i deb ataladi va quyidagiga teng.

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z = \text{const} \quad (1.53)$$

Bu aytilganlar ideal suyuqlikning kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o'zgarish qonuniga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi quvurda harakatlanayotgan suyuqlik uchun energiyaning sakllanish qonunidir. Bernulli tenglamasi (1.49)ning chap tomoni kichik oqimchanning 1 – 1 kesimidagi to'liq solishtirma energiyasi bo'lib u 2 – 2 kesimdagi to'liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o'zgarmas miqdordir. Bu yerda *solishtirma energiya deb*, og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdoriga aytiladi. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi hadlarining energetik ma'nosi quyidagicha:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$  - kichik oqimchanning 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3 kesimlariga

tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

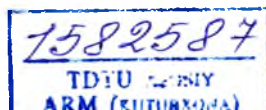
$\frac{P_1}{\gamma} + z_1, \frac{P_2}{\gamma} + z_2, \frac{P_3}{\gamma} + z_3$  - kichik oqimcha kesimlari uchun solishtirma

potensial energiya;

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}, \frac{P_3}{\gamma}$  - kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi

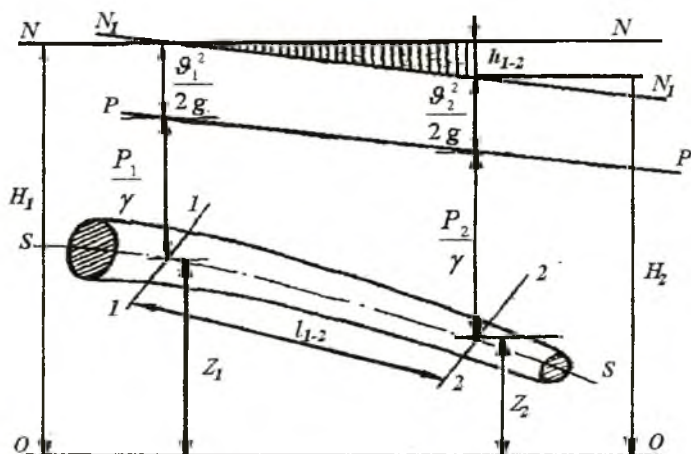
solishtirma holat energiyasi;

$z_1, z_2, z_3$  - 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3 kesimlarga tegishli og'irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma holat energiyasi.



## Real suyuqliklar kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Endi real suyuqlikning kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining grafigini chizamiz (1.13-rasm). Buning uchun harakat o'qi, 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlardagi tezliklar bosimlari bo'lgan kichik oqimcha olamiz. Hosil bo'lgan oqimcha uchun kesimlarda p'ezometr va uchi egilgan shisha naycha olamiz. P'ezometrdagi suyuqlik balandliklarini tutashtirib suyuqlik bosimi chizig'ini olamiz. Bu olingan grafikni ideal suyuqlikning kichik oqimchasi uchun olingan grafik (1.11-rasm) bilan solishtiramiz. Natijada ideal suyuqliklar uchun suyuqlikning birinchi kesimidagi gidrodinamik bosimining ikkinchisi va uchinchi kesimlardagi gidrodinamik bosimlarga tengligini ya'ni ekanligini real suyuqliklar uchun esa birinchi kesimdagi gidrodinamik bosimning ikkinchi kesimdagi bosimga teng emasligini, ya'ni  $N_1 \neq N_2$  ekanligini ko'ramiz. 1.13-rasmdan ko'rinib turibdiki bu tengsizlik quyidagicha ifodalanadi:  $H_1 > H_2$ .



1.13-rasm. Real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini tushuntirish

Demak, real suyuqlikning kichik oqimchasi harakat qilganda solishtirma energiyaning ma'lum bir qismi yo'qotilar ekan. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi bu yo'qotishni  $h_{1-2}$  bilan belgilaymiz.

Bunda indeks orasida yo'qotish bo'layotgan kesimlar nomerini ko'rsatadi.

Aytilgan yo'qotishning mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin: Real suyuqlikning kichik oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik mavjud bo'ladi va uni yengish uchun albatta ma'lum bir miqdorda energiya sarflash kerak bo'ladi. Bu sarflangan energiya qaralayotgan harakat uchun tiklanmaydi. Yuqorida keltirilgan tengsizlik ana shu yo'qotilgan energiya hisobiga hosil bo'ladi. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasida yo'qotilgan solishtirma energiya quyidagiga teng:

$$h_{1-2} = \left( \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) \quad (1.54)$$

Natijada quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2} \quad (1.55)$$

Olingan tenglama real suyuqlikning kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir. Bu tenglama ideal suyuqlik kichik oqimchasi-ning tenglamasidan o'ng tomondagi to'rtinchi had  $h_{1-2}$  bilan farq qiladi. Bu had 1-1 va 2-2 kesimlar orasida bosimning kamayishini ko'rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan had bo'lmaydi.

Quvurda barqaror harakat qilayotgan suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_{1-2}, \quad (1.56)$$

bunda  $\vartheta_1, \vartheta_2$  - quvur uzunligi bo'yicha 1-1 va 2-2 kesimlardagi suyuqlikning o'rtacha tezligi qiymatlari;

$\alpha_1, \alpha_2$  - Koriolis koeffitsiyentlari bo'lib 1-1 va 2-2 kesimlarda tezlik epyuralarida tezliklar taqsimlanishining notekisligini hisobga oladi. Uning qiymati turbulent oqim uchun  $\alpha = 1,02 - 1,10$ ; laminar oqim uchun esa  $\alpha = 2,0$  qabul qilinadi.



## 1.8. Gidravlik nishabliklar

Gidravlik hisoblashlarni bajarishda va suyuqlikdagi kuchlarni hisoblashda gidravlik hamda p'yezometrik nishabliklardan foydalaniladi.

Gidravlik nishablik deb bosim chizig'ining uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishiga aytiladi.

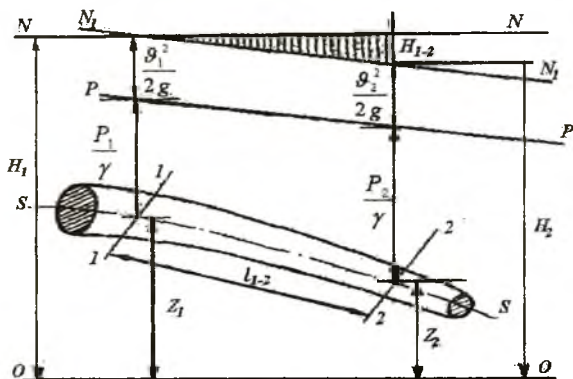
1.14-rasmda oqim uchun bosim chiziqlari va p'yezometrik chiziqlar keltirilgan. Bu chiziqlar aslida egri chiziq bo'lib, rasmda to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlangan. Gidravlik nishablikning ta'rifidan ko'rinib turibdiki, uning o'rtacha qiymati 1 – 1 va 2 – 2 kesimlar orasidagi qiyalik orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$I = \frac{\left( \frac{a_1 v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{a_2 v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}}, \quad (1.57)$$

bu yerda, 1 – 1 - 2 – 2 birinchi va ikkinchi kesim orasidagi masofa.  $l_{1-2}$  – shu masofa orasidagi bosimning pasayishi.

Agar bosim chizig'i egri chiziq bo'lsa, u holda gidravlik qiyalik differensial ko'rinishda yoziladi.

$$I = \frac{dH}{dl} = - \frac{d \left( \frac{a v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \right)}{dl} \quad (1.58)$$



1.14-rasm Gidravlik nishablikni tushuntirish chizmasi.

P'yezometrik qiyalik deb p'yezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishiga aytiladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (1.15-rasm) o'rtacha p'yezometrik qiyalik quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{p1-2} = \frac{\left(\frac{P_2}{\gamma} + z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + z_2\right)}{l_{1-2}} \quad (1.59)$$

P'yezometrik chiziq egri chiziqdan iborat bo'lganda p'yezometrik qiyalik differensial ko'rinishda aniqlanadi.

$$I = -\frac{d\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)}{dl} \quad (1.60)$$

Tekis harakat vaqtida tezlik o'zgarmaganligi ( $\vartheta_1 = \vartheta_2$  bo'lgani) uchun gidravlik va p'yezometrik nishabliklarga teng bo'ladi.

Suyuqlik oqimida bosimning ta'siriga qarab bosimli va bosimsiz harakatlar bo'ladi. Bosimli harakat deb bosim va og'irlik ta'sirida sodir bo'ladigan harakatlarga aytiladi. Bosimli harakat vaqtida suyuqlik har tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi. Bosimli harakatga quvurlar bosim ta'sirida oqayotgan suyuqlikning harakati misol bo'ladi.

Bosimsiz harakat vaqtida suyuqlik faqat og'irlik kuchi ta'sirida harakat qilib, erkin sirtga ega bo'ladi. Bosimsiz harakatga daryolardagi, kanallardagi va to'lmasdan oqayotgan quvurlardagi suvning harakatlari misol bo'ladi.

## 1.9. Suyuqlikning laminar va turbulent harakati rejimlari

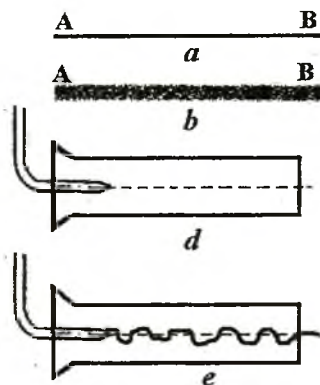
Ko'p hollarda quvurlardagi harakatlar tekis harakat bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bunda uning ikki kesimdagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlar ta'sirida quvurlardagi harakat tezligi har xil bo'lishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik

zarrachalari tartibli yoki tartibsiz harakat qiladi. Bu harakatlar asosan ikki xil bo'ladi: laminar harakat va turbulent harakat.

Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat-qavat bo'lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi. Boshqacha aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar harakat fazosida biror A nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo'ladi. Harakat natijasida shu zarracha A nuqtadan siljib, uning o'rnini boshqa zarracha egallaydi. Ikkinchi zarracha ham A nuqtada to'xtab turmaydi va uning o'rnini uchinchi zarracha egallaydi va h.k.

Endi, A nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror B nuqtaga AB chizig'i bo'yicha kelsa (1.15-rasm, a), uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham A nuqtadan B nuqtaga AB chizig'i bo'yicha kelsa, uchinchi zarracha ham aniq AB chizig'i bo'yicha harakatlansa va A nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham AB chizig'i orqali B nuqtaga kelsa, bunday harakatga laminar harakat deyiladi. Ba'zan laminar harakatning bunday tartibli parallel oqimchasi yoki *tinch harakat* deb ham ataladi.



1.15-rasm. Turbulent va laminar harakatga doir chizma

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha quvurning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik quyib yuboriladi, bunda rangli suyuqlik aralashmasidan

to'g'ri chiziq bo'yicha oqimcha ko'rinishida ketadi (1.15-rasm, d) agar suyuqlikning tezligini oshira borsak, harakat tartibi o'zgarib boradi tezlik ma'lum bir chegaradan o'tgandan keyin zarrachaning kinetik energiyasi ko'payib ketishi natijasida ular ko'ndalang yo'nalishda harakat qila boshlaydi.

Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib, energiyasining bir qismini yo'qotadi va yana o'z qavatiga qaytib keladi. Oqimning tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakatga *turbulent harakat* deyiladi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Yuqorida aytganimizdek, A nuqtadan o'tayotgan zarrachalarni ko'rsak, birinchi zarracha B nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri chiziq bo'yicha keladi. Hatto u B nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchisining ketidan kelayotgan ikkinchi zarracha ham A dan B ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa A dan B ga uchunchi egri-bugri chiziq bilan keladi. Shunday qilib, turbulent harakatda ixtiyoriy A nuqtadan o'tuvchi har bir suyuqlik zarrachasi B nuqtaga o'ziga xos egri chiziq bilan keladi. (1.15-rasm, b), ba'zi zarrachalar B nuqtaga kelmasligi mumkin. Yuqorida aytilgan usul bilan quvurda oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang'ich kesimida rang qo'shib yuborsak, u tezlikning ma'lum bir miqdordan boshlab egri chiziq bo'yicha ketadi (1.15-rasm, e). Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikka butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadiki, suyuqlikning parallel oqimchalik tartibi buziladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O.Reynol'ds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarni 1883 yilda e'lon qilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan o'lchami ko'paytmasining qovushqoqlik kinematik koefitsiyentiga nisbatan o'lchovsiz miqdor harakterlar ekan. Bu miqdor olimning sharafiga Reynolds soni deb ataladi va *Re* bilan belgilanadi. Silindrik quvurlardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{\rho \cdot d}{\nu} \quad (1.61)$$

Turli shakldagi nosilindrik quvurlar va o‘zanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o‘lchanadi:

$$Re = \frac{\rho \cdot d_{ekv}}{\nu} = \frac{\rho \cdot 4R}{\nu}; \quad (1.62)$$

bu yerda,  $d$  – quvurning ichki diametri;  $d_{ekv}$  – o‘zan yoki notsilindrik quvurning ekvivalent diametri;  $\nu$  - kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti;  $R$  – gidravlik radius.

Reynolds aniqlashicha, yuqorida aytilgan o‘lchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida harakat laminar bo‘lib, uning ortib borishi natijasida turbulent harakatga aylanadi. (1.61) dan ko‘rinib turibdiki, Reynolds soni  $Re$  ortishi uchun yoki tezlik, yoki quvur diametri ortishi yoki bo‘lmasa, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini kamayishi kerak.

Suyuqlikning laminar harakatidan turbulent harakatga o‘tishi Reynolds sonining ma’lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynolds kritik soni deb ataladi va  $Re_{kr}$  bilan belgilanadi. Bu son silindrik quvurlar uchun  $Re_{kr}=2320$  ga teng. Agar oqimni juda silliq quvurda har qanday turtki va tebranishlardan xoli bo‘lgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan va hatto undan bir necha marotaba ortiq bo‘lishi mumkin. Lekin Reynolds soni ma’lum bir qiymatdan o‘tganidan keyin harakat (har qanday ehtiyot choralari qurilmasin) albatta turbulent bo‘ladi. Bu son *Reynolds yuqori kritik soni* deb ataladi va  $Re_{yuq.kr}=10000$  ga teng bo‘ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik  $Re_{kr}=2320$  soni *Reynolds quyi kritik soni* deb ataladi.  $Re$  Reynolds soni  $Re_{kr}$  dan kichik bo‘lganda barqaror laminar harakat bo‘ladi. U  $Re_{kr}$  dan katta bo‘lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo‘ladi.

## 1.10. Gidravlik bosim (napor) yo‘qolishining ikki turi

Gidravlik bosim yo‘qolishi odatda ikki turga ajratiladi:

Uzunlik bo‘yicha (ishqalanish kuchiga) yo‘qolish oqim uzunligi bo‘yicha harakat hisobiga vujudga keladi va uning uzunligiga bog‘liq bo‘ladi. Mahalliy qarshilik oqimning ayrim qismlarida notekis harakat hisobida vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi qismlar quvur yoki o‘zanning kesim shakllari o‘zgargan joylari

(tirsaklar, to'siqlar, keskin kengayishlar, keskin torayishlar, kranlar va h.k) bo'lib bu yerda,gi gidravlik yo'qotish uzunlikka bog'liq emas.

Umumiy gidravlik yo'qotish bu ikki yo'qotishning yig'indisiga teng:

$$h_w = h_l + h_m \quad (1.63)$$

bu yerda,  $h_l$  – uzunlik bo'yicha yo'qotish,  $h_m$  – mahalliy qarshiliklar hisobiga yo'qotish.

Gidravlik yo'qotish suyuqlikning kinetik energiyasiga bog'liq bo'lib, energiyaning ortishi bilan ortadi, kamayishi bilan kamayadi. Shuning uchun gidravlik yo'qotishni suyuqlikning kinetik energiyasiga proporsional qilib olinadi.

### ***Uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi***

Uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi Darsi-Veysbax formulasi orqali aniqlanadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\varrho^2}{2g} \quad (1.64)$$

bunda  $h_l$  – uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosim;

$l$  – quvurning uzunligi;

$d$  – quvurning diametri;

$\varrho$  – suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi;

$\lambda$  – gidravlik ishqalanish yoki Darsi koeffitsiyenti.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog'liq va quvurlarning butun uzunligi bo'yicha ta'sir qiladi.

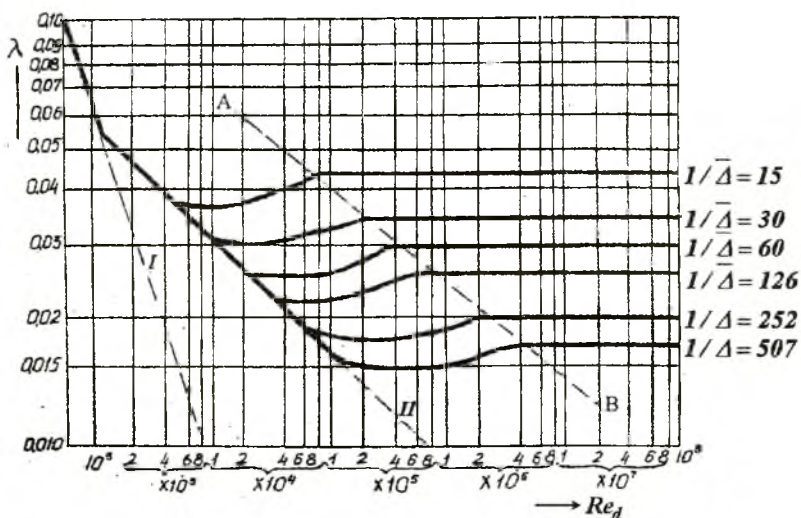
Quvur uzunligi bo'yicha bosim yo'qotilishi suyuqlikning laminar va turbulent harakatiga, quvurning materialiga bog'liq bo'ladi. Laminar harakat vaqtida quvur devorlarining g'adir-budurligi bosim yo'qotilish kattaligiga ta'sir qilmay suyuqlikning turbulent harakatida quvur devori yaqinida laminar oqim qavat hosil bo'ladi. Bu laminar qavat Reynolds soniga bog'liq va uning ortishi bilan kamayadi. Laminar qavat bilan o'tkinchi zona birgalikda *chegara qavat beyiladi*. Laminar qavat qalinligi millimetrlarda o'lchanadi va  $\delta$  bilan belgilanadi hamda Reynolds soniga bog'liq bo'ladi.

G'adir-budurlikni xarakterlash uchun quvur devoridagi do'ngliklarning o'rtacha balandligi qabul qilingan, u absolyut g'adir-budurlik deb ataladi va  $\Delta$  bilan belgilanadi. Agar absolyut g'adir-budurlik laminar chegara qavatning qalinligidan kichik bo'lsa, ya'ni  $\Delta < \delta$  bunday quvurlar *silliqli quvurlar* deyiladi. Agar  $\Delta$  laminar chegara chegara qavat qalinligi  $\delta$  dan katta bo'lsa, ya'ni  $\Delta > \delta$  bu quvurlarga *g'adir-budur quvurlar* deyiladi.

Reynolds sonining kichikroq qiymatlarida gidravlik sillikli quvurlarni  $Re$  – ning ortishi bilan «g'adir-budur» quvur sifatida qaraladi. U holda absolyut g'adir-budurlik quvur devorining oqimi harakatiga ta'sirini to'liq ifodalay olmaydi. Bularni hisobga olish maqsadida o'xshashlik qonunlarini qanoatlantiradigan va oqim gidravlikasiga g'adir-budurlikning ta'sirini to'laroq ifodalaydigan nisbiy g'adir-budurlik tushunchasi kiritiladi va u quyidagicha aniqlanadi.

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{d}$$

1.16-rasmda gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti «g'adir-budurlik» va Reynolds soni  $Re$  – ga bog'liqligi tabiiy g'adir-budurlikli quvurlar uchun keltirilgan.



1.16-rasm. Nukuradze grafigi

Bu grafikda bizning va xorijiy mamlakatlar olimlarning tajriba natijalari umumlashtirilgan, hamda  $\bar{\Delta} = 0,050 \dots 0,000005$  va  $Re = 3,5 \cdot 10^7$ . Grafikdan ko‘rinib turibdiki,  $\lambda$  va  $Re$  bog‘lanishi zonasida uchta zona mavjud.

1. Birinchi zona laminar tartib zonasi – I chiziq.

2. Ikkinchi zona turbulent tartibga to‘g‘ri keladi – II to‘g‘ri chiziq.

3. Uchinchi zona I va II to‘g‘ri chiziqlar oralig‘ida joylashgan bo‘lib *o‘tkinchi zona* deyiladi.

Bu grafikka asosan turbulent tartib uchta qarshilik zonasiga bo‘linadi.

1. Gidravlik silliq quvur zonasi – II chiziq

Bu zonaning yuqori chegarasi Reynoldsning birinchi darajali sonidan topiladi:

$$4000 < Re < \frac{10}{\Delta}$$

Bu zonada  $\lambda$  – Reynolds soniga bog‘liq va Blazius formulasidan topiladi:

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$$

2. Oldingi kvadrat qarshilik zonasi

Grafikda (1.15-rasm) bu zona II va III chiziqlar oralig‘ida joylashgan va quyidagi shart bo‘yicha aniqlanadi.

$$\frac{10}{\Delta} < Re < \frac{560}{\Delta}$$

Bu zonada  $\lambda$  – ni hisoblash uchun ko‘proq Altshul A.D. formulasi qo‘llaniladi:

$$\lambda = 0,11 \left( \bar{\Delta} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

3. Kvadrat qarshilik zonasi



Grafikda bu zona III chiziqning o'ng tomonida joylashgan va quyidagi shart bo'yicha aniqlanadi.

$$Re > \frac{560}{\Delta}$$

Bu zonasida:

a)  $\lambda$  – Reynolds soniga bog'liq emas, ya'ni

$$\delta > \Delta;$$

b)  $\lambda$  – faqat nisbiy g'adir-budurlikka bog'liq va Shifrinson formulasidan topiladi:

$$\lambda = 0,11(\overline{\Delta})^{0,25}$$

### ***Mahalliy qarshiliklar hisobiga bosim yo'qotishi***

Mahalliy qarshilik suyuqlik harakat qilayotgan quvur shaklining o'zgarishiga bog'liq bo'lib, tezlikning o'zgarishida paydo bo'ladi. Har qanday gidravlik tarmoqlarda (sistemada) mahalliy qarshiliklar uchraydi. Masalan: quvurlarning kengayishi va torayishi, tirsaklar, oqim yo'nalishiga ta'sir ko'rsatadigan qurilmalar (kran, ventil va h.k.) lar bunga misol bo'la oladi.

Mahalliy qarshiliklar bosimning yo'qolishiga sabab bo'ladi va quyidagi formuladan hisoblanadi.

$$h_m = \xi_m \frac{g^2}{2g},$$

bunda:  $h_m$  – bosimning mahalliy qarshilikda yo'qolishi;

$\xi_m$  – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti;

$g$  – mahalliy qarshilik kesimidan keyingi oqimning o'rtacha tezligi.

$\xi_m$  ning kattaligi mahalliy qarshiliklar xiliga, uning geometrik formalariga, nisbiy g'adir-budurlikka va Reynolds soniga bog'liq bo'ladi. Tajribalarning ko'rsatishicha  $\xi_m$  ning  $Re$  bog'liqligi

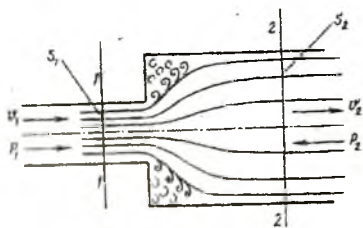
suyuqliklarning laminar harakatida kuzatilar ekan. Bu bog'liqlik turbulent harakatda unchalik sezilarli emas, shuning uchun amaliy hisoblashlarda  $\xi_m$  ning kattaligi bitta mahalliy qarshilik uchun o'zgarimas deb qabul qilinadi.

Mahalliy qarshiliklarning asosiy turlari haqida to'xtalib o'tamiz.

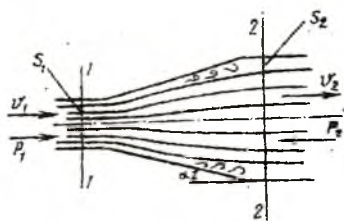
1) Keskin kengayish (1.17-rasm). Mahalliy qarshilikning bu turida  $\xi$  koeffitsiyent kesimlarning o'zgarishiga bog'liq bo'lib, kesimlar nisbati  $S_1/S_2$  qancha kichik bo'lsa, u shuncha katta bo'ladi. Bu holda, mahalliy qarshilik koeffitsiyentini nazariy hisoblasak ham bo'ladi (bu to'g'rida keyinroq to'xtalamiz).

Keskin kengayish vaqtida 2 – 2 kesimda 1 – 1 kesimga nisbatan bosim ortib ( $r_1 > r_2$ ), tezlik kamayad ( $v_1 > v_2$ ).

2) Tekis kengayish (1.18-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyentni kesimning o'zgarishiga va konuslik burchagi  $\alpha$  ga bog'liq bo'lib, kesimlar nisbati  $S_1/S_2$  ning kamayishi va  $\alpha$  ning ortishiga qarab ortadi. Avval qurilgandagi kabi 2-2 kesimda 1-1 kesimdagiga nisbatan bosim ortadi ( $p_1 > p_2$ ) va tezlik kamayadi ( $v_1 < v_2$ ).



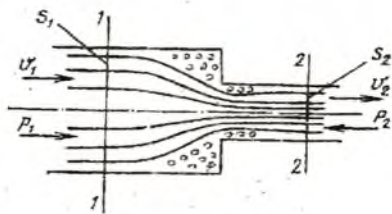
1.17-rasm. Keskin kengayish



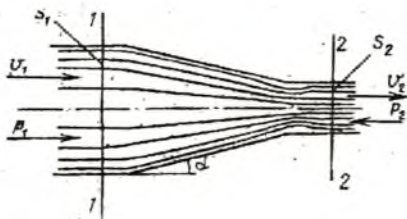
1.18-rasm. Tekis kengayish

3) Keskin torayish (1.19-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti  $\xi$  kesimlar o'zgarishiga bog'liq bo'lib, ularning nisbati  $\frac{S_1}{S_2}$  ortishi bilan ortadi. Bu holda energiyaning sarf bo'lish keskin kengayishgan kam bo'ladi.

4) Tekis torayish (1.20-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimlar nisbati  $\frac{S_1}{S_2}$  ning va konuslik burchagi  $\alpha$  ning ortishi bilan ortadi.



1.19-rasm. Keskin torayish



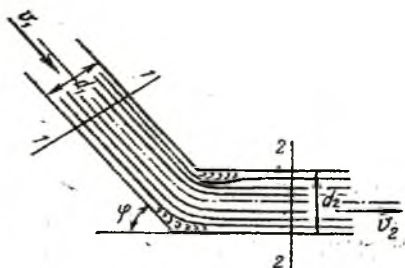
1.20-rasm. Tekis torayish

Keskin torayish vaqtida ham, tekis torayish vaqtida ham 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim kamayib ( $p_1 < p_2$ ), tezlik ortadi ( $v_2 > v_1$ ).

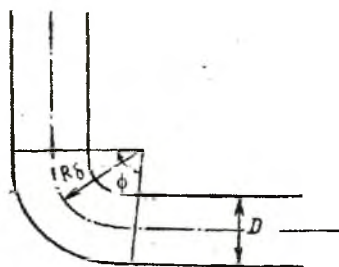
5) Tirsak (1.21-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ikki quvurning tutashish burchagiga bog'liq bo'lib, bu burchakning ortishi bilan ortadi.

$\xi$  ning  $\varphi$  ga bog'liqligi asosan tajribada tekshirilgan bo'lib, ba'zi sodda hollarda oqimchalar nazariyasida ko'rsatilgan.

6) Burilish (1.22-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti burilish burchagi  $\varphi$  ga quvur diametrining burilish radiusi  $R_b$  ga nisbatiga bog'liq bo'ladi. Burilishida  $\xi$  quvur  $D$  diametrining burilish radiusiga nisbatan  $\frac{D}{R_b}$  ortishi bilan ortib boradi.



1.21-rasm. Tirsak



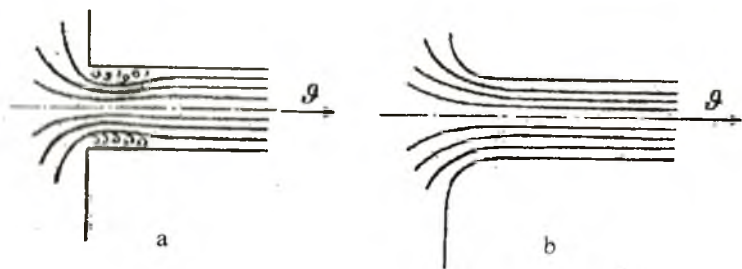
1.22-rasm. Burilish

7) Quvurga kirish (1.23-rasm). Quvur biror suyuqlik bilan to'la idishga tutashtirilgan hol. Bu holda kirishdagi o'tkir burchaklarni

(1.23-rasm, a) aylanib o'tish uchun suyuqlik energiyasi sarf bo'ladi. Bunda mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymati  $\xi=0,5$  ga teng bo'ladi.

Kirishdagi o'tkir burchaklar silliqanib, quvur suyuqlik kirishga kam qarshilik ko'rsatadigan shakl berilgan bo'lsa  $\xi=0,04 - 0,1$  atrofida bo'ladi (ko'p hollarda  $\xi=0,08$  qabul qilinadi) (1.23-rasm, b).

8) Diafragma deb quvurga o'rnatilgan va suyuqlik sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'rtasi teshik diskka aytiladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti quvurning kesimi  $S_1$  va diafragma teshigi kesimi  $S_0$  nisbatlari  $\frac{S_0}{S_1}$  ga bog'liq bo'ladi va bu nisbatning ortishi bilan kamayib boradi (1.1-jadval).



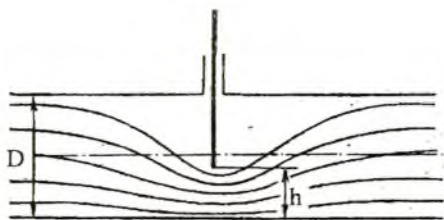
1.23-rasm. Quvurga kirish

### Diafragma uchun qarshilik koeffitsiyentining o'zgarishi

1.1-jadval

$S_0/S_1$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$\xi$	226	47.8	17.5	7.80	3.75	1.80	0.80	0.29	0.06	0.00

9) Zadvijka (1.24-rasm)da mahalliy qarshilik koeffitsiyenti uning ochilishi darajasi  $\frac{D}{h}$  ga bog'liq bo'lib, uning ortishi bilan kamayib boradi. Zadvijkaning o'rtacha ochilishiga  $\xi = 0,2$  to'g'ri keladi.



1.24-rasm. Qulfak  
(zadvijka)

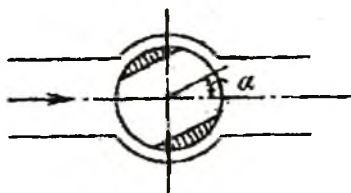
10) Drossel klapan (1.25-rasm ) va probka kran (1.26-rasm). Bu hollarda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti drossel klapaning va probka kranning ochilish burchagi  $\alpha$  ga bog‘liq bo‘lib,  $\alpha$  200 dan 500 gacha bo‘lganda  $\xi$  ning qiymatlari:

drossel klapani uchun  $\xi = 2,53$  ga;

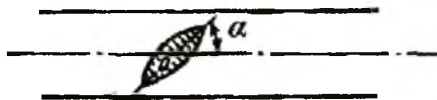
probka kran uchun  $\xi = 2,33$  ga teng;

Bulardan tashqari ventillar, kranlar va boshqalar ham mahalliy qarshilikning kamayishini kuzatish mumkin.

Biz mahalliy qarshiliklarini vujudga keltiruvchi to‘siqlarning turlari to‘g‘risida to‘xtalib o‘tdik. Bu to‘siqlarda oqimning turbulent tartibiga xos bo‘lgan qarshilik koeffitsiyentini o‘zgarishini ko‘rgan edik. Turbulent harakat vaqtida koeffitsiyent  $\xi$  qarshilik ko‘rsatuvchi to‘siq shakliga, kattaligiga, to‘siqlarning ochilish darajasiga bog‘liq bo‘lishdan tashqari suyuqlik harakatining tartibiga, ya‘ni Reynolds soniga ham bog‘liq bo‘ladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, Reynolds sonining katta qiymatlarida harakat tartibi turbulent bo‘lsa, mahalliy qarshilik koeffitsiyenti  $\xi$  ning  $Re$  soniga bog‘liqligi juda ham sezilarsizdir va bu bog‘liqlikni to‘siqlar shakli, turi va ochilish darajasining ta‘siriga nisbatan hisobga olmaslik mumkin.



1.25-rasm. Drossel – klapan



1.26-rasm. Probka kran

## Nazorat savollari

1. Hidravlika nimani o'rganadi?
2. Hidravlikaning qanday bo'limlari bor?
3. Hidrostatika nimani o'rganadi?
4. Suyuqliklar va ularning turlarini tushuntiring.
5. Suyuqliklarning fizik xossalarini aytib bering.
6. Suyuqlik va uning xususiyatlarini tushuntiring.
7. Suyuqlik zichligini tushuntiring.
8. Suyuqlik solishtirma og'irligini tushuntiring.
9. Suyuqlik og'irligi qanday aniqlanadi?
10. Suyuqlikning energiyasi qanday aniqlanadi?
11. Hidrostatika nimani o'rganadi?
12. Hidrostatik bosim va uning xossalarini tushuntiring.
13. Suyuqlikning tekis yuzaga bosim kuchi?
14. Suyuqlikning egri yuzaga bosim kuchi?
15. Arximed qonunini tushuntiring.
16. Erkin sirt nima?
17. Paskal qonuni mohiyatini tushuntiring.
18. Mutloq bosimni tushuntiring.
19. Vakuum nima?
20. Bosim o'lchash asboblari nimalar kiradi?
21. Hidrodinamika nimani o'rganadi?
22. Hidrodinamikaning asosiy masalasi nimadan iborat?
23. Suyuqlikning harakat turlarini ayting.
24. Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatini tushuntiring.
25. Suyuqlik sarfi nima?
26. Uzluksizlik tenglamasi mohiyatini tushuntiring.
27. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini yozing.
28. Bernulli tenglamasining geometrik mohiyatini tushuntiring.
29. Bernulli tenglamasining energetik mohiyatini tushuntiring.
30. Suyuqlik nabori bilan bosimi orasida qanday farq bor?
31. Real suyuqlik deb nimaga aytiladi?
32. Real suyuqlikda nima uchun gidravlik qarshilik bor?
33. Hidravlik qarshilik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?

34. Suyuqlik harakatida napor yo'qolishining ikkita turini tushuntiring.
35. Quvurlar g'adir-budurligi tushunchasi nima?
36. Qarshilik koeffitsiyenti necha xil bo'ladi?
37. Gidravlik qarshilik koeffitsiyenti qanday omillarga bog'liq?
38. Suyuqlikning laminar va turbulent oqimlarini tushuntirib bering.
39. Laminar zona uchun gidravlik qarshilik koeffitsiyenti qanday formula bilan hisoblanadi?
40. Quvurga kirishda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti nimaga teng?

## II. GIDROENERGETIKA VA SUV XO'JALIGI. SUV RESURLARIDAN MUKAMMAL FOYDALANISH

### 2.1. Suv manbalari va suv oqimi energiyasi

Suv tabiatda eng ko'p tarqalgan suyuqlik hisoblanadi. Yer yuzasining uchdan ikki qismi suv bilan egallangan. Gidrosferadagi umumiy suv miqdorini 1,45mlrd.km<sup>3</sup> ga teng bo'lsa, shundan 97,8 % okeanlar hissasiga to'g'ri keladi. Suv xo'jaligi va gidroenergetikada foydalaniladigan suv miqdori 300 ming km<sup>3</sup> ni tashkil qiladi. Lekin bu suv miqdori yer yuzida notekis joylashgan, masalan, 86 % dan ortiq suv miqdori aholi kam yashaydigan joylarga to'g'ri keladi.

Respublikamizda har yili qishloq xo'jaligida 52 – 56 km<sup>3</sup> suv iste'mol qilinadi, bu suv miqdorini yig'ish va taqsimlash uchun 52 ta suv ombori, magistral va xo'jaliklararo kanallardagi 25 mingta va ichki xo'jaliklar kanallarida 44 ming gidroinshootlar ishlab turibdi.

Suv xo'jaligi va gidroenergetikada suv manbalari sifatida suv omborlari, daryolar, kanallar va ko'llardan foydalaniladi. Suv manbalarining asosiy parametrlari sifatida suv sarfi, suv hajmi va gidroenergetik resursi, ya'ni suv oqimi energiyasi ko'rsatiladi.

**Suv sarfi  $Q$**  – suv inshootining ko'ndalang kesimi yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o'tgan suv miqdoridir va bu ko'rsatkich m<sup>3</sup>/s, l/s o'lchov birliklarida o'lchanadi.

Suv sarfini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$Q = \omega \cdot \vartheta \quad (2.1)$$

$\omega$  – suv inshootining ko'ndalang kesimi yuzasi, m<sup>2</sup>.

$\vartheta$  – suv oqimining o'rtacha tezligi, m/s.

**Suv hajmi  $W$**  – suv havzasida yil davomida yig'ilgan suv miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi.

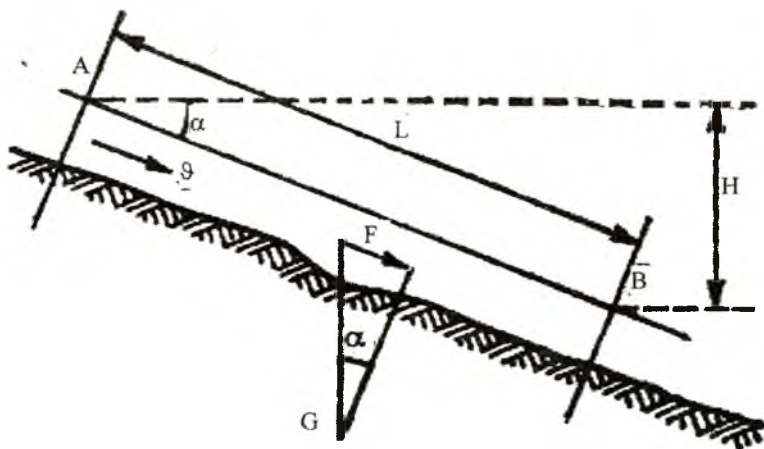
$$W = 3600 \cdot Q \cdot t, m^3 \quad (2.2)$$

$Q$  – suv sarfi, m<sup>3</sup>/s, t, soat.



Suv energiyasi – bu harakatlanayotgan suv massasiga ega bo‘lgan gidravlik energiyadir.

Suv oqimi harakatlanayotganda ma’lum energiyaga ega bo‘ladi va shu asosda ish bajaradi. Bu ish miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin. Harakatlanayotgan suvning sarfini  $Q$  deb belgilaymiz.  $Q$  ni hisoblash uchun suyuqlik oqimining jonli kesim yuzasi  $\omega$ , oqimning o‘rtacha tezligi  $\vartheta$  va nishabligi  $i$  ma’lum bo‘lishi lozim. Daryo yoki kanalning A va B nuqtalari orasidagi  $L$  uzunlikdagi qismida suv harakatini ko‘rib chiqamiz (2.1 - rasm). Bu qismda suv hajmi  $\omega L$  ga va uning og‘irligi esa  $G = \gamma \cdot \omega \cdot L$  ga teng bo‘ladi, bunda  $\gamma$  - suvning solishtirma og‘irligi  $L$  uzunlikda oqimning bajargan ishi quyidagiga teng:



2.1-rasm. Suv oqimi harakat energiyasini aniqlash sxemasi

$$A = F \cdot L = G \cdot \sin \alpha L = \gamma \cdot \omega \cdot L \sin \alpha \cdot L \quad (2.3)$$

Bunda,  $F = G \cdot \sin \alpha$  - oqimning harakat kuchi. Bunda  $L \sin \alpha = H$  deb belgilaymiz va bu  $L$  uzunlikdagi oqimning erkin sathi pasayishini anglatadi.

(2.3) formulada  $L = \vartheta \cdot t$  ga teng bo‘lgani uchun,

$$A = \gamma \cdot \omega \cdot H \cdot \vartheta \cdot t \quad (2.4)$$

Formuladagi  $\rho \cdot \omega = Q$  – suv sarfini hisobga olsak, quyidagi formulaga ega bo‘lamiz:

$$A = \gamma \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (2.5)$$

L uzunlikdagi suv oqimining quvvati, ya’ni uning vaqt birligida bajargan ishi

$$N = A / t = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.6)$$

Suv uchun  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  bo‘lganligi uchun  $N = 9,81Q \cdot H$ , *kVt*

Suv oqimining harakat energiyasi – bu uning ma’lum vaqt (T) davomida bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi.

$$E = N \cdot T, \text{ kVt} \cdot \text{soat} \quad (2.7)$$

T vaqt ichida oqib o‘tgan suv miqdorini *W* deb belgilasak va bir soatda 3600 sekund borligini hisobga olsak (2.7) ni shunday yozishimiz mumkin.

$$E = W \cdot H / 367,2, \text{ kVt} \cdot \text{soat} \quad (2.8)$$

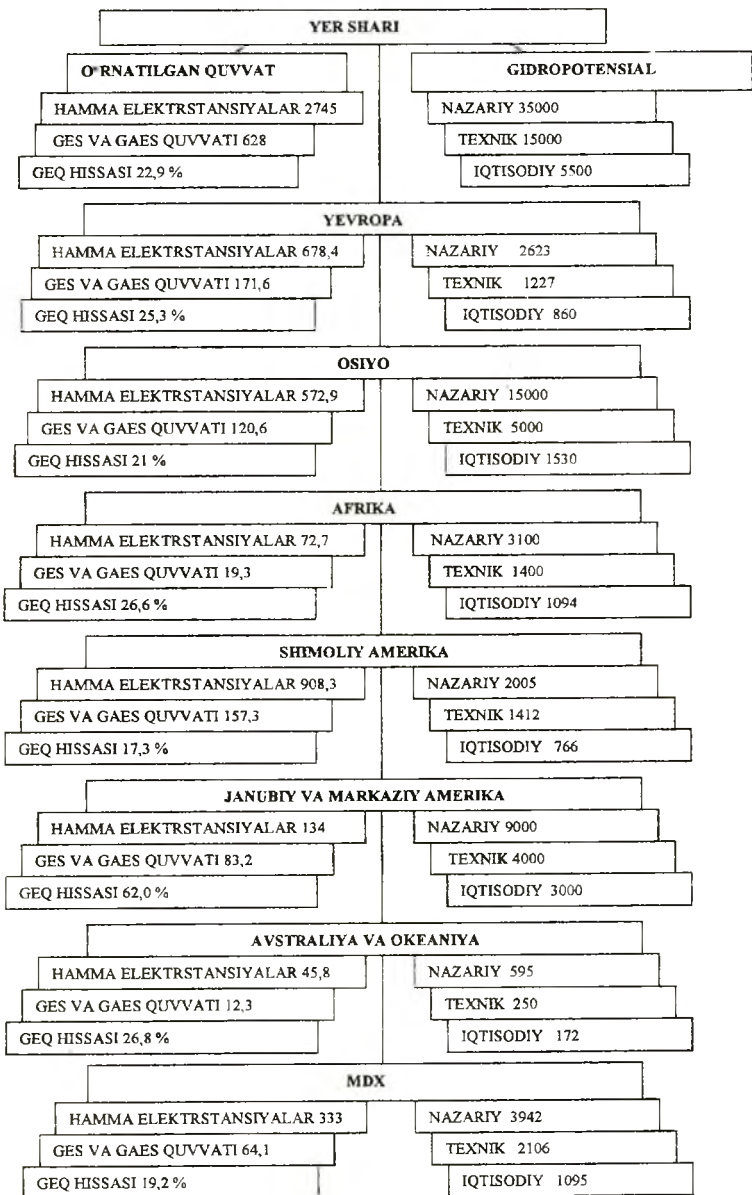
(2.6) va (2.7) formulalar suyuqlik oqimining potensial quvvati va ishlab chiqarishi mumkin bo‘lgan elektr energiyasi miqdoridir.

**Gidroenergetik resurslar** – potensial gidroenergoresurslar, texnik gidroenergoresurslar va iqtisodiy gidroenergoresurlarga bo‘linadi.

2.2-rasmda Yer shari gidropotensial (TVt·soat) va elektrstansiyalar quvvati (GVt) taqsimlanishi ko‘rsatilgan.

Potensial gidroenergoresurslar – nazariy hisoblangan resurslardir. Texnik gidroenergoresurslar yo‘qolgan energiyani (suv miqdori yo‘qolishi, napor yo‘qolishi va mexanik qarshiliklar uchun yo‘qolgan energiya) hisobga olgan holda aniqlanadi. Gidroenergetik potensialni o‘zlashtirishda taxminan 36–38 % energiya yo‘qoladi. Iqtisodiy gidroenergoresurslar o‘zlashtirish uchun qulay, maqsadga muvofiq resurslar hisoblanadi.

Gidroenergoresurslari eng katta bo‘lgan davlatlar Rossiya (852 mlrd.kVt·soat), AQSH (705 mlrd.kVt·soat), Braziliya (657 mlrd.kVt·soat), Kanada (535 mlrd.kVt·soat) hisoblanadi.



2.2-rasm. Yer shari gidropotensialini (TVt:soat) va elektrstansiyalar quvvati (GVt) taqsimlanishi

Respublikamiz suv manbalarining texnik gidroenergetik potentsiali 26,7 mlrd.kVt-soat ni tashkil qiladi, shulardan asosiy daryolar hissasiga 18, 74 mlrd.kVt-soat to'g'ri keladi, qolgan qismi esa kichik soylar, irrigatsiya kanallari va suv omborlari hissasiga mos keladi. Hozirgi kunda bu potentsialning faqat 23 % ishlatilmoqda.

## **2.2. Suv manbalari va ulardan kompleks foydalanish**

Respublikamizda sug'orma dehqonchilikni rivojlantirishda yirik, keng qamrovli suv xo'jaligi tizimidan foydalanilmoqda.

Suv xo'jalik majmualarining samaradorligini oshirishda, ulardan mukammal, har tomonlama foydalanish katta ahamiyatga ega. Bu masalani hal qilish yo'nalishlaridan biri gidrotexnik inshootlardan suv energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalanishdir.

Hozirgi paytda respublikamizda yildan - yilga energiyani iste'mol qilish miqdori oshib bormoqda. Ishlab chiqarilayotgan elektr energiya-ni aksariyat qismi (85%) issiqlik elektr stansiyalari orqali amalga oshirilmoqda. Shu bilan bir qatorda respublika suv xo'jaligi tizimi inshootlarida bir yilda 8 mlrd. kVt. soat elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyati bor. Lekin bu imkoniyatdan deyarli foydalanilmayapti.

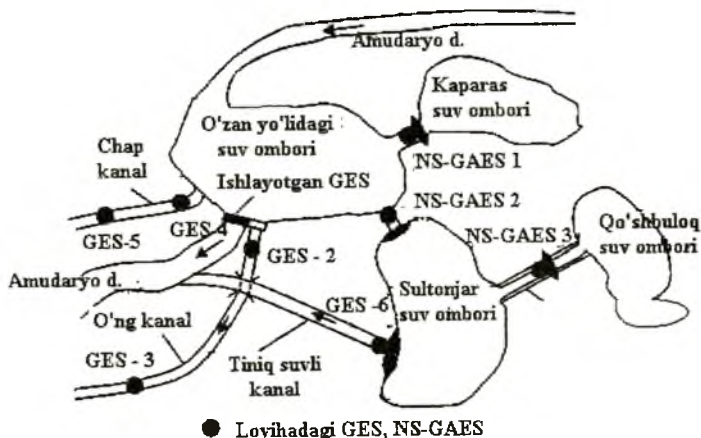
Suv oqimining gidravlik energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalanishda bu ishga kam xarajat sarf qilinishi, ekologik nuqtayi nazardan toza ekanligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, ishlab turgan gidrotexnik inshootlar (suv omborlari, nasos stansiyalar, gidrouzellar) imkoniyatlaridan bu maqsadda foydalanish yangi gidroelektr stansiyasini qurish xarajatlariga nisbatan 4–6 marta arzonra tushadi.

Shu maqsadda Respublikamiz hukumatining «O'zbekiston Respublikasida kichik gidroenergetikani rivojlantirish dasturi» (1995-yil) hamda «Suv omborlari, irrigatsiya kanallari va kichik daryolar gidroenergetik potentsialidan mukammal foydalanish asosida kichik gidroenergetikani rivojlantirish konsepsiyasi» va «2010-yilgacha bo'lgan davrda O'zbekistonda elektr energetikani rivojlantirish konsepsiyasi» kabi qarorlari hayotga tatbiq qilinmoqda.

Ushbu dasturga ko'ra respublikada umumiy quvvati 422,8 MVt, yillik elektr energiyasini ishlab chiqarishi 1323,8 kVt soat bo'lgan 14 ta birinchi navbatdagi gidroelektr stansiyalari (GES) qurilishi mo'ljallangan (2.1-jadval).

Suv resurslaridan mukammal foydalanish uchun yirik gidrotexnik inshootlarni o'z ichiga olgan suv xo'jalik majmualarini barpo etish lozim. Agar suv manbaidan energetika va sug'orish maqsadlarida foydalanilsa, bunday majmualarni gidroenergetik majmualar deb atash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Hozirgi paytda O'zbekistonda shunday gidroenergetik majmualardan Tuyamo'yin gidroenergetik majmuasini misol keltirish mumkin (2.3-rasm).

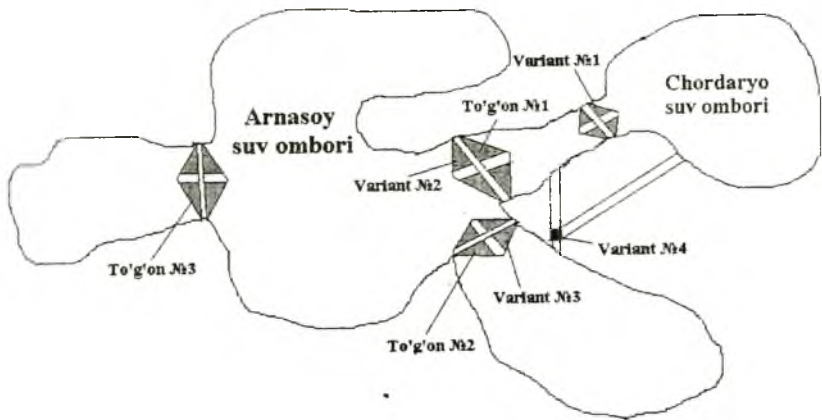


2.3-rasm. Tuyamo'yin gidroenergetika majmuasi

Majmua daryo o'zanidagi suv omboridan tashqari yana 3 ta sun'iy suv omboridan tashkil topgan. Suv omborlari tizimi asosan suv xo'jaligi talablarini qondirish uchun xizmat qiladi. O'ng kanalning o'rtacha oylik suv sarfi  $76 \text{ m}^3/\text{s}$ , suv tushish balandligi 6,1 m ni tashkil qiladi. Xuddi shuningdek, chap kanalda suv sarfi  $267 \text{ m}^3/\text{s}$  ga, napor 3,4 m ga, birlashtiruvchi kanalda suv sarfi  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , napor 10 m ga teng. Kanallardan eng yirigi tiniq suvli kanalda suv sarfi  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  ni tashkil qiladi. Hozirgi kunda majmuada faqat bitta Tuyamo'yin GESi ishlamoqda. Loyihada yana 5 ta GES va suv energiyasini akkumulyatsiya qilishga imkon beradigan 3 ta NS – GAES qurilishi ko'zda tutilgan. Natijada Tuyamo'yin gidroenergetik majmuasining umumiy yillik ishlab chiqaradigan elektr energiyasi miqdorini 350 GVt. soat ga yetkazish mumkin.

№	Gidroelektrstansiya nomi	Quvvat, MVt	Yillik el. energiyani ishlab chiqarish, mln.kVt. soat
1	To'polang GES	175,0	514,0
2	Hisorak GES	45,0	80,9
3	Sox GES	14,0	70,0
4	Ohangaron GES	20,0	36,0
5	Andijon kichik GES	11,2	43,9
6	Karkidon GES	10,0	26,0
7	Tovoqsoy GES	9,5	32,0
8	Pioner GES	8,0	35,0
9	Shahrixon GES	30,0	110,0
10	Shahrixon GES 1	15,0	50,0
11	Uychi GES-1	20,3	70,0
12	Uychi GES-2	38,6	140,0
13	Janubiy Farg'ona kanalidagi GES-2	7,9	42,0
14	Bog'ishamol GES-2	17,7	74,0

Bundan tashqari 2.4- va 2.5-rasmlarda Arnasoy va Talimarjon gidroenergetik majmualari keltirilgan.



2.4-rasm. Arnasoy gidroenergetika majmuasi



2.5-rasm. Talimarjon gidroenergetika majmuasi

### 2.3. Daryolar, daryo o'zani ko'ndalang kesimi va uning morfometrik xarakteristikalari

#### *Daryo haqida umumiy tushuncha*

**Daryo** deb - atmosfera yog'ingarchiligidan to'plangan suv miqdorining yer yuzasida qiyalik bo'yicha harakat qiluvchi o'zgarmas suv oqimiga aytiladi.

Daryoning boshlang'ich qismini - **boshi** (manbai), oxirgi qismini uning **etagi** deb yuritiladi. Daryoning bosh va oxirgi qismini - uning **uzunligi** (L) deyiladi. Daryo **havzasi** yoki **suv maydoni** (F) deb, suv ajratib yoki qoplab turgan maydonga aytiladi.

Daryoning boshlang'ich ( $H_1$ ) va oxirgi ( $H_2$ ) qismi balandliklari orasidagi farq uning **napori** (dami) deyiladi.

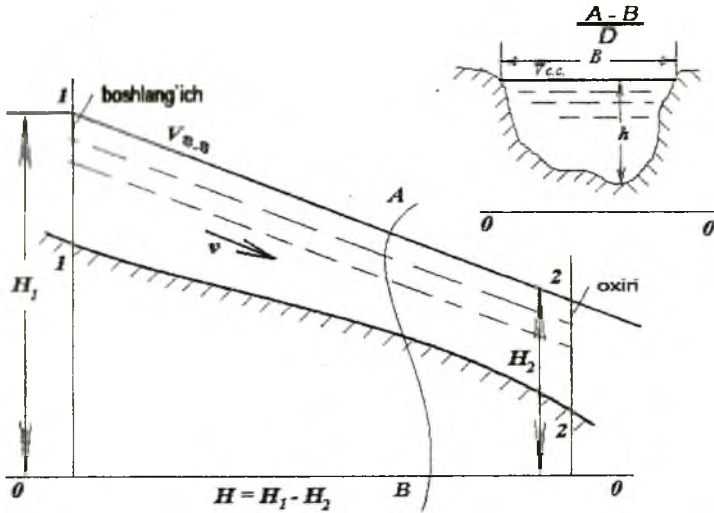
Daryoning uzunlik bo'yicha qiyaligi i quyidagicha aniqlanadi.

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (2.9)$$

**Daryo vodiysi** deb - havzaning pasayib daryoga tutashgan qismiga aytiladi (2.6-rasm).

**Daryoning qayiri (poymasi)** - deb, toshqin suv paytida suv ostida qoladigan vodiyning qirg'ochqa yaqin qismiga aytiladi (o'tloq bilan qoplangan yerlar) (2.7-rasm).

Daryolar uzunligi bo'yicha har xil to'g'ri va egri uchastkalarga bo'linadi. Daryoning azaliy o'zani **chuqur** va **sayoz** uchastkalarga bo'linadi.



2.6-rasm. Daryoni tushuntirishga oid chizma

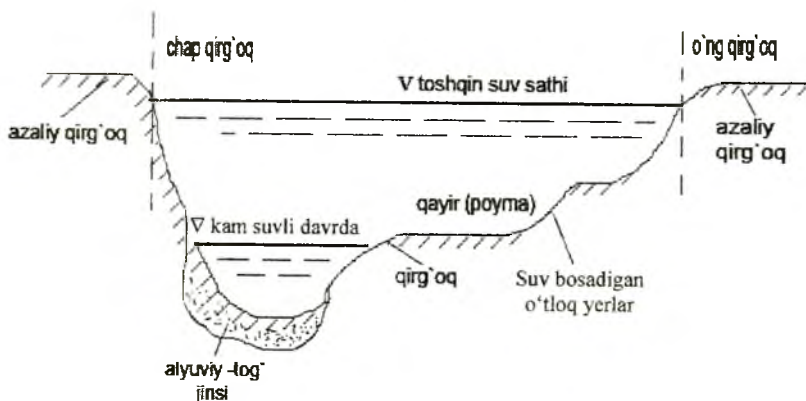
**Qirg'och urezi** deb - suv yuzasi tekisligining daryo o'zani qirg'og'i tekisligi bilan kesishgan chizig'iga aytiladi.

Urez chap va o'ng qirg'ochqa oid bo'ladi.

Daryolarda suv sathi balandligi  $H$ , vertikal balandlik bo'lib, oldindan belgilangan gorizont tekislikdan suv sathi tekisligigacha bo'lgan balandliklar. Daryo oqimini kuzatish va o'lchash ishlarini maxsus stvorlarda olib boriladi.



*Daryo stvori* deb daryo suvi oqimini kesib o'tadigan vertikal (tik) tekislikka aytiladi.



2.7-rasm. Daryoni ko'ndalang qirgim bo'yicha elementar tushuntirish chizmasi

### ***Daryo o'zani ko'ndalang kesimini qurish va morfometrik xarakteristikalarini hisoblash***

Chuqurlik o'lchash natijalari bo'yicha daryoning ko'ndalang kesimi profili quriladi. Qurish ishlari quyidagicha bajariladi. Chizmaga o'zgarmas nuqta qo'yilib, gorizontaal chiziq chiziladi - bu chiziq suv sathi tekisligiga mos keladi, bu chiziqdan pastga o'lchangan chuqurliklar joylashtiriladi. Vertikal masshtabni gorizontaaliga nisbatan kattaroq olinsa, daryo relyefi yaxshiroq tasvirlanadi. Profil tagida jadval joylashtiriladi, bu jadvalga o'lchangan kattaliklar yoziladi. So'ng jadvalga asosiy morfometrik xarakteristikalar yoziladi (2.8-rasm).

#### ***Daryoning morfometrik xarakteristikalari:***

- |                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Suv kesimi yuzasi               | - $\omega$ , m <sup>2</sup> ; |
| 2. Sath bo'yicha daryo kengligi    | - B, m;                       |
| 3. Ho'llanganlik perimetr uzunligi | - $\chi$ , m;                 |
| 4. Maksimal chuqurlik              | - $h_{\max}$ , m;             |

5. O'rtacha chuqurlik

$$- h_{o'rt} = \omega / B;$$

6. Hidravlik radius

$$- R = \omega / \chi.$$

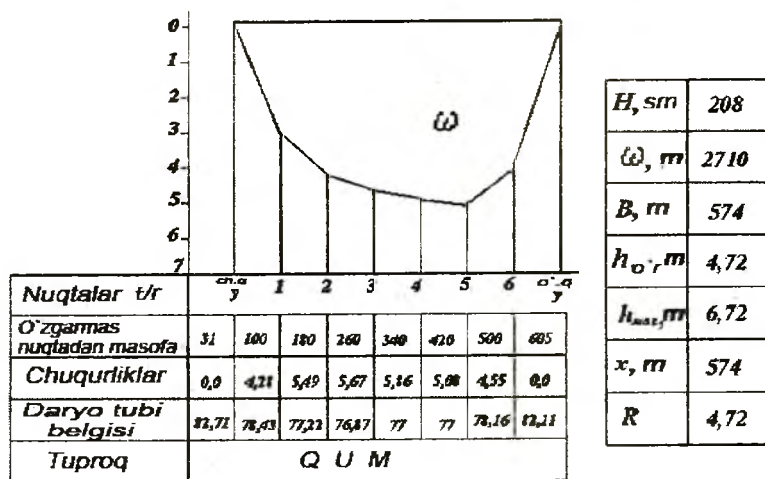
Suv kesimi yuzasi planimetr yordamida yoki analitik usulda aniqlanishi mumkin.

Analitik usulda har bir o'lehash vertikalni oralig'idagi yuzalarni bir-biriga qo'shish natijasida topiladi:

$$\omega = \frac{h_1}{2} b_0 + \frac{h_1 + h_2}{2} b_1 \dots + \frac{h_{n-1} + h_n}{2} b_{n-1} + \frac{h_n}{2} b_n \quad (2.10)$$

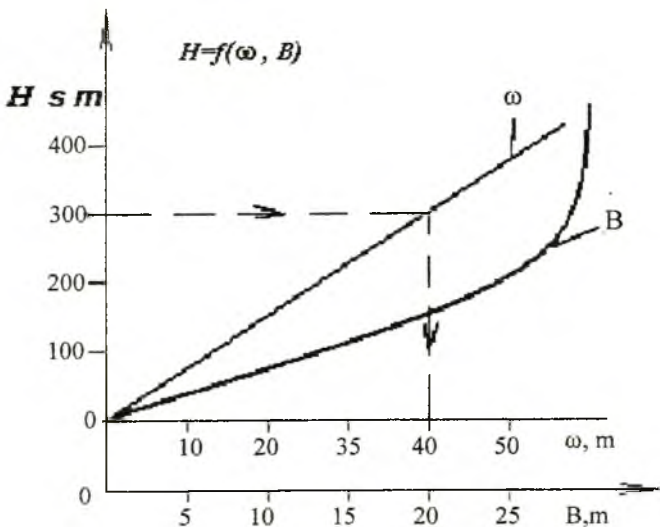
Ho'llangan perimetrni analitik topish quyidagicha bo'ladi:

$$\chi = \sqrt{b_0^2 + h_0^2} + \sqrt{b_1^2 + (h_2 - h_1)^2} + \dots + \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_n - h_{n-1})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2} \quad (2.11)$$



2.8-rasm. Daryoning ko'ndalang kesimi profilini qurish

Morfometrik xarakteristikalar uchun suv sathiga bog'liqlik grafiklarini chizish mumkin (2.9-rasm). Daryo o'zani mustahkam bo'lsa, bunday grafiklardan hisoblashlarda foydalaniladi. Agar daryo o'zani deformatsiyalansa, bu grafiklarga tuzatishlar kiritish kerak bo'ladi.



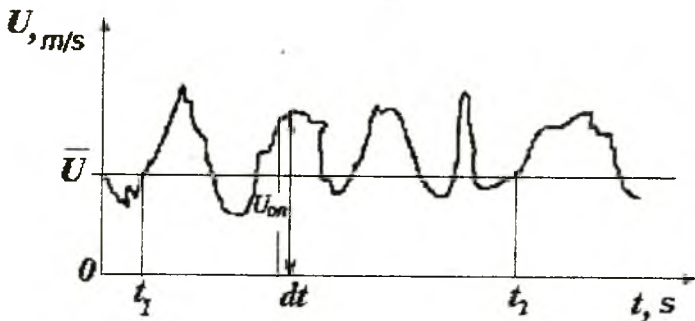
**2.9-rasm.** Morfometrik xarakteristikalarning suv sathiga bog‘liqlik grafigi

### ***Daryo suvi tezligining taqsimlanish xarakteristikasi***

Daryo suvi og‘irlik kuchi ta’sirida, o‘zan bo‘yicha qiyalikning kamayishiga qarab xarakterlanadi. Uzunlik bo‘yicha qiyalik qancha katta bo‘lsa, suv shuncha tez harakatlanadi, ya’ni oqadi.

Tezlik xarakteriga daryo tubining g‘adir - budurligi katta ta’sir ko‘rsatadi va harakat kesimining har xil nuqtalarida suv tezligi har xil qiymatlarga ega bo‘ladi.

Daryo tubida joylashgan qum uyumlari, katta toshlar, eroziya ta’siridagi o‘zan o‘zgarishlari suvda uyurmali oqim hosil qiladi va bu uyurmali oqimlar oqimning hamma qismida harakatlanadi. Bunday oqimlar turbulent rejim hosil qiladi. Turbulent rejimida tezlik maydoni juda ham o‘zgaruvchan bo‘lib, vaqt birligida murakkab xarakterda bo‘ladi va tezlik pulsatsiyasi vujudga keladi. Natijada, gidrometriyada oniy va o‘rtacha mahalliy tezlik tushunchalari ishlatiladi (2.10-rasm).



2.10-rasm. Daryo suvi tezligining taqsimlanish grafigi

**Oniy tezlik** deb - shunday nuqtadagi tezlikka aytiladiki, bu tezlik bir onda kuzatiladi. Hidrometriyada oniy tezlik vektori, balki uni tashkil etuvchilari: uzunlik bo'yicha, ko'ndalang va tik yo'nalishdagi tezliklari qaraladi.

O'rtacha mahalliy tezlik quyidagicha topiladi:

$$U = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} U_{oniy} \cdot dt, \quad t_0 = t_2 - t_1 \quad (2.12)$$

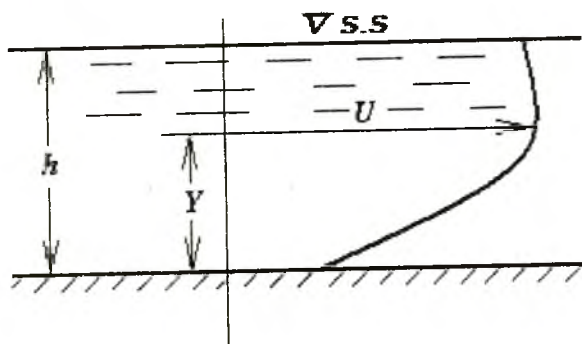
bu yerda,  $\int_{t_1}^{t_2} U_{oniy} \cdot dt$  - tezlik pulsatsiyasining  $(t_2 - t_1)$  oralig'idagi yuzasi.

Tezlikning suv chuqurligi bo'yicha taqsimlanishi ma'lum qonuniyatga bo'ysunadi, bu qonuniyatni bilish, ayrim hollarda tezlikni o'lchamasdan formulalar yordamida hisoblash imkonini beradi.

Tezlik profili  $U$ , tik chiziq va suv oqimi sathi tekisligi orqali hosil qilingan figura, tezlikning suv chuqurligi bo'yicha **taqsimlanish epyurasi** deyiladi (2.11-rasm).

To'g'ri taqsimlanish tezlik epyurasi uchun matematik formulalardan biri 1/7 qonunidir:

$$U = U_{\max} \cdot \left( \frac{y}{h} \right)^{1/7} \quad (2.13)$$

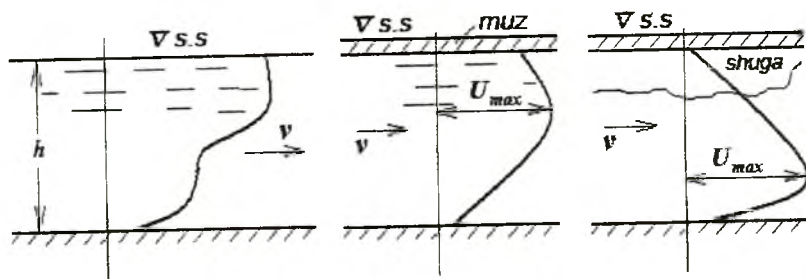


2.11-rasm. Tezlikning suv chuqurligi bo'yicha taqsimlanish epyurasi

Agar tezlik epyurasi yuzasini suv yuzasiga bo'lsak, vertikalda o'rtacha tezlik kattaligini topamiz:

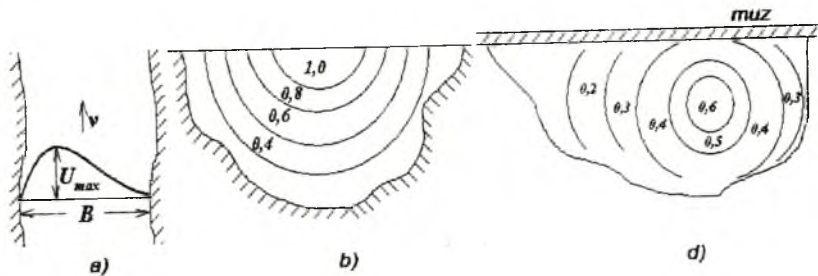
$$\bar{U}_v = \frac{1}{h} \int_0^h U \cdot dh \quad (2.14)$$

To'g'ri taqsimlangan tezlik epyurasi uchun o'rtacha tezlik daryo oqimi vertikalining 0,6 h chuqurligida kuzatiladi (2.12-rasm).



2.12-rasm. Daryo oqimi uchun o'rtacha tezlikni aniqlash chizmasi

Tezlikning daryo kengligida, butun harakat kesim bo'yicha, muz tagida taqsimlanishi 2.13-rasm a), b), d) da keltirilgan.



**2.13-rasm.** Tezlikning daryo kengligida, butun harakat kesim bo'yicha muz tagida taqsimlanishi:

*a*–daryo kengligi bo'yicha tezlik epyurasi;  
*b*–ochiq daryo izotoxalari; *d*–muz ostidagi izotoxalar

### **Suv tezligini o'lchashda qo'llaniladigan asboblari**

Suyuqlik oqimi tezligini o'lchash uchun ko'pgina asbob va usullar qo'llaniladi. Shulardan ko'pginasi ilmiy-tekshirish amaliyotida gidravlik laboratoriyalarda ishlatiladi.

Gidrometrik stvorlarda esa suv tezligini o'lchash uchun gidrometrik vertushkalar, qalqitmalar va boshqa batometrlar ishlatilishi mumkin.

**Gidrometrik vertushkalar** yordamida tezlikni o'lchash parrakli vint aylanishiga asoslangan. O'lchash vaqtida umumiy vint aylanishlar soni va vaqt hisoblanadi. Tezlik kattaligi esa tarirovka grafigidan bir sekunddagi aylanishlar soniga qarab aniqlanadi.

Vertushkalarining konstruksiyalari juda ko'p, lekin ular o'lchamlari, parrakli vint, kontakt va hisoblash mexanizm qurilmalari bilan farq qiladi (2.14-rasm).

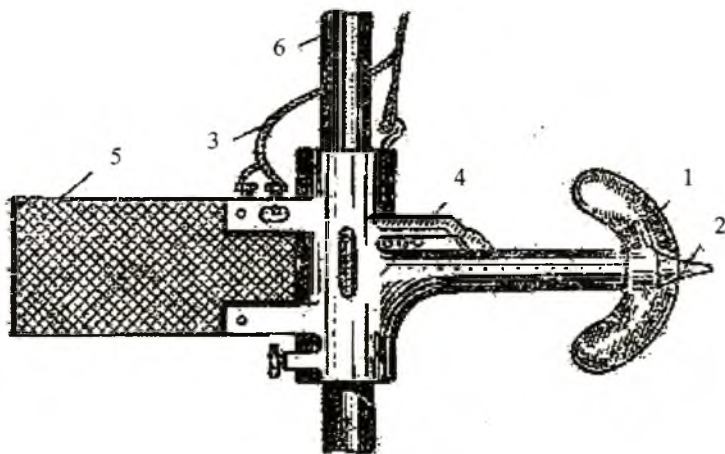
Masalan, aylanishlar o'qi joylashishiga qarab, gorizontal o'qli (Gr-55, J-3) va vertikal o'qli (Prays vertushkasi) bo'lishi mumkin.

Hamma vertushkalar shtangada yoki trosda suvga tushirish imkoniyatini hisobga olib yasaladi.

Hisoblash kontaktiga ko'ra vertushkalar mexanik va elektr signalli turlarga bo'linadi.

## *Gidrometrik vertushka*

Vertushka (2.14-rasm) val 2 ga oʻrnatilgan, aylanma kurakchalar 1 ga ega boʻlgan gʻildirak boʻlib, asosiy korpusga mahkamlangan boʻladi. Vertushkani suv oqimiga toʻgʻri yoʻnaltirish uchun korpus 4 ga qanotcha oʻrnatilgan. Vertushkadan elektr qoʻngʻiroqqa oʻtkazgichlar 3 tortilgan boʻlib, kurakchalar aylanganida elektr zanjiri tutashishi tufayli qoʻngʻiroq jiringlaydi yoki maxsus hisoblagich aylanish sonini avtomatik ravishda hisoblaydi. Suvga tushirilgan vertushkalarining kurakchalari suvning tezligiga qarab sekinroq yoki tezroq aylanadi. Shuning uchun suyuqlikning tezligi hisoblagichning koʻrsatishi yoki vaqt birligida qoʻngʻiroqning jiringlash soniga qarab aniqlanadi.



**2.14-rasm.** Hidrometrik vertushka:  
1-kurakchalar; 2-val; 3-oʻtkazgichlar; 4-korpus;  
5-qanotcha; 6-vertushkaning dastagi.

Zanjir kontakt mexanizmi orqali gidrometrik vertushka parrakli vintining har 20 aylanishida tutashtiriladi.

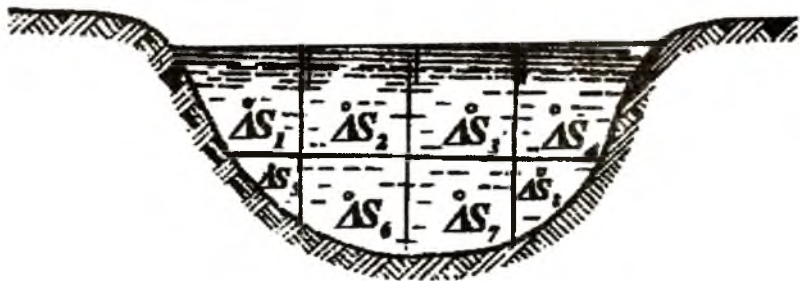
Gidrometrik vertushkalarini tarirovka qilish maxsus havzalarda bajariladi. Bunda vertushkani oʻzgarmas tezlik bilan 0,05 m/s dan 2,5 m/s harakatlantiriladi. Har bir holatda vint aylanishlar soni  $n$  bir sekund davomida hisoblanadi. Shu maʼlumotlar orqali tarirovka

grafigi  $u=f(n)$  quriladi va bu vertushkaning asosiy hujjati (pasporti) hisoblanadi. O'lchash xatoligi 0,2% ni tashkil etadi.

Bir sekundda aylanishlar soni  $n=N/t$ , bu yerda, N - rotor aylanishlar soni; t- vaqt.

Kanallarda suyuqlik sarfini topish uchun ularning ko'ndalang kesimini  $\Delta S_1, \Delta S_2, \dots, \Delta S_p$  elementar yuzachalarga bo'lib chiqamiz (2.15-rasm). Bu yuzachalarning geometrik markazlardagi tezliklarini vertushka yordamida o'lchab, ularni yuzachalarga ko'paytirsak, har bir kesim bo'yicha sarf kelib chiqadi:

$$\begin{aligned} q_1 &= v_1 \Delta S_1, \\ q_2 &= v_2 \Delta S_2 \\ &\dots\dots\dots \\ q_n &= v_n \Delta S_p \end{aligned} \quad (2.15)$$



2.15-rasm. Kanalda vertushka yordamida tezlikni o'lchashga doir chizma

Kanalda oqayotgan suyuqlik sarfi bu sarflarning yig'indisiga teng:

$$Q = \sum q = v_1 \Delta S_1 + v_2 \Delta S_2 + \dots + v_n \Delta S_n \quad (2.16)$$

Bu usul gidrometrik o'lchashlarda eng ko'p qo'llaniladigan usuldir.

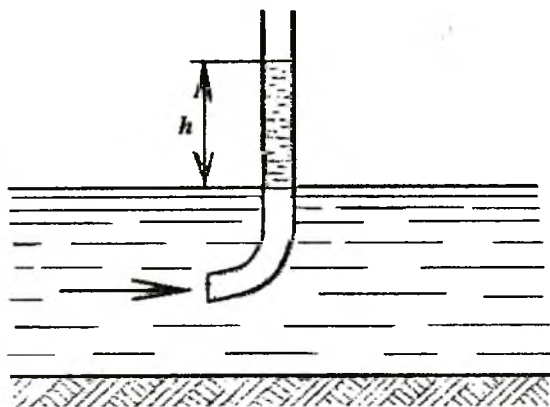


*Pito naychasi* uchi to'g'ri burchak hosil qilib egilgan naycha bo'lib, uning egilgan uchi suyuqlik oqimi yo'nalishiga qarama-qarshi qilib qo'yiladi, naychaning ikkinchi uchi suyuqlikdan tashqariga chiqib turadi (2.16-rasm). Bu holda erkin sirtida va naychadagi suyuqlik sathida bosim atmosfera bosimiga teng. Shu sababli naychadagi suyuqlikning balandligi oqimning tezlik bosimidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (2.17)$$

Bundan, tezlikni topish formulasi kelib chiqadi:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2.18)$$



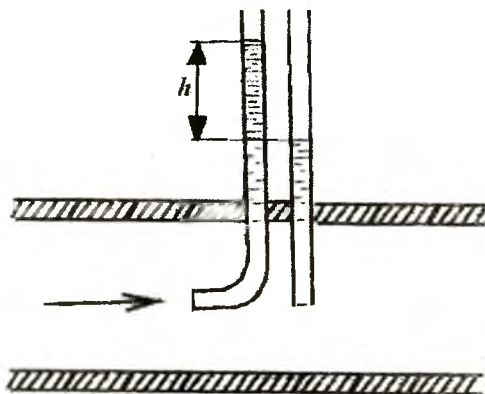
**2.16-rasm.** Pito naychasi

Tezlikning haqiqiy miqdori, suyuqlikka tushirilgan naycha harakat tartibini buzganligi uchun, oxirgi formula bilan hisoblangan miqdorga to'g'ri kelmaydi. Shuning uchun bu formulaga tuzatish koeffitsiyenti  $\alpha$  kiritiladi:

$$v = \alpha \sqrt{2gh} \quad (2.19)$$

bu yerda,  $\alpha$  koeffitsiyent har bir naycha uchun alohida tajribada aniqlanadi.

Pito naychasi ochiq sirtli oqimlarda tezlikni o'lchash uchun qo'llaniladi.



2.17-rasm. Prandtl naychasi

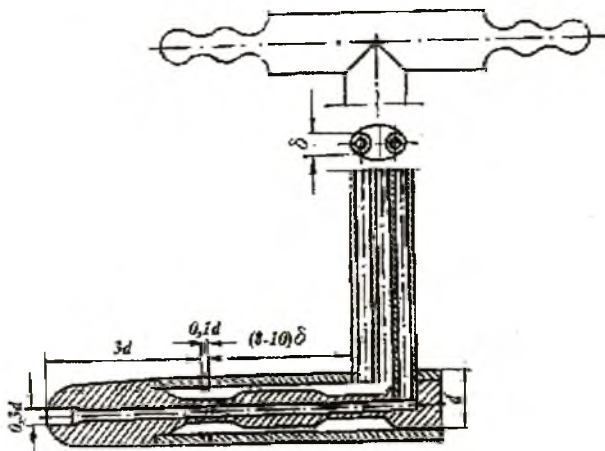
**Prandtl naychasi** Pito naychasining qulaylashtirilgani bo'lib, u trubalardagi tezliklarni o'lchash uchun qo'llaniladi (2.17-rasm) va ikkita naychadan iborat bo'ladi. Ulardan biri Pito naychasi, ikkinchisi p'yezometrdir. P'yezometrda suyuqlik balandligi p'yezometrik bosim  $\frac{p}{\gamma}$  dan iborat bo'lsa, Pito naychasidagi suyuqlik balandligi to'liq bosim  $\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$  dan iborat bo'ladi. Shuning uchun bu ikki naychadagi balandliklar farqi tezlik bosimidan iborat bo'ladi va tezlikni topishga yordam beradi:

$$v = \alpha_1 \sqrt{2gh} \quad (2.20)$$

Hozirgi mavjud asboblarda bu ikkita naycha bitta katta naycha ichiga joylashtirilgan (2.18-rasm) bo'lib, ularning uchlari mikro-manometr yoki differensial manometrlarga tutashtirilgan. Agar mano-

metrlardagi suyuqlik oqayotgan suyuqlikdan farq qilsa, Prandtl naychasining uchi tushirilgan nuqtadagi tezlik quyidagi formula bilan topiladi:

$$v = \alpha_1 \sqrt{2gh \left( \frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right)} \quad (2.21)$$



2.18-rasm. Amaldagi Prandtl naychasi

bu yerda,  $h$  - difmanometr naychalaridagi sathlar farqi;  $\gamma_1, \gamma$  - difmanometrda va tekshirilayotgan suyuqliklarning solishtirma og'irliklari;  $\alpha_1$  - eksperimentdan topiladigan, qiymati 1 dan 1,04 gacha o'zgaruvchi koeffitsiyent.

Prandtl naychasi yordamida suyuqlik oqimi kesimining har xil nuqtalaridagi tezlikni o'lchab, bu kesim bo'yicha tezlikning o'zgarishini va sarfini topish mumkin.

#### 2.4. Suv omborlari va ularning parametrlari

Suv manbalarining suv xo'jaligi va gidroenergetika maqsadlari uchun taqsimlanishi har bir mintaqada talablarga javob bermaydi, shu sababli ularni qayta taqsimlash zaruriyati tug'iladi. Texnik nuqtayi nazardan suv boyligini qayta taqsimlash sun'iy suv omborlari yordamida amalga oshiriladi.

Ochiq suv oqimini to'g'onlar yordamida yig'ish (to'plash) ga mo'ljallangan sun'iy suv havzasi suv ombori deyiladi.

Respublikamizda hozirgi davrda 52 ta suv omborlari bo'lib, ularning loyihaviy suv hajmi 17844 mln. m<sup>3</sup>, foydali suv hajmi 14581 mln. m<sup>3</sup> ni tashkil qiladi.

GES suv omborlari to'g'onlar orqali quriladi. To'g'onning oldi tomonida suv sathi ko'tarilib, katta suv hajmi (akkumulatsiya) to'planadi va bu suv darvozalari, suv tashlash inshootlari, suv quvurlari kabi injenerlik qurilmalari orqali taqsimlanadi.

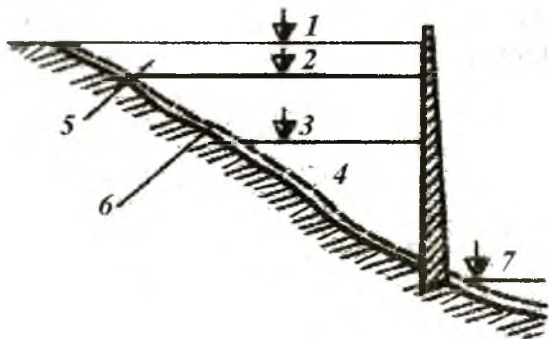
Suv omborlari o'zining tabiiy o'zaniga va qirg'og'iga ega, uning asosiy parametrlari sifatida suv sathlarini, suv hajmini, suvning yig'ilish maydoni, suvning oqib kelish miqdori, suv sarfini ko'rsatish mumkin.

Suv ombori parametrlari suv xo'jalik hisoblari asosida aniqlanadi. Bunda suv omborining to'liq hajmi foydali va qo'zg'almas (myortviy) qismlarga ajratiladi.

Suv omborining to'liq hajmi:

$$V_t = V_q + V_f, \text{ m}^3 \quad (2.22)$$

bunda,  $V_f$  – foydali hajm,  $V_q$  – qo'zg'almas hajm.



2.19 - rasm. Suv ombori sxemasi:

- 1–toshqin suv sathi; 2–normal suv sathi; 3–foydali suv sathi;  
4–qo'zg'almas suv sathi; 5–zaxira hajmi; 6–suv oqimining tabiiy sathi;  
7–quyi b'ef sathi.

Suv omborning asosiy xarakteristikalariga suv maydoni yuzasi  $F$  va suv hajmi  $V$  ning suv sathi  $Z$  yoki uning chuqurligiga  $h$  bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziqlar kiradi, ya'ni  $F, V=f(Z)$  yoki  $F, V=f(h)$  (2.20 -rasm).

Agar suv omborida suv sathi gorizontal ko'rinishda deb hisoblansa,  $V=f(h)$  bog'lanishi statik bog'lanish deyiladi.

Agar suv ombori hajmi sath o'zgarishi (podpor) bilan erkin sirt chizig'i bo'yicha aniqlansa, bu bog'lanishni dinamik bog'lanish deyiladi.

Bu grafik bog'lanishlarni qurishida topografik xaritalardan foydalaniladi.

$$V_Z = \sum_{l=Z_0}^Z \Delta V_l \quad (2.23)$$

Suv ombori o'rtacha chuqurligi

$$h = \frac{V_Z}{F_Z}, \text{ m} \quad (2.24)$$

Suv omborida suv yo'qolishi bug'lanishga, filtratsiya, muzlashga va shlyuzga bo'linadi, qo'shimcha bug'lanish esa

$$h_{\text{bug}'} = h_{V \text{ suv. omb.}} - h_c \text{ quruq} \quad (2.25)$$

Suv ombori va suv bosgan territoriyadagi bo'g'lanish qatlami farqidan topiladi.

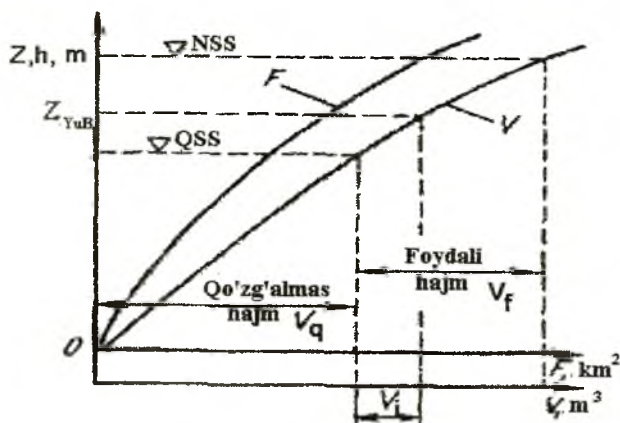
Suv bug'lanishining kamayishi:

$$Q_{\text{bug}'} = \frac{(h_{c, \text{om}} - h_{c, \text{quruq}}) F_{\text{bug}'}}{t_{\text{bug}'}} \quad (2.26)$$

bunda,  $F_{\text{bug}'}$  – bug'lanish maydoni;  $t_{\text{bug}'}$  – ochiq o'zan periodi (vaqti).

Suvning filtratsiyada kamayishi:

$$Q_f = \frac{h_F \cdot F_F}{t_F} \quad (2.27)$$



2.20-rasm. Suv omborining gorizontal maydoni  $F$  va statik hajmi  $V$  ning suv omboridagi suv sathi  $Z$  ga bo'lgan bog'liqligi

bu yerda,  $h_F$  – filtratsiya qatlami;

$F_F$  – filtratsiya oqim maydoni;

$t_F$  – filtratsiya (davri) vaqti.

Suv miqdorining muz hosil bo'lishida kamayish:

$$Q_{muz} = \frac{\gamma_M \cdot h_M (F_{NSS} - F_{QSS})}{t_Q}, \quad (2.28)$$

bu yerda,  $\gamma_M h_M$  – hajmiy og'irlik va muz qatlami;

$t_Q$  – qishki davr davomi.

Shlyuzlashda suv kamayishi.

$$Q_{sh} = \frac{l \cdot b \cdot h \cdot n}{t_{sh}}, \quad (2.29)$$

bu yerda,  $l$ ,  $b$ ,  $h$  – shlyuz kamerasing uzunligi, eni va balandligi (NSS gacha)

$t_{Sh}$  – navigatsiya davri;

$n$  – navigatsiya davridagi shluzlash soni.

Suv omborlari sun'iy ravishda bunyod etiladigan obyekt bo'lib, juda katta masshtabda va hajmda, katta maydonni egallagan bo'ladi.

GES suv omborlari chuqurligiga qarab: tekislikdagi ( $H=15\div 35$  m); tog' oldi ( $H=50\div 100$  m); tog'dagi ( $H=200$  m dan ko'p) xillarga bo'linadi.

Jahon suv omborlari to'liq suv hajmi  $\approx 3000$  km<sup>3</sup> ga tengdir.

MDH bajarish hisoblarga ko'ra Yer sharida  $\approx 14000$  suv omborlari mavjuddir, ularning hajmi 1 mln. m<sup>3</sup> oshiq. Bularning to'liq hajmi 6000 km<sup>3</sup> dan oshiq bo'lib, Yer shari daryolari qayta taqsimlanganidagi suv hajmidan 5 marta ko'pdir. Yer shari suv omborlari yuzasi 350000 km<sup>2</sup> ga tengdir.

MDH da ishlayotgan va loyiha qilingan 25 000 suv omborlari mavjud va ular jahon suv omborlari hajmining 20% ini tashkil etadi.

Eng katta suv omborlariga quyidagilar kiradi:

#### 2.2-jadval

№	Daryo	Nomi	Mamlakat	Ishlatish yili	Suv hajmi km <sup>3</sup>
1.	Viktoriya Nil	OUEN-Fols	Uganda, Keniya, Tanzaniya	1954 y. to'ldir	$V_T=204,2$ $V_F=204,2$
2.	Gana	Vol'ta		1965	$V_T=148$ $V_F=90$
3.	Nil	Naser	Misr Arab.resp.	1970	$V_T=157$ $V_F=$
4.	Angara	Bratsk GESi suv ombori	Rossiya	1967	$V_T=165$
5.	Sirdaryoda	Qayroqqum	Tojikiston	1958	$V_T=4,1$
6.	Chirchiq	Chorvoq	O'zbekiston	1968	$V_T=2,0$
7.	Talimarjon	Qarshi Bosh kanali	O'zbekiston	1973	$V_T=1,5$

## 2.5. Hidroenergetika qurilmalar turlari

**Gidroenergetik qurilmalar** (GEQ) deb suv oqimi mexanik energiyasini elektr energiyasiga yoki elektr energiyasini suvning mexanik energiyasiga aylantiruvchi korxonaga aytiladi.

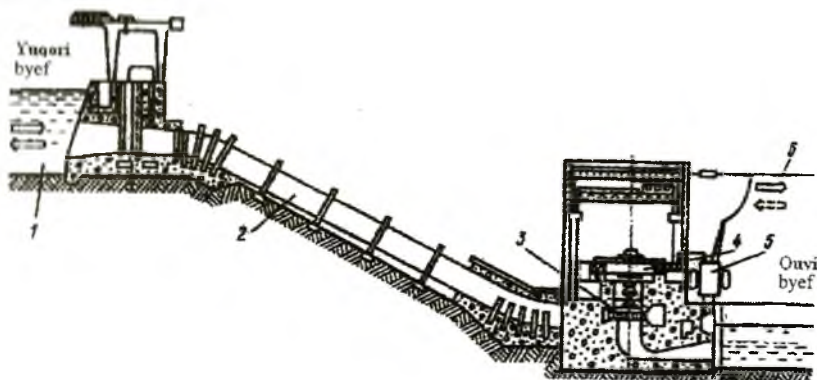
GEQlarning tarkibiga gidroelektr stansiyalari, nasos stansiyalari, gidroakkumulatsion elektr stansiyalari, suv sathi o'zgarishi hisobiga ishlaydigan elektr stansiyalar kiradi.

GEQ gidrotexnik inshootlardan, energetik va mexanik jihozlardan iborat bo'lib, bu jihozlar GEQ ishining asosini tashkil qiladi. GEQlarida yuqori va quyi byeflar, ya'ni suv sathlari - to'g'on oldi va to'g'on orti sathlari napor qiymatini aniqlashda asos bo'ladi.

Suv sathi  $\nabla$  belgi bilan belgilanib, dengiz sathidan qancha balandlik yoki pastligini GEQ siga nisbatan (absolyut - otmetka) yoki qandaydir taqqoslash tekisligidan (shartli otmetka) joylashish balandligini ko'rsatadi.

Dengiz to'liqini ko'tarilishi (pasayishi) hisobiga ishlaydigan elektr stansiyalarda (STES) byeflar o'zgaruvchan qiymatlarga ega bo'ladi.

**Gidroelektr stansiya** (GES)larda suvning gidravlik energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi (2.21-rasm). GES ishi uchun kerakli parametrlar suv sarfi  $Q$ ,  $m^3/s$  va jamlangan (to'plangan) sathlar farqi, napor  $H$ , m hisoblanadi.



**2.21-rasm.** GESning umumiy ko'rinishi:

1—suv ombori yoki ko'l; 2—bosimli quvur; 3—turbina; 4—generator;  
5—transformator; 6—elektr energiya uzatish liniyasi.



Tekislik daryolaridagi GESlarda asosiy inshoot bo'lib, to'g'on va stansiya binosi xizmat qiladi. GES larda to'g'on daryoga ko'ndalang ravishda qurilib suv sathini ko'tarishga va katta napor hosil qilishga yordam beradi. Stansiya binosida esa gidravlik turbina, elektr toki generatori, mexanik va elektr jihozlari joylashadi. Zarur hollarda GES lar suv transporti shluzlari, sug'orishga suv olish inshootlari, suv ta'minoti, baliq o'tkazuvchi inshootlar va boshqalarni ham o'z ichiga olishi mumkin.

GES da suv og'irlik kuchi ta'sirida yuqori byefdan quyi byefga harakat qiladi va gidravlik turbinani aylantirib, u bilan bitta valda joylashgan generator rotorini harakatga keltiradi. Ayrim hollarda, unchalik katta quvvatga ega bo'lmagan generatorlarda qo'shimcha uzatmalar (reduktor yoki multiplikator) aylanish tezligini oshirishga va generator massasini kamaytirishda qo'llaniladi. Turbina bilan generator birgalikda gidroagregat deyiladi. GEQ lari orasida eng ko'p qo'llaniladigan va eng quvvatli GES hisoblanadi.

Suvni quyi byefdan yuqori byefga ko'tarish va uzoq masofalarga uzatish uchun mo'ljallangan GEQlarni **nasos stansiyalari (NS)** deyiladi (2.22 - rasm).

NSlarida nasos agregatlari o'rnatiladi va nasos bilan elektr dvigatel bitta valda joylashadi. NSlari elektr energiyasi iste'molchisi hisoblanadi.

NS juda ko'p xalq xo'jaligi sohaslarida ishlatiladi: kommunal xo'jalik va sanoatni suv bilan ta'minlashda, TES larni suv bilan ta'minlashda, sug'orishda, suv transporti kanallarida va boshqalarda.

Eng katta nasos stansiyalariga, Irtish-Qarag'anda va Qarshi magistiral (QMK) kanallaridagi stansiyalar kiradi.

$$\text{QMK NS } Q=26,4\div 39,0 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$\text{OII10-260r, H= 24}\div\text{24,5 m};$$

$$n=250 \text{ ayl/min};$$

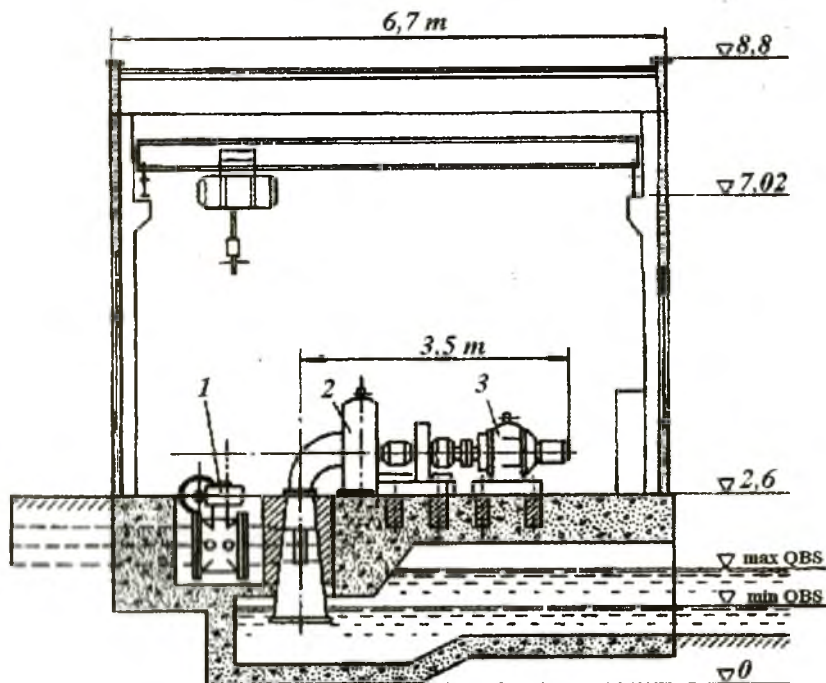
$$N_{\text{val.nas.}}= 11500 \text{ kVt.}$$

$$\text{OII 11-260r, Q=30}\div\text{40 m}^3/\text{s};$$

$$H=17,5 \text{ m};$$

$$n=250 \text{ ayl/min};$$

$$N_{\text{val.nas.}}=8000 \text{ kVt.}$$



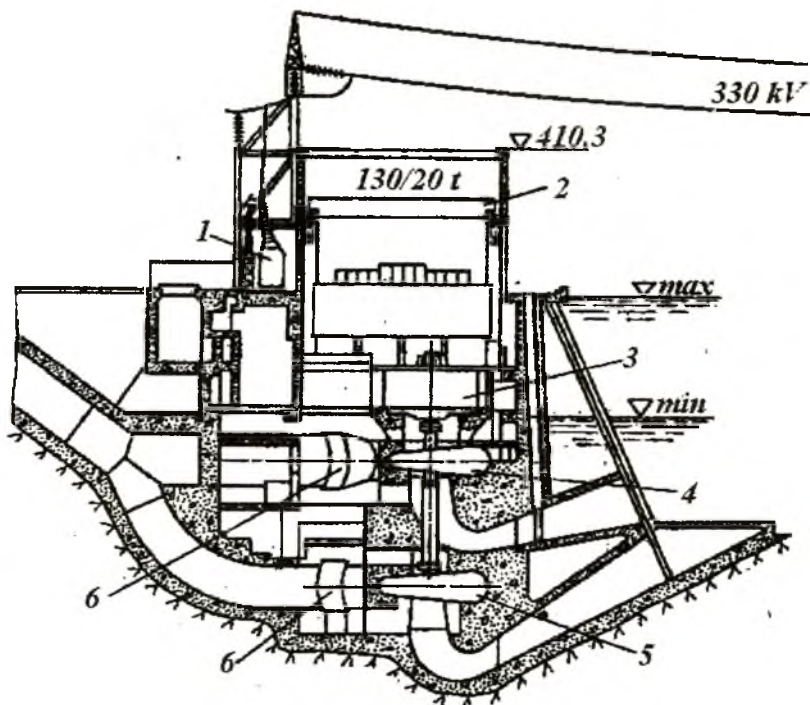
2.22-rasm. Nasos stansiyasining ko‘rinishi:  
1-zatvor; 2-nasos; 3-dvigatel.

**Suv yig‘ish elektr stansiyalari (SYES, GAES)** gidroenergetik qurilmalarning yuqorida keltirilgan ikki turining vazifasini bajarish mumkin, ya’ni GES sifatida ham va nasos stansiyasi holatida ham ishlashi mumkin (2.23 - rasm).

Ma’lumki, sutkaning ba’zi paytlarida (kechasi) energiya iste’moli kunduzgi energiya iste’moli qiymatidan ancha past bo‘ladi. Shunday paytlarda GAESda nasos agregatlari ishga tushib yuqori byefdagi suv havzasini to‘ldiradi. Kunduzgi energiya iste’moli eng yuqori bo‘lgan soatlarda yuqori byefdagi havzadan suv pastga tushib turbinalar ishga tushiriladi va elektr energiyasi ishlab chiqiladi.

Natijada nasoslar arzon elektr energiya iste’mol qilib suv havzasida zarur miqdordagi suvni to‘playdi, undan esa anchagina qimmat bo‘lgan elektr energiyani ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

GAESlarning samaradorligi shundan iboratki, ular kunduz kuni ertalab va kechki energiya iste'molining maksimum qiymatlarida energo sistemaga ishlaydi, kechasi esa arzon, ba'zan esa talab qilinmagan elektr energiyasidan foydalaniladi. SYES faqat sutkalik emas, balki haftalik va mavsumiy suv rejimiga moslab ishlaydigan bo'lishi mumkin.



2.23-rasm. GAES ning ko'rinishi:

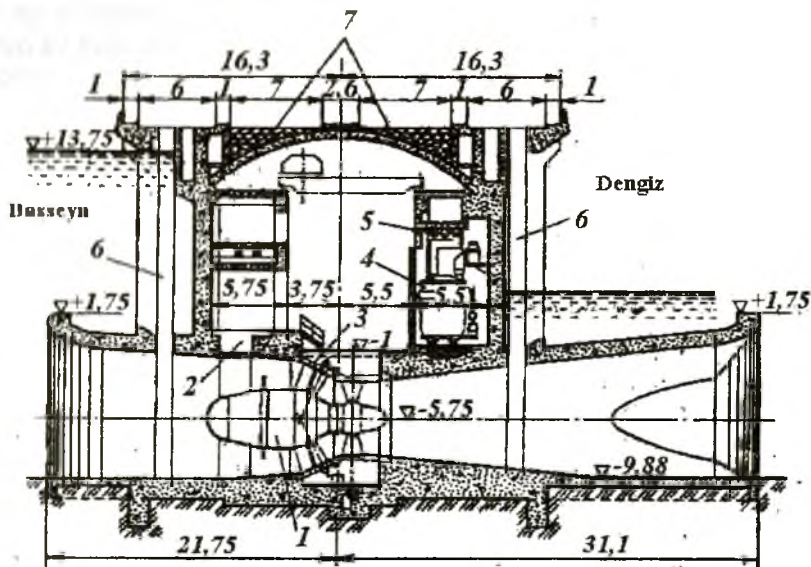
- 1 – kuchaytiruvchi transformator; 2 – ko'prik kran;  
 3 – generator - dvigatel; 4 – radial o'qli turbina; 5 – nasos;  
 6 – sharsimon zatvor.

GAES har xil energiya yo'qolishlari hisobiga, energotarmoqdan oladigan energiyasining 70÷75 % qiymatini qayta hosil qiladi. GAES kechasi hosil bo'ladigan yuklanish grafigi uzilishini to'ldirib hamda ertalabki va kechki cho'qqi yuklanishni kamaytirib, AES va IFS

texnik ishlash sharoitini sezilarli darajada yaxshilaydi va 1 kVt soat elektr energiyasi olishga ketadigan solishtirma yoqilg'ini sarfini kamaytiradi, natijada elektr energetika tarmog'ida yoqilg'ini iqtisodiy tejash imkonini beradi.

Hozirgi paytda jahondagi eng yirik GAES AQSHdagi Bas-Kaunti GAESi hisoblanadi. Uning quvvati 2100 MVt, nabori 330 m. MDHda Kiyev GAES (N=225 MVt), Zagorsk (N=1200 MVt), Kayshyador GAES (N=1600 MVt) lari qurilgan. AQSHda eng katta GAES Holeyni loyihasi tuzilgan, uning quvvati 2500 MVt.

**Dengiz va okeanlardagi suv sathi o'zgarishi hisobiga ishlovchi elektr stansiyalar (SSO' ES)** dengiz sathining sutkada ikki marta o'zgarishida hosil bo'ladigan energiyadan elektr energiyasi ishlab chiqaradi (2.24 - rasm). Ayrim dengiz qirg'oqlari atrofida sath o'zgarishi 10 m ga yetadi. Eng katta suv sathi ko'tarilishi Kanadaning Fandi qo'ltig'ida kuzatilib, 19,6 m ga yetadi.



2.24-rasm. SSO' ES lardan birining sxemasi berilgan.

- 1- kapsulali o'zgaruvchan agregat; 2- elektr mashinani ta'mirlash uchun teshikcha; 3-gidravlik mashinalar; 4- transformator; 5- ochiq taqsimlovchi qurilmaga kabel uzatish joyi; 6-silliq zatvorlar pazi; 7- avtomobil yo'li.

Fransiyada Rans SSO' ES (N=240 MVt) qurilgan. MDHda tajribaviy Kislogub (N=400 kv) SSO' ES ishlab turibdi.

## 2.6. Suv energiyasidan foydalanish sxemalari

GESlarda ishlab chiqiladigan elektr energiya uchun suv oqimi energiyasi asos bo'lib xizmat qiladi. Suv oqimi energiyasidan samarali foydalanish uchun nisbatan qisqa masofada suv sathlari farqini joylashtirish zarur.

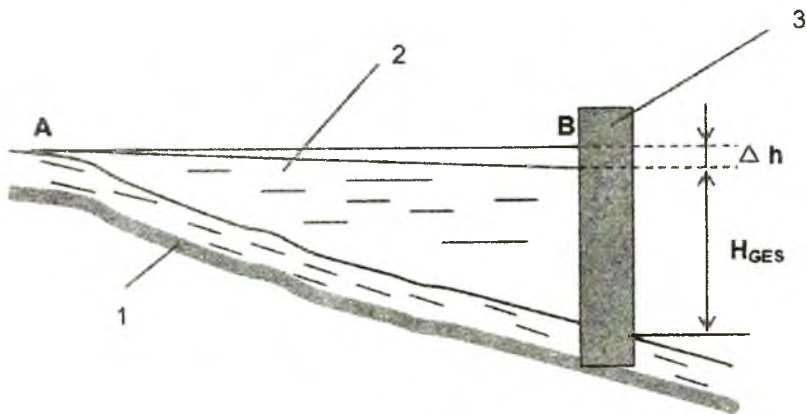
GES naporini yuzaga keltirishning quyidagi sxemalari mavjud.

a) to'g'onli sxema:

b) derivatsiya sxemasi:

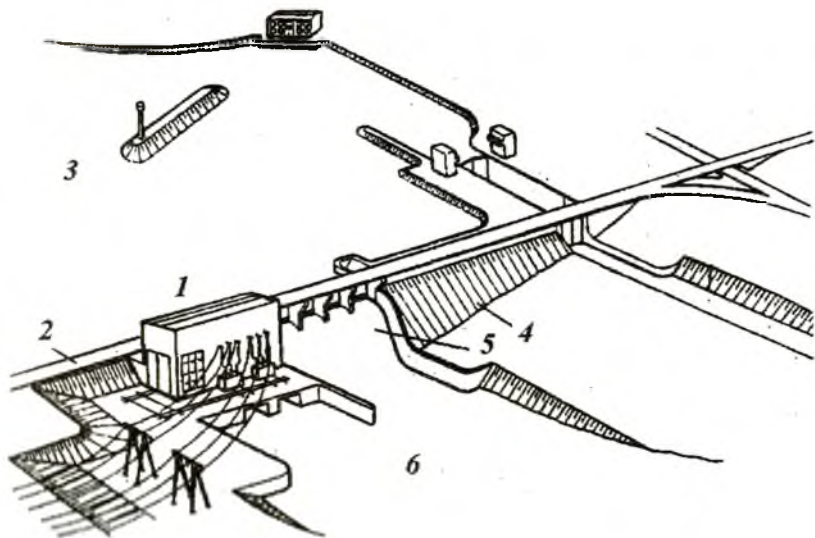
v) to'g'onli-derivatsiya sxemasi:

**To'g'onli sxema** suv yo'lini to'g'on yordamida to'sib sun'iy napor hosil qilishni ko'zda tutadi. Bu sxema ko'proq suv sarfining katta qiymatlarida va suv yuzasi nishabligining kichik qiymatlarida qabul qilinadi. To'g'on yordamida hosil qilingan napor yuqori byef va quyi byef suv sathlarining farqiga teng, ya'ni  $N_{GES} = \nabla Y_{UBSS} - Q_{BSS}$ . Yuqori byefdagi suv sathi bevosita to'g'on oldidagi (V nuqta) suv sathi qiymatidir. Chunki bu qiymat suv havzasi boshlanish nuqtasidagi (A nuqta) qiymatidan  $\Delta h$  ga farq qiladi (2.25-rasm).



2.25-rasm. Suv energiyasidan foydalanishning to'g'onli sxemasi:

1 – suv manbai; 2 – suv ombori; 3 – to'g'on.

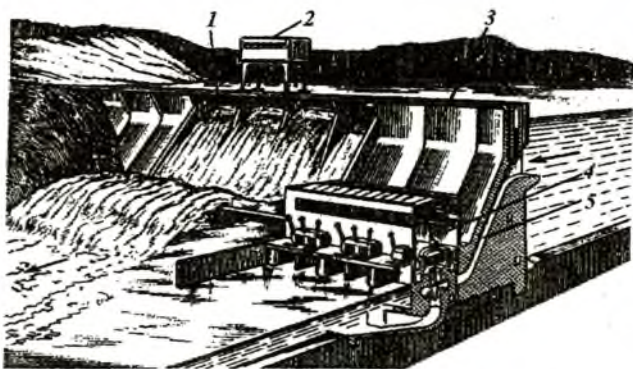


2.26-rasm. O'zanda joylashgan to'g'onli GES sxemasi:  
 1 – GES binosi; 2 – yo'l; 3 – yuqori byef; 4 – to'g'on;  
 5 – to'g'onning suv tushar qismi; 6 – quyi byef

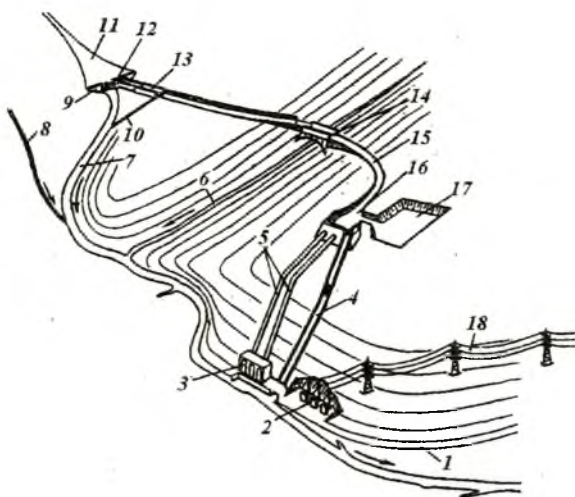
To'g'onli sxemadagi naporga bog'liq GESlar o'zanda yoki to'g'on ortida joylashishi mumkin. Agar GES o'zanda joylashgan bo'lsa, u to'g'on bilan birgalikda napor hosil qiladigan inshootlar tarkibiga kiradi (2.26-rasm). Bunda GES binosi yuqori byefdandan suv bosimini to'liq qabul qiladi va mahkamlik bo'yicha barcha talablarga javob beradi. Bunday GESlarda napor qiymati kichik bo'ladi.

Agar napor qiymati turbina diametri qiymatidan 6 marta ortiq bo'lsa, unda GES binosiga suv bosimini qabul qiluvchi inshoot deb qarash mumkin emas. Bunday hollarda GES binosi to'g'on ortida quriladi va suv bosimini qabul qilmaydi (2.27-rasm). Suv turbinalarga to'g'on ichida joylashgan yoki uning ustidan, ba'zi hollarda yonidan o'tgan maxsus quvurlar yordamida yetkazib beriladi.

**Derivatsiya sxemasi.** Bu sxema asosan katta nishablikka ega bo'lgan suv manbalarida qo'llaniladi. (2.28-rasm).



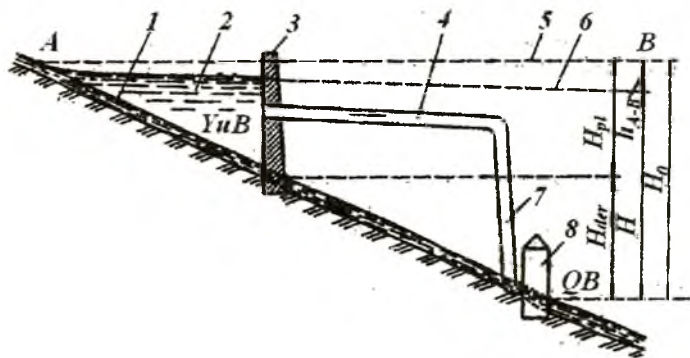
**2.27-rasm.** To'g'on ortida joylashgan GES sxemasi:  
 1 – suv tushar to'g'on; 2 – suv darvozalarini ko'tarib tushiruvchi kran;  
 3 – stansiya to'g'oni; 4 – GES binosi; 5 – turbina quvuri.



**2.28-rasm.** Derivatsiyali GES sxemasi:  
 1 – yo'l; 2 – podstansiya; 3 – GES binosi; 4 – suv tashlash inshooti;  
 5 – turbina quvurlari; 6 – chap irmoq; 7 – daryo; 8 – o'ng irmoq;  
 9 – to'g'on; 10 – loyqa tushirish inshooti; 11 – suv ombori; 12 – suv  
 olish inshooti; 13 – tindirgich; 14 – akvedok; 15 – derivatsiya kanali;  
 16 – bosim havzasi; 17 – rostlash havzasi; 18 – yuqori  
 kuchlanish simlari.

Suv manbaining tanlangan joyida nisbatan kichik to'g'on quriladi va kichik hajmli suv havzasi yuzaga keladi. Havzadagi suv manbaining tabiiy o'zani bo'yicha ham maxsus qurilgan derivatsiya kanaliga ham berilishi mumkin. Derivatsiya kanalining nishabligi suv manbai nishabligiga nisbatan ancha kichik va mana shu farq GES naporini tashkil qiladi. Derivatsiya kanali suvni bosim havzasiga, undan esa quvurlar orqali turbinalarga yetkazib beradi. GESdan oqib chiqqan suv manbaiga yoki biron bir kanalga berilishi mumkin.

**To'g'onli-derivatsiya sxemasi.** Bu sxemada yuqorida keltirilgan ikkala sxemaning ham imkoniyatlaridan foydalaniladi. Bu variant bo'yicha daryo o'zanida suv ombori qurilib, to'g'ondan keyingi qismda derivatsiya inshootlaridan foydalaniladi. To'g'onli-derivatsiya sxemasi suv manbaining nishabligi har xil bo'lganda qo'llaniladi. Manbaining nishabligi kichik bo'lgan joyida to'g'on bunyodga keltirilib, nishablik katta bo'lganda derivatsiya sxemasidan foydalaniladi (2.29-rasm).



**2.29-rasm.** To'g'onli derivatsiya sxemasi:

- 1 – daryo o'zani; 2 – suv ombori; 3 – to'g'on; 4 – derivatsiya;  
 5 – gidrostatik sath; 6 – p'yezometrik chiziq; 7 – turbina quvuri;  
 8 – GES binosi;  $\Delta h_{A-B}$  – A va B nuqtalar orasidagi napor  
 yo'qolish qiymati.

Ushbu sxema bo'yicha to'g'on GES binosidan qanchalik yuqoriga joylashsa shunchalik uning o'lchamlari, shuningdek suv ombori o'lchamlari kichik bo'ladi. Lekin bu holda derivatsiya inshootlarining uzunligi ancha oshadi.



Demak, napor yo'qolish qiymati ham oshadi. Shu sababli to'g'onli-derivatsiya sxemasi bo'yicha inshootlar o'lchamlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi.

## 2.7. GEQ larining inshootlari tarkibi

GEQ larining o'zaro bir-biri bilan bog'langan gidrotexnik inshootlari majmuasi *gidrobog'lama (gidrouzel)* deyiladi. Daryo o'zanidan energetik foydalanishning to'g'onli sxemasida to'g'on va GES binosi daryo uzeli inshootini tashkil etadi. Suvdan kompleks foydalaniladigan har bir suv xo'jalik kompleksi(SXK). iste'molchisi uchun gidrouzel tarkibiga mos keluvchi inshootlar kiritiladi, masalan, baliq to'suvchi in-shoot, sug'orishga suv beruvchi inshoot, ichimlik suv ta'minoti inshooti va boshqalar.

### *GESning inshootlari tarkibi va joylashishi*

GESning derivatsion sxemasida inshootning bosh (daryo) va stansiyali uzellari, derivatsiya kabi xillariga ajratiladi. Bosh inshoot uzeligga to'g'on, suv qabul qiluvchi va kerakli hollarda tindirgichlar, muz qatlamini o'tkazuvchi inshootlar kiradi.

Stansiya binosi, turbina quvurlari, naporli havza, tenglashtiruvchi rezervuar va GESga yaqinlashgan suv o'tkazuvchi derivatsiya qismi stansion uzelga kiradi.

Bosh va stansion uzellar suv keltiruvchi derivatsiyadan iboratdir: kanal, tunnel yoki derivatsion quvurlar.

Inshootlar kompanovkasini iqtisodiy asoslashning asosiy prinsipi keltirilgan xarajatlarning minimum qiymatiga erishishdir. Bunda GES hamma inshootlariga ketadigan kapital mablag'lar minimumini olishga erishish, kompleks foydalanishda esa, butun SXK inshootlari uchun kapital mablag' kamayishiga erishish talab qilinadi. Gidrouzel inshootlari kompanovkasida asosiy talablarga :

1) GES va SXK inshootlarini mustahkam, xavfsiz, qulay va tejamkorlik bilan kam yo'qotilgan sarf va naporda;

2) optimal xarajatlar bilan inshootlar kompleksini tez va qisqa muddatlarda qurish;

3) ishlab chiqarish jarayonining qulayligi, transport yo'llarini va boshqa kerakli zavodlar joylashishini yaxshilash;

4) qurilish vaqtida suvni eng iqtisodiy, mustahkam va xavfsiz ravishda quyib berilgan o'tkazilishini ta'minlash;

5) quruvchilar va ekspluatatsion personal yashaydigan hududlarni maqsadga muvofiq joylashtirish;

6) Tabiiy sharoit va muhofaza holatini optimallashtirish va boshqalar kiradi.

### ***GES gidrouzeli tarkibiga kiruvchi inshootlar***

GES gidrouzeli tarkibiga kiruvchi asosiy inshootlar quyidagilardan iborat: to'g'on, GES binosi va taqsimlovchi qurilmalar, suv transporti va baliq to'suvchi inshoot, suv olish va suv qabul qilish inshootlari kiradi.

**To'g'on** daryo gidrouzeli tarkibiga kiradi. Suv energiyasidan foydalanishning to'g'onli sxemasida to'g'on asosiy gidrotexnik inshoot hisoblanadi. Hamma to'g'onlar ikkita guruhga ajratiladi. Tarkibida ishlatilgan materialiga ko'ra:

1) tuproq materiallaridan, tosh materiallardan va boshqa jinslardan tuzilgan (2.30 - rasm.);

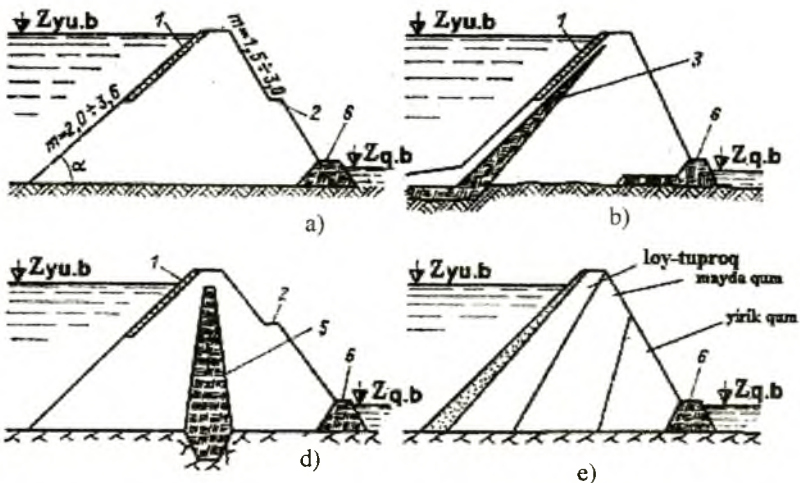
2) betonli va temir-betonli ko'rinishlarda bo'ladi (2.31–2.33-rasmlar).

Birinchi guruh to'g'onlar asosan yopiq holda (глухой), suv tushar novsiz quriladi va balandligi tuproqdan qilingan to'g'on uchun 200 m.gacha, tosh-shag'alli to'g'onlar uchun esa 100 m dan oshiqroq bo'lishi mumkin. Ikkinchi guruh to'g'onlar gravitatsion, arkali va kontrofors turlarga ajratiladi.

**GES binolari va taqsimlovchi qurilmalar.** Daryo o'zanida qurilgan GES binolari to'g'on bilan birgalikda napor fronti hosil qiladi. GES binosi to'g'on yoniga joylashtirilib, yer yuzasida bo'ladi. Napor  $H > 35-45$  m bo'lganda GES binosi to'g'on ortida joylashadi.

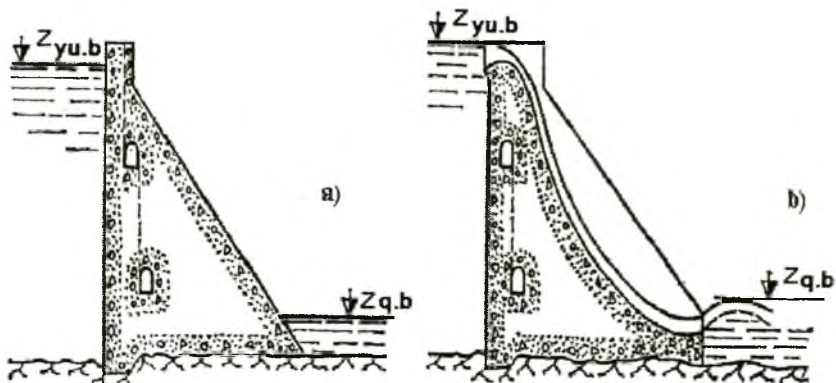
To'g'on orti GESlarining binosi yer ostida va yer ustida bo'lishi mumkin, derivatsion GESlar binosi ham yer ostida yoki ustida joylashishi mumkin.

GES inshooti tarkibiga yuqori kuchlanishli taqsimlovchi qurilma ham kiradi va asosan ochiq xildagi tuzilishga ega bo'ladi. Tog' zonalaridagi GESlarda kuchaytiruvchi podstansiyalar yer ostiga joylashtirilgan bo'lishi mumkin.



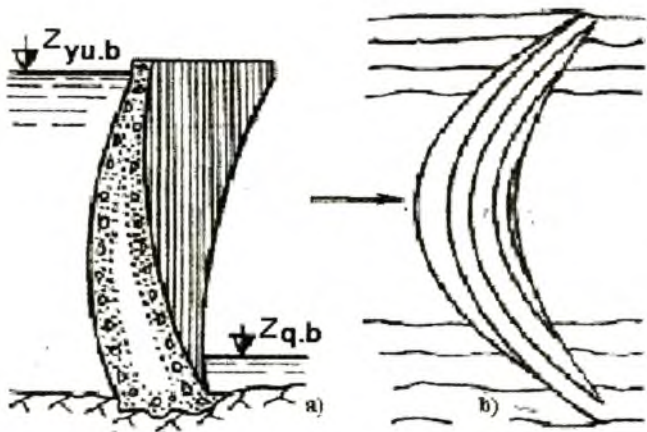
2.30-rasm. Tuproq to'g'onlar:

- a* – yuqori qismi beton plitalar bilan mahkamlangan to'g'on;  
*b* – ponurli to'g'on; *d* – yadroli to'g'on; *e* – har xil tuproqlardan  
 qurilgan to'g'on; 1 – beton plitalar; 2 – berma; 3 – ponur;  
 5 – yadro; 6 – drenaj prizmasi.

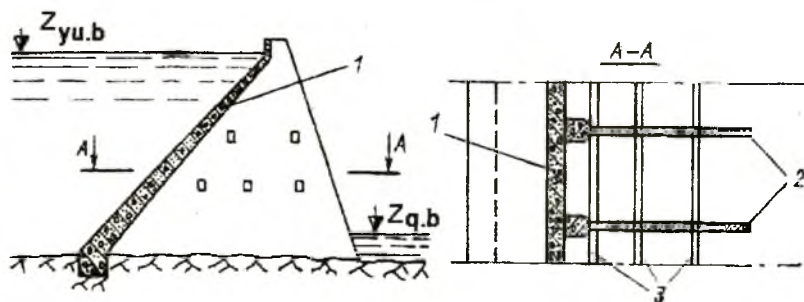


2.31-rasm. Gravitatsion to'g'on:

- a* – yopiq to'g'on; *b* – suv tushar to'g'on.



2.32-rasm. Arkali to'g'on:  
a – qirgim; b – reja (plan).



2.33-rasm. Kontrfors to'g'on:

1 – temir - beton plitalar; 2 – kontrforslar; 3 – mahkamlash balkalari.

**Suv transporti va baliq o'tkazuvchi inshootlar.** Suv transportini to'g'ondan o'tkazish uchun shluz kameralari quriladi. Bu kamera pastki va yuqorigi qismdan iborat bo'lib, ularda darvoza shluz galereyasini suv bilan to'ldirishga xizmat qiladi. Byeflar sathining farqi 20 metrdan oshsa, pog'onali, ko'p kamerali shluzlar qo'llaniladi. Masalan, Buxtarma GES- ida sathlar farqi 70 m, shuning uchun 4 kamerali shluz qurilgan. Suv transporti shluzlari ayrim hollarda suv

o'tkazuvchi inshoot o'rnida ishlatilib, oqova nov o'lchamlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Juda katta suv sathi farqlarida uncha katta bo'lmagan suv transporti uchun mexanik ko'targich qurilmalaridan foydalaniladi.

Baliq o'tkazuvchi inshootlarga – pog'onali baliq yo'li, ya'ni uncha katta bo'lmagan hovuzlardan iborat qirg'oqda joylashgan inshootga aytiladi. Quyi byefdagi baliqlarni yuqorigi byefga maxsus baliq ko'taruvchi kameralar bilan o'tkaziladi.

**Suv olishga mo'ljallangan inshootlar.** Tabiiy ravishda sug'orishda asosan ochiq suv oluvchi inshootlar betondan qilinib, zatvor (qulfak), panjara va boshqa maxsus qurilmalar bilan jihozlanadi. Suv ta'minoti va mashinali sug'orishda suvni daryodan nasos stansiyalari yordamida olinadi. Bunday hollarda NS asosiy gidrouzeldan alohida uzoqlikda qurilib, inshoot tarkibiga kiritilmaydi.

**Suv qabul qiluvchi inshootlar.** O'zanli va to'g'on orti GES larda suv qabul qiluvchi inshootlar turbinaga suv keltirishga xizmat qiladi. Bu inshoot daryo o'zani GES konstruksiya binosiga va stansion to'g'on konstruksiyasiga kiradi. Suv qabul qiluvchi inshootlar zatvorlar va suvda suzib yuruvchi jismlarni ushlab tashlash uchun xizmat qiladigan panjaralar bilan jihozlanadi.

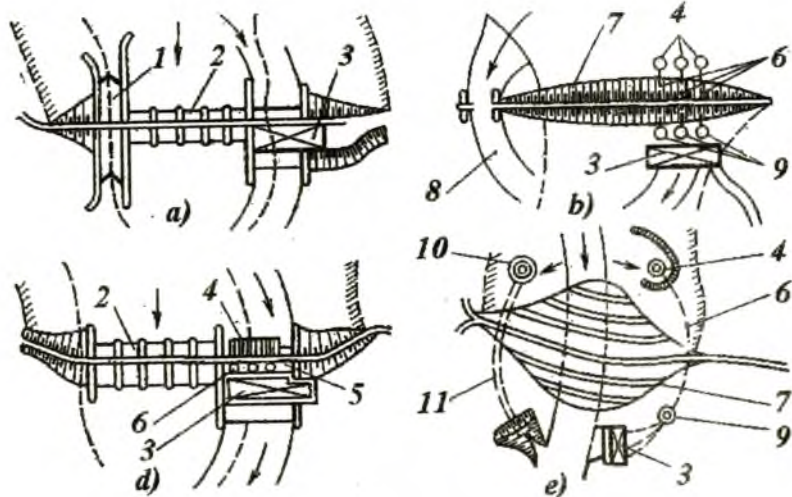
Derivatsion GES suv qabul qiluvchi inshootlari bosh uzal inshooti tarkibiga kiradi va derivatsiya kanaliga suv berishiga yoki avariya vaqtida suvni to'xtatishga mo'ljallanadi.

### *Daryo o'zani GES lari kompanovkasi*

GES binosi to'g'on bilan bir qatorda suv naporini qabul qilsa, bunday GESlar daryo o'zani GES lari deyiladi. Bu GESlarning napori 25 – 30 metrdan oshmaydi (2.34 - rasm).

Gidrouzel inshootlari kompanovkasi qurilish davridagi suvni xavfsiz o'tkazishni va inshootlarni qurish navbatini optimal ravishda bajarishni amalga oshirish imkonini berishi kerak.

Suv o'tkazuvchi teshik o'lchamlarini inshoot qurilishi davrida, hisobiy suv sarfi uchun  $p=(2-5)\%$  ta'minlanganlikda I va II sinfdagi inshootlar uchun, III va IV sinfdagi inshootlar uchun  $p=10\%$  dagi daryo suvi qabul qilinadi.



**2.34-rasm.** GESning asosiy inshootlari sxemasi:

*a – beton to‘g‘onli o‘zan GESi sxemasi; b – beton to‘g‘onli to‘g‘on orti GESi; d – tuproq to‘g‘onli to‘g‘on orti GESi; e – tuproq to‘g‘onli va shaxtali suv tashlash inshooti bilan ta‘minlangan to‘g‘on orti GESi;*  
*1 – shluz; 2 – to‘g‘on; 3 – GES binosi; 4 – suv olish inshooti;*  
*5 – yopiq to‘g‘on; 6 – turbina quvurlari; 7 – tuproq to‘g‘on; 8 – suv tashlash inshooti; 9 – tenglagich rezervuar; 10 – shaxtali suv tashlash inshooti; 11 – suv tashlash tunneli.*

Gidrouzellar kompanovkasi daryo o‘zanida yoki qirg‘oqqa yaqin uchastkasida bo‘lishi mumkin. Qirg‘oq kompanovkasida beton inshootlar va mahalliy material to‘g‘oni chap yoki o‘ng tomonda yoki bir tomonda joylashtirilishi mumkin. Bu kompanovka vaqtinchalik to‘g‘on balandligini kamaytirish imkonini beradi. Daryo suvi bu vaqtda asosiy o‘zandan o‘tkaziladi. Bu muz qatlamini va toshqin suvlarni o‘tkazishni yaxshilaydi. Qirg‘oq kompanovkasi gidrouzel qurilish davrini kamayishiga yordam beradi. Daryo o‘zani kompanovkasida GES binosi va oqova nov to‘g‘oni tabiiy daryo o‘zaniga joylashtiriladi. Inshoot qurilishida bajariladigan ishlar va o‘zanni to‘sis MDHda seksiyalash usuli bilan olib boriladi.

Vaqtinchalik o‘zan yoki to‘g‘on to‘silganda, daryo eni kichik bo‘lmasligi, kam suvli davrda suv tezligi 2,5–3 m/s dan oshmasligi kerak.

Gidroenergetik obyektlarni daryoning eng tor uchastkasida qurish har doim ham qulaymasdir, chunki suv transporti, yog‘och oqizish va muz qatlamini ochiq o‘zandan o‘tkazishga to‘g‘ri keladi. Hech qanaqa to‘siqsiz muz qatlamini o‘tkazish uchun daryo o‘zanida 30–40 % ga teng joy qoldirilishi talab qilinadi.

Agar daryo o‘zani xarakteri va oqim tezligi seksiyali vaqtinchalik to‘g‘on qurishga imkoniyat bermasa yoki uning qurilishi qimmatga tushsa, unda qurilish tunneli yoki aylanma kanal qilinib, qurilayotgan to‘g‘on aylantirilib, daryo quyi o‘zanga quyiladi.

Amalda isbotlanishicha, toshsiz asosli daryolarda va muz hosil bo‘lishi kuzatilganda qirg‘oq kompanovkali gidrouzel maqsadga muvofiq hisoblanadi. Daryo o‘zani toshdan iborat bo‘lsa, qo‘shimcha o‘zanli kompanovka qulay hisoblanadi. O‘zanli GES kompanovkalarida tekislik daryolari uchun to‘rtta asosiy inshootning birlashuvi - GES binosi, to‘g‘onlar, suv transporti shluzi va kuchaytiruvchi podstansiya xarakterlidir. Bu to‘rtta inshootning o‘zaro joylashuvi mahalliy sharoit va ekspluatatsiya talablari asosida aniqlanadi.

GES binosi, asosan qirg‘oqda eng kam napor yo‘qolishi sodir etadigan suvni turbinaga olib kelish hisobiga joylashtiriladi. GES dan quyi byefga suvni eng qisqa yo‘l bilan o‘tkazish talab qilinib, oqova novdan tushadigan suv fronti podpor hosil qilmaydigan (tortib oluvchi trubalarda) holatda bajariladi. Quyi byefda aralash oqim hosil bo‘lishi, GES naporining kamayishiga va agregatlarning noturg‘un ishlashiga olib kelishi mumkin.

Ekspluatatsiya shartiga ko‘ra eng qulayi GES binosi va to‘g‘onning bir to‘g‘ri chiziqda, ya‘ni daryo oqimiga perpendikulyar chiziqda yotishi hisoblanadi. GES binosi va oqova nov oralig‘ida yuqori va quyi byeflariga cho‘zilgan ustun (устой) o‘rnatiladi. Bu ustun suv oqimini to‘g‘onga va GES binosiga ajratadi.

Oqova nov to‘g‘oni va GES binosi daryo qirg‘og‘i bilan tuproq yoki beton to‘g‘onlar bilan birlashtiriladi. Tuproq to‘g‘on oqova nov yoki GES binosi bilan temir-beton yoki beton ustunlar yordamida tutashtiriladi.

Yuqori kuchlanishli taqsimlovchi qurilmalar ochiq yoki yopiq podstansiyalarga bo'linib, GES binosi yaqinida yoki GES binosi turiga qarab joylashtiriladi.

Kuchaytiruvchi podstansiya ochiq usulda GES binosining quyi byef tomonida joylashadi.

Juda qisilgan sharoitda podstansiyaga qulay joy topilmasa, uni GES binosi yoki tortib oluvchi truba ustiga joylashtiriladi.

### ***To'g'on orti GESlari***

To'g'on orti GESlari kompanovkasi stvor kengligiga, to'g'on xiliga va naporga bog'liq bo'ladi.

Hozirda qo'llaniladigan kompanovkalarni bunday GES lar uchun 2.35 - rasmda ko'rsatilgan.

Gidrouzel tarkibiga to'g'on va GES binosi bilan birga suv transporti va baliq o'tkazuvchi inshootlar kiradi. O'rtacha GES naporida ko'p kamerali va shaxtali shluzlar, katta naporlarda esa kema ko'targichlar qo'llaniladi. Ochiq ko'chaytiruvchi podstansiya quyi byef qirg'og'ida joylashadi. Agar bu holda xarajatlar ko'paysa, unda podstansiyaning GES binosi va oqova nov to'g'oni oralig'ida joylashtirish mumkin va uni ochiq yoki yopiq usulda quriladi. Betonli to'g'onda o'zanli kompanovka ko'proq ishlatiladi. GES kompanovkalari qisqa daryo stvorida yoki oddiy (odatdagi) xillarga bo'linadi.

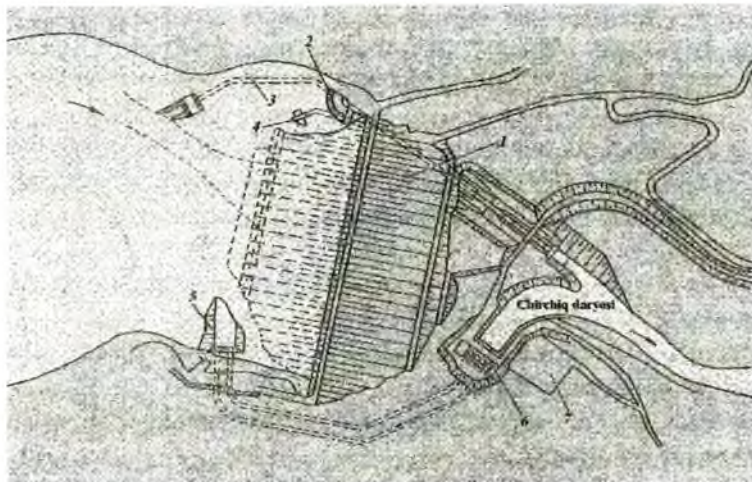
Katta naporli to'g'on orti GES kompanovkasiga Krasnoyarsk GESini keltirish mumkin. Yenisey daryosi o'zani granitdan iborat bo'lib, GES stvori 750 m kenglikka ega. Betonli og'ir to'g'on balandligi 120 m bo'lib, oqova nov 25 metrli 7 ta teshikdan iborat. Oqova nov baland burunga ega bo'lib, suvni to'g'ondan 100 m uzoqlikka uloqtiradi va uni yuvilishdan saqlaydi.

GES binosi 12 ta agregatdan iborat va (har bir agregat quvvati 500 MVt) stansion to'g'on orqasida joylashgan.

Agar inshootlar fronti juda siqilgan va suv o'tkazuvchi inshootlarga daryo kengligi yetishmasa hamda beton to'g'onni qirg'oqqa kiritib qurish qimmatga tushadigan bo'lsa:

1) planda egri chiziqli to'g'on va GES binosi joylashishi (Sayano-Shushensk GESi);





**2.35-rasm.** To'g'on orti kompanovkali Chorvoq GESi sxemasi:  
*1 – to'g'on; 2 – katastrofik suv tashlagich; 3 – tunnel; 4 – suv tashlagich; 5 – suv olgich; 6 – GES binosi; 7 – 220 KV ochiq taqsimlovchi qurilma.*

2) ikki qatorli agregatlar joylashishi (Toxtag'ul GESi, Chirkey GESi);

3) oqova novli GES qurilishi (Bor, Sen-Eten-Kontal, Egel, Shastan (Fransiya), GES Salima (Ispaniya), Slapa GESi (Chexiya) Ivaylovgrad GESi (Bolgariya) va boshqa) amalga oshirilishi mumkin.

Ayrim hollarda GES binosi daryo o'zani uzunligida joylashishi mumkin. Turbinaga suvni keltirishga, ortiqcha suvni suv omboridan qo'yishga naporli tunnel ishlatiladi. Bu tunnel daryo qirg'og'ida o'tkazilgan bo'ladi. Bunday kompanovkali GES ga Boulder (AQSH, Kolorado daryosi) GESi misol bo'ladi. Bu GES napori 180 m.

Katta naporli to'g'on orti gidrouzellar qurilishi tog' sharoitda, daryoning qisqa stvorida vaqtinchalik to'g'on orqasida bajariladi. Daryo suvi bu vaqtda qurilish tunneli orqali o'tkazib turiladi va bu tunnellar keyinchalik ekspluatatsion suv tashlash inshooti bo'lib xizmat qilishi mumkin. GES binosiga va suv qabul qiluvchi inshootga avtomobil yo'llari quriladi. Ayrim hollarda GES binosi va suv qabul qiluvchi inshooti oralig'idagi aloqa xizmati funikulyor orqali amalga oshiriladi.

Tuproq yoki tosh to'plamidan qilingan to'g'on gidrouzellari kompanovkasi bashnyali yoki qirg'oq suv qabul qiluvchi inshooti bilan xarakterlanadi. Bunda GES binosi to'g'ondan ancha masofada joylashib, turbina quvurlari yordamida suv olib kelinadi (tunnel yordamida ham). Bunga Nurek GESi misol bo'la oladi. Uning to'g'oni balandligi 300 m bo'lib, har biri 300 MVt.dan 9 ta agregat o'rnatilgan.

### *Derivatsion GESlar kompanovkasi*

#### **A. Bosh uzal.**

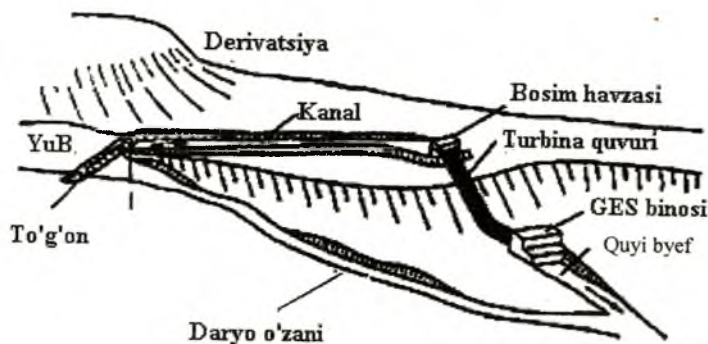
Bosh uzal kompanovkasi to'g'on va suv quyish inshootlari xili va o'lchamlariga qarab aniqlanadi. To'g'onlar, oqova novli bo'lib, zatvor bilan jihozlanadi va tog' daryosini butun kengligi bo'yicha to'sishi mumkin. Ayrim hollarda qirg'oqli suv qo'yish inshooti bo'lishi mumkin yoki suv tushirgichlar ko'rinishidagi inshootlar.

Har xil cho'kindilarni, muz parchalarini quyi byefga o'tkazish zarurligi bosh uzal inshootlari joylashishiga va xarakteriga katta ta'sir ko'rsatadi.

Cho'kindilarning derivatsiya tarmog'iga tushishi mumkinligi qo'shimcha tadbirlar chorasini ko'rishga majbur etadi. Shulardan biri – suv tagida suzuvchi cho'kindilarni to'g'on orqali o'tkazishdir. Bunda past bo'sag'ali to'g'on eng yaxshi hisoblanib u zatvor bilan to'siladi. Cho'kindilar o'tishida zatvor qisman yoki butunlay ko'tariladi.

Bu holda zatvorlarning yuqoriga ko'tariladigan: silliq, segmentli va silindrik turlari ishlatiladi.

Suv oluvchi inshootlar qurilmasi va joylashishi asosiy hisoblanib kirish qismi daryo tubidan 1–2 m ga ko'tarilgan bo'sag'aga ega bo'lishi kerak. Bu bo'sag'ada suv tagida suzuvchi cho'kindilar ushlab qolinadi.



2.36-rasm. Derivatsion GES sxemasi

### B. Derivatsion GES lar – suv olish inshooti.

Derivatsiyaga suvni daryodan yoki suv omboridan bosh uzil chegarasida olinadi. Suv olish inshooti derivatsiyaga uzluksiz suv o'tkazishi, avariya holatida zatvorlar orqali suv to'xtalishi va yuzaki yoki chuqurlikda joylashgan bo'lishi mumkin. Suv olish inshooti juda kam napor yo'qolishiga olib kelishi va derivatsiyaga bir tekis ulanishi talab qilinadi. Suvda suzuvchi jismlarning suv olish inshootiga tushmasligini tutib qoluvchi balkalar yoki to'siqlar bajaradi.

Noturg'un o'zanli daryolarda suv olish inshooti loyihasi va uning joylashishini tanlab olish murakkab vazifa hisoblanadi.

Oqim tezligi suv olish inshootida 1,5–2,0 m/s qilib qabul qilinadi.

Daryodan derivatsiyaga suv oqimi burilishida suvda oqadigan choʻkindilar ham suv qabul qilish inshooti oldida toʻplanadi.

Suvda oquvchi choʻkindilar bilan kurashishning eng qulay usuli – suv oluvchi inshoot boʻsagʻasida pastki teshik galereya qurishdir. Bu teshikdan har xil chiqindilar quyi byefga chiqarib yuboriladi.

Suv oluvchi inshootga suzuvchi yogʻochlar, muzlar va boshqalar kirishini ushlab qoluvchi balkalar va qoʻpol panjaralar ishlatiladi. Bu balkalar temir-betonli devor boʻlib, ularning pastki qismi suv sathidan 0,5–1 m pastda joylashtiriladi. Undan tashqari bu balka (zatvor) qulf balandligini qisqartirib, chiqindilarni ushlab qoluvchi panjaralar uchun tayanch vazifasini bajaradi. Suv oluvchi inshoot zatvorlari silliq yoki segmentli, ayrim hollarda yengillashtirilgan zatvor, yaʼni shandor koʻrinishida boʻladi.

#### **D. Suv sathi tagidan suv olish inshootlari.**

Naporli derivatsiya tunnellariga suv yuqori byefdan suv olish inshooti orqali beriladi. Chuqurlik suv olish inshooti eng koʻp ishlatiladigan tip hisoblanadi.

Bu inshootlar yuqori byefda yoki suv omborida sezilarli sath oʻzgarishi va kichik suv tezliklarida joylashtiriladi. Ular GES yuklanishiga muvofiq ravishda suvni energiya olish uchun berib turishi kerak.

### **Nazorat savollari**

1. Suv resurslaridan mukammal foydalanish deganda nimani tushunish mumkin?

2. Respublikada kichik gidroenergetikani rivojlantirish uchun qanday dastur qabul qilingan?

3. Gidroenergetik majmua nimani anglatadi?

4. Gidroenergetik qurilmalarning qanday turlari mavjud?

5. Suv energiyasidan foydalanishning qanday sxemalari bor?

6. Qanday hollarda oʻzanda joylashgan toʻgʻonli GES sxemasi qabul qilinadi?

7. Derivatsiyali GES sxemasini qabul qilish shartlarini aytib bering.

8. Suv hajmini rostlash nima maqsadda amalga oshiriladi?

9. Suv omborlari turlarini aytib bering.

10. Suv hajmini rostlashning qanday turlari mavjud?

### III. GIDROLEKTRSTANSIYALAR. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI

#### 3.1. GESning asosiy parametrlari

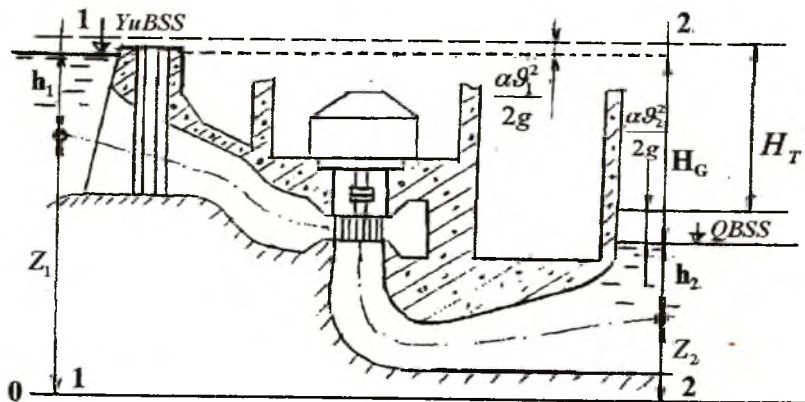
GESning asosiy parametrlari sifatida uning naporini, suv sarfini, quvvatini va energiyasini ko'rsatish mumkin.

Yuqori byefdagi (suv omborining to'g'on oldidagi qismi) suv sathi va quyi byefdagi (to'g'on ortidagi suv manbai yuzasi) suv sathi qiymatlarining farqi geometrik yoki statik napor deb ataladi.

$$H_g = \nabla Y_{UBSS} - \nabla Q_{BSS} \quad (3.1)$$

GESning to'la nabori yuqori byefdagi quvurlarga suv kiradigan kesimdag (1-1) va quyi byefdagi so'rish quvuridan chiqish kesimdag (2-2) suv oqimining solishtirma energiyalari farqi bilan aniqlanadi.

$$H_T = E_{1-1} - E_{2-2} \quad (3.2)$$



3.1-rasm. GES naporini aniqlash sxemasi

1 kg suyuqlik massasiga mos keluvchi solishtirma energiyani joul hisobida  $E$  deb belgilasak, unda 1 l suyuqlik og'irligiga to'g'ri keladigan energiya  $E = E/g$ , m ga teng bo'ladi, unda:

$$H_T = \frac{E_{1-1}}{g} - \frac{E_{2-2}}{g}; \quad (3.3)$$

Agar solishtirma energiyani Bernulli tenglamasi orqali ifodalasak 1-1 va 2-2 kesimlari uchun quyidagi bog'lanishga ega bo'lamiz.

$$H_T = E_{1-1} - E_{2-2} = Z + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 g_1^2}{2g} - Z_2 - \frac{P_2}{\rho g} - \frac{\alpha_2 g_2^2}{2g} = (Z_1 + h_1) - (Z_2 + h_2) - \frac{\alpha(g_1^2 - g_2^2)}{2g}; \quad (3.4)$$

Bunda,  $Z_1$ ,  $Z_2$  - 1-1 va 2-2 kesimlari og'irlik markazlarining ( $M_1$  va  $M_2$  nuqtalar) 0-0 taqqoslash tekisligiga nisbatan joylashish balandligi, m;

$\frac{P_1}{\rho g}$ ,  $\frac{P_2}{\rho g}$  - yuqori va quyi byeflari suv sathlaridan og'irlik markazlarigacha bo'lgan chuqurlik (p'yezometrik balandlik), m;

$P_1$ ,  $P_2$  - 1-1 va 2-2 kesimlar og'irlik markaziga mos keluvchi suv bosimlari, Pa;

$\rho$  - suv zichligi, kg/m<sup>3</sup>;

$g$  - erkin tushish tezlanish, m/sek<sup>2</sup>;

$\frac{\alpha_1 g_1^2}{2g}$ ,  $\frac{\alpha_2 g_2^2}{2g}$  - 1-1 va 2-2 kesimlaridagi oqimning solishtirma

kinetik energiyasi;

$g_1$ ,  $g_2$  - 1-1 va 2-2 kesimlaridagi suvning o'rtacha tezligi m/s;

$\alpha$  - Koriolis koeffitsiyenti.

Yuqoridagi keltirilgan bog'lanishdagi  $Z_1 + h_1$  va  $Z_2 + h_2$  yig'indilarni quyidagicha yozishimiz mumkin.

$Z_1 + h_1 = \nabla YUBSS$  - yuqori byef suv sathi, m.

$Z_2 + h_2 = \nabla QBSS$  - quyi byef suv sathi, m.

Unda (2.4) bog'lanishni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$H_T = \nabla YUBSS - \nabla QBSS - \frac{\alpha(g_1^2 - g_2^2)}{2g} = H_T - \frac{\alpha(g_1^2 - g_2^2)}{2g}; \quad (3.5)$$

Gidroturbina qurilmasining napori yoki hisobiy napor quyidagi bog‘lanish bilan aniqlanadi:

$$H_n = \nabla YUBSS - \nabla QBSS - \frac{\alpha(g_1^2 - g_2^2)}{2g} - \sum \Delta h; \quad (3.6)$$

Bunda  $\sum \Delta h$ - yuqori byefdan turbinagacha bo‘lgan suv yo‘lida yo‘qolgan napor qiymati, m.

$\sum \Delta h$  ning tarkibiga turbina quvuriga kirishdagi, oqiziq ushlab panjarasidagi, quvur uzunligi bo‘yicha yo‘qolgan naporlar kiradi.

$\sum \Delta h$  kattaligi  $H_G$  ning taxminan 2 - 5%ni tashkil qiladi.

**GES suv sarfi Q, m<sup>3</sup>/s.** Bu qiymat manbaning suv sarfiga, suv omboridagi suv hajmiga, energetika tizimining iste‘moliga bog‘liq bo‘ladi. Agar GES foydalanilayotgan gidrotexnik inshootlarda qurilgan bo‘lsa, unda GES suv sarfi inshootning suv berish grafigiga mos holda aniqlanadi. GESdagi maksimal suv sarfi uning barcha turbinalarining suv o‘tkazish qobiliyati bilan aniqlanadi. Bu qiymat GES turiga qarab katta diapazonda o‘zgaradi. Masalan: Samara GESida 22 ta turbina o‘rnatilgan bo‘lib ularning har biri 675 m<sup>3</sup>/s suvni o‘tkazadi. GESning maksimal suv sarfi 15000 m<sup>3</sup>/s ni tashkil qiladi.

**GES quvvati.** Bu ko‘rsatkich GESning energetik potensialini aniqlaydigan ko‘rsatkichlaridan biridir. Ma‘lumki, quvvat vaqt birligida bajarilgan ish miqdori bilan aniqlanadi. Demak, GESda bu vaqt birligi ichida ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori. Uning o‘lchov birligi - vatt (Vt), kilovatt (kVt) megavatt (MVt), gigavatt (GVt) va teravatt (TVt) qilib qabul qilingan.

Agar hosil qilingan napor H m, inshootlar, turbina o‘tkazishi mumkin bo‘lgan suv sarfi Q, m<sup>3</sup>/s aniq bo‘lsa, unda suv oqimining potensial quvvati quyidagicha aniqlanadi, kVt.

$$N_p = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (3.7)$$

Lekin bu quvvat qiymatining barchasi elektr energiyani ishlab chiqarishga sarf bo‘lmaydi. Bu quvvatning bir qismi GESda gidravlik va mexanik qarshilikni yengishga sarf bo‘ladi. Shuning uchun turbina vali quvvati:

$$N_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \quad (3.8)$$

ga teng bo'ladi.

Bunda  $\eta_T$  – turбина foydali ish koeffitsiyenti (FIK).

Ishchi g'ildirak diametri 1 m atrofida bo'lgan turbinalar uchun FIK maksimal qiymati 0,91 ga, yirik turbinalar uchun 0,93 – 0,96 ga teng.

Gidroagregat quvvati generatordagi energiya yo'qolishni ham hisobga oladi va quyidigicha aniqlanadi:

$$N_{ga} = N_T \cdot \eta_{ga} = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \quad (3.9)$$

bunda,  $\eta_G$  – generator FIK.

$\eta_{ga}$  – gidroagregat FIK.

GESning nominal quvvati undagi generatorlarning nominal (pasportda ko'rsatilgan) quvvatlari yig'indisiga teng, kvT.

$$N = N_{gen} \cdot n, \quad (3.10)$$

bunda,  $N_{gen}$  – generatorning nominal quvvati, kvT;

$n$  – GESda o'rnatilgan generatorlar soni.

GESda ishlab chiqariladigan energiya miqdori kilovatt – soat bilan o'lchanadi.

$$E = N_{ga} \cdot t = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{ga} \cdot t \quad (3.11)$$

bunda,  $t$  - hisobga olinadigan vaqt, soat.

Suv omboridan yoki gidrotexnik inshootdan GES orqali yil davomida berilgan suv hajmi  $W$ ,  $m^3$  deb qabul qilinsa, unda **GESning yillik ishlab chiqarilgan energiyasi**

$$E_{yil} = \frac{W \cdot H_{o'r} \cdot \eta_{ga}}{367,2}; \text{ kvT} \cdot \text{soat.} \quad (3.12)$$

bunda,  $H_{o'r}$  – GESning yil bo'yicha o'rtacha nabori, m.



### 3.2. Gidroturbinalarning sinfiy guruhlari, tuzilishi, asosiy parametrlari va xarakteristikalari

#### *Gidravlik turbinalarning tasnifi*

Gidravlik turbinalarda suv oqimining energiyasidan foydalanish usuli ulardagi ishchi g'ildirakdan suvning oqib o'tish turi va ishchi organlar konstruksiyalari bo'yicha tasniflash mumkin (3.1-jadval).

Aktiv turbinalar suvdan tashqarida joylashgan bo'lib faqat oqimning kinetik energiyasi hisobiga aylanadi.

Eng yirik cho'michli turbinalardan biri Norvegiyada Si-Sima GESida o'rnatilgan. Ularning nabori 250 – 1770 m ni tashkil qiladi. Uning quvvati 350 Mvt, nabori 885 m, turbina suv sarfi 40,5 m<sup>3</sup>/s.

Cho'michli turbinalar nabori qiymatlari katta bo'lgan turbinalardan hisoblanadi. Reaktiv turbinalarda suv oqimining ham potensial, ham kinetik energiyasidan foydalaniladi. Bunday turbinalar suv ichida joylashadi va ularning ishchi g'ildiraklaridagi energiya o'zgarishi ko'p jihatdan potensial energiya oshishi hisobiga amalga oshiriladi.

Agar oqim parraklar tizimidan ishchi g'ildirak o'qiga parallel holda oqib o'tsa, bunday turbinalar *o'qiy turbinalar* deb ataladi.

Oqim meridional tezligning radial yo'nalishidan o'qiy yo'nalishga burilgan joyida parraklari o'rnatilgan turbinalar *radial-o'qiy turbinalar* deb ataladi.

Agar oqim meridional tezliklari g'ildirak o'qiga nisbatan burchak ostida yo'naltirilgan bo'lsa bunday turbinalar *diagonal turbinalar* deyiladi.

Reaktiv turbinalar parraklari o'z o'qi atrofida ma'lum burchakka burilishi mumkin, bunday turbinalar parraklari buriluvchi turbinalar deyiladi. Agar turbinalarning parraklari burilmasa unda ular *propeller turbinalar* deyiladi.

O'qiy turbinalar 80 – 90 metrgacha, diagonal turbinalar 135 metrgacha, radial o'qiy turbinalar 700 metrgacha bo'lgan nabor qiymatlarida ishlatilishi mumkin. Bu turbinalar ishchi g'ildiraklari diametrlari 10 – 12 metrgacha bo'lishi mumkin.

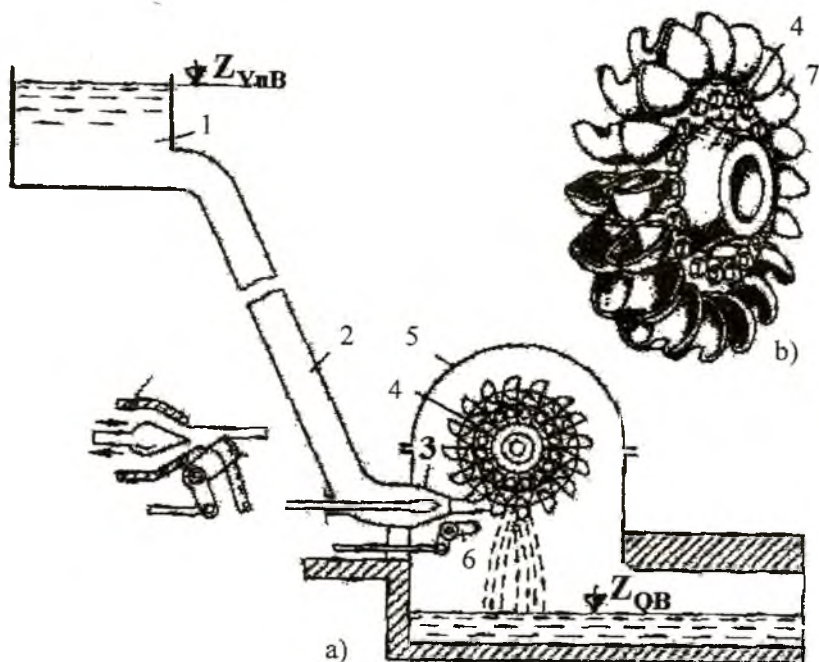
Turbina turi	Turbina tizimi		Turbina markasi	Napor, m	Ishchi g'ildirak diametri, m
	Asosiy belgisi	Qo'shimcha belgisi			
Reaktiv	O'qiy	Gorizontal	<b>BKGK</b> 7, 15, 20, 25	3 – 95	1,8 – 12
		Vertikal parrakli va parrakli-burilmali	<b>BK</b> 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80		
	Diagonal	Vertikal parrakli va parrakli - burilmali	<b>BKD</b> 50, 70, 90, 115, 140, 170	40– 170	1,8 – 9
	Radial-o'qiy	Vertikal radikal - o'qiy	<b>RO'</b> 45, 75, 115, 140, 170, 230, 310, 400, 500, 600	30 – 800	1,25 – 10
Aktiv	Cho'-michli	Vertikal	<b>Ch</b> 400, 600, 1000, 1500	250 - 2000	1,12 – 5,5
BKGK – burama kurakli gorizontal kapsulali; BK - burama kurakli; BKD - burama kurakli diagonal; RO' – radial o'qiy; Ch – cho'michli;					

### *Gidroturbinalar tuzilishi*

Gidroturbinalarning geometrik tuzilishi ko'p jihatdan GESning gidroagregatlar qismining tuzilishiga bog'liq. Gidroagregatlar vertikal, gorizontal va burchak ostida joylashishi mumkin. Vertikal gidroagregatlar hozirgi vaqtda respublikamizdagi GESlarning barchasida o'rnatilgan.

Ish prinsipi nuqtai nazaridan gidroturbinalarni ikki turga bo'lish mumkin.

a) aktiv turbinalar, bu turdagi turbinalarda oqimning faqat kinetik energiyasidan foydalaniladi (3.2-rasm).



**3.2-rasm.** Cho'michli gidroturbina.

a) Aktiv cho'michli turbina qurilmasining sxemasi;

b) ishchi g'ildirak;

1 – yuqori byef; 2 – turbina quvuri; 3 – soplo; 4 – ishchi g'ildirak;  
5 – kojux; 6 – buruvchi moslama; 7 – cho'michlar.

Yuqori byefdan 1 quvur 2 orqali berilayotgan suv oqimi soplo 3 orqali chiqib ishchi g'ildirakning cho'michlariga 7 kelib tushadi va g'ildirakni aylantiradi. Kelib tushayotgan suv oqimining miqdorini rostlash yoki kerak bo'lganda suv yo'lini to'liq to'sish uchun soploning ichidagi rostlovchi ignadan foydalaniladi. Zarurat tug'ilganda suv oqimining yo'nalishini tez o'zgartirish uchun buruvchi mos-

lamadan foydalaniladi. Aktiv turbinalarda ishchi g'ildirak gorizontaal yoki vertikal holda joylashishi mumkin.

b) reaktiv turbinalarning mexanik harakati oqimning kinetik va potensial energiyalari hisobiga yuzaga keladi.

Reaktiv turbinalar konstruksiyasi jihatdan uch turga bo'linadi: o'qiy, radial-o'qiy va diagonal turbinalar.

O'qiy turbinalar ikki xil bo'ladi:

a) vertikal parrakli va parrakli-burilma.

b) gorizontaal kapsulali.

Radial-o'qiy turbinalar ham ikki xil ko'rinishga ega:

a) vertikal o'qli;

b) gorizontaal o'qli.

Reaktiv turbinaning asosiy qismlari sifatida suv beriladigan qism - turbina kamerasi, yo'naltiruvchi apparat, ishchi g'ildirak va so'rish quvurini ko'rsatish mumkin.

Turbina ishchi g'ildiragi rotor bilan val yordamida birlashtiriladi. Val ikki qismdan: generator vali va turbina validan iborat. Bu qismlar bir-biri bilan flanets yordamida qattiq mahkamlanadi.

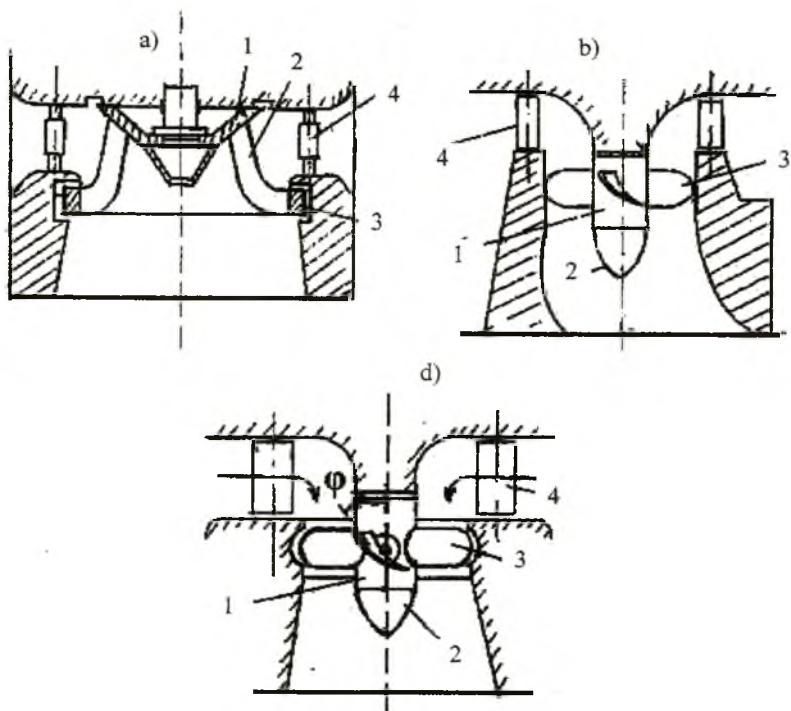
Gidroturbinalarning radial-o'qiy, propeller va parrakli-buriluvchi kabi turlarini ko'rib chiqamiz.

Radial-o'qiy turbinalarda suv oqimi ishchi g'ildirakka kirishda radial yo'nalishda harakatlanadi. Bunday turbinaning ishchi g'ildiragi stupitsa 1 va obod 3 aylanasi bo'ylab bir xil masofada joylashgan parraklardan 2 iborat (3.3-rasm, a). Ushbu uchala element bitta umumiy yaxlit konstruksiyani tashkil qiladi. Parraklar soni 9 tadan 21 tagacha bo'lishi mumkin. Turbina nabori parraklar soniga qarab oshib boradi. Ishchi g'ildirak oldida yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Uning asosiy vazifasi turbina suv sarfini o'zgartirish va parraklarga suv oqimini to'g'ri yo'naltirib berishdan iboratdir.

Propeller turbinalar ishchi g'ildirak 1 va undagi vtulka 2, hamda  $\phi$  burchak ostida o'rnatilgan parraklardan 3 iborat (3.3-rasm, b). Suv oqimi parraklarga o'q bo'ylab yo'naltirilganligi uchun bunday turbinalar o'qiy turbinalar deyiladi. Bu turbinalarda ham yuqorida keltirilgan vazifalarni bajarish uchun yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Parraklar soni 3 tadan 8 tagacha.

Parraklari buriluvchi turbinalar propeller turbinalardan parraklarining 3 o'z o'qi atrofida burilishi bilan farq qiladi (3.3-rasm, d).

Turbina quvvatini yoʻnaltiruvchi apparat 4 ochilish darajasi va parrak burilish burchagi  $\phi$  ga bogʻliq ravishda oʻzgartirish mumkin.



**3.3-rasm.** Reaktiv turbinalar:

a) radial-oʻqiy; b) propeller; d) parrakli-buriluvchi.

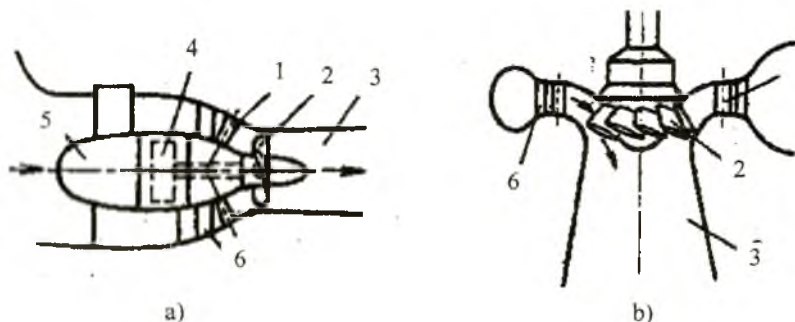
Vertikal gidroturbinalarda ularning vali qatʻiy vertikal holatda boʻlishi kerak. Buning uchun u ikki turdagi podshipniklar bilan ushlab turiladi. Birinchi turdagi podshipniklar yoʻnaltiruvchi podshipniklar boʻlib, aylanayotgan valning radial yoʻnalishida qimirlashining oldini oladi.

Ikkinchi turdagi podshipniklar podpyatnik deb ataladi va u oqimning gidrodinamik hamda turbinaning aylanayotgan qismining oʻqiy yoʻnalishidagi bosimini qabul qiladi.

Gidrogenerator turiga qarab podpyatnikning joylashgan o'ri belgilanadi. Osmo generatorlarda podpyatnik va yuqori yo'naltiruvchi podshipnik yuqori krestovinaga tayanadi.

Soyabonli (zontik) generatorlarda podpyatnik rotor tagida joylashadi va pastki krestovinaga tayanadi.

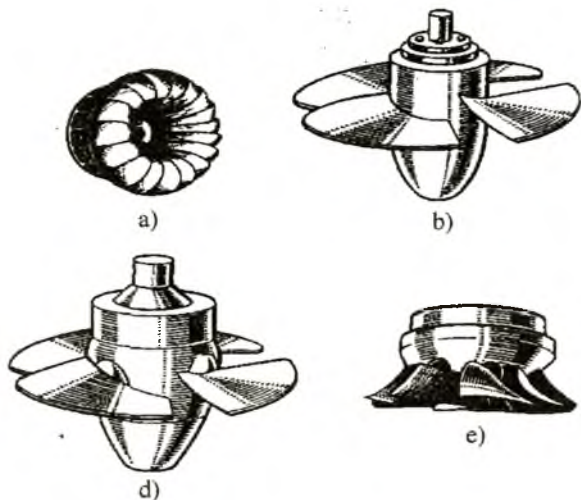
Gorizontal kapsulali turbinalar ham o'qiy turbinalar qatoriga kiradi. Bu turbinalarda gidrogenerator 4 maxsus kapsula (kojux) 5 ichiga, kapsula esa suv oqimining o'rtasiga joylashadi (3.4-rasm, a). Diagonal turbinalar o'qiy turbinalarning yuqori napor qiymatlarida ishlashini ta'minlashga mo'ljallangan (3.4rasm, b).



**3.4-rasm.** Gorizontal kapsulali (a) va diagonal (b) turbina:  
1 – yo'naltiruvchi apparat; 2 – ishchi g'ildirak; 3 – so'rish quvuri;  
4 – generator; 5 – kapsula (kojux); 6 – turbina statori.

Bu turbinalarning ishchi g'ildiragi vtulkalarida parraklar 2 ma'lum burchak ostida joylashadi. Parraklar soni 14 tagacha yetishi mumkin. Suv oqimining parraklarga burchak ostida kelishi va chiqishda suv oqish kesimining keskin kengayib ketmasligi bu turbinalar FIK ning boshqa o'qiy turbinalardan 1,5 – 2 % yuqori bo'lishiga olib keladi. Shu bilan birga diagonal turbinalarning tuzilishi murakkab bo'lganligi va kavitatsiya ko'rsatkichlarining nisbatan pastligi tufayli bu turbinalar ko'p tarqalmagan.

Gidravlik turbinalarning eng asosiy elementi ishchi g'ildirakdir. Ishchi g'ildiraklar har xil turlari 3.5-rasmda keltirilgan.



**3.5-rasm.** Reaktiv turbinalarning ishchi g'ildiraklari:  
 a) radial – o'qiy; b) propeller; d) parrakli – buriluvchi;  
 e) diagonal.

### ***Gidravlik turbinalarning asosiy parametrlari***

Gidravlik turbinalarning asosiy parametri sifatida uning naporini  $N$ , m suv sarfini  $Q$ ,  $m^3/s$ , quvvatini  $N$ ,  $kVt$ , ishchi g'ildirak aylanish chastotasi  $n$ ,  $ayl/min$ ; ishchi g'ildirak nominal diametri  $D_1$ , m; foydali ish koeffitsiyenti  $\eta_T$  % va so'rish balandligini  $N_s$ , m ni keltirish mumkin.

Gidroturbina napori quyidagi turlarda bo'lishi mumkin:

- a) maksimal napor  $N_{max}$ ;
- b) hisobiy napor  $N_h$ ;
- d) minimal napor  $N_{min}$ ;
- e) o'rta vazn napor  $N_{o'r.v.}$ ;
- f) ishga tushirish napori  $N_{i.t.}$ .

Hisobiy napor qiymati turbina va generatorning me'yoriy quvvati ta'minlanadigan minimal napordir. Bu qiymat bo'yicha turbina diametri tanlanadi.

Minimal naporda turbinaning uzoq vaqt ishlashi kafolatlanadi.

O'рта vazn nabori turbinaning har xil, tez o'zgaruvchan naporlarda ishlashi to'g'ri kelganda hisobga olinadi.

$$H_{dr.v} = \frac{\sum N_i \cdot H_i \cdot \Delta t_i}{\sum N_i \cdot \Delta t_i}; m \quad (3.13)$$

Ishga tushirish nabori birinchi agregatning foydalanishga topshirilishida hisobga olinadi.

Gidroturbina suv sarfi ishchi g'ildirakka yo'naltiruvchi apparat yoki soplodan vaqt birligi ichida berilayotgan suv miqdori bilan aniqlanadi.

Gidroturbinalar geometrik o'lchamlari va massasini belgilovchi asosiy parametrlardan biri g'ildirakning nominal diametri hisoblanadi. O'qiy turbinalar uchun bu diametr ishchi g'ildirak kamerasing eng katta diametridir. Radial o'qiy turbinalar uchun  $D_1$  ishchi g'ildirak kirish qismining diametri hisoblanadi. Diagonal turbinalarda  $D_1$  parraklar o'qi bilan ishchi g'ildirak kamerasi diametri kesishgan joy diametridir.

Cho'michli turbinalar uchun  $D_1$  g'ildirak aylanmasining oqim o'qi bo'yicha diametridir.

Ishchi g'ildirak me'yoriy diametrini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q}{Q_h^1 \cdot \sqrt{H_h}}}; m \quad (3.14)$$

Bunda,  $Q_h^1$  – keltirilgan hisobiy suv sarfi,  $m^3/s$

$H_h$  – hisobiy napor, m.

$Q$  – turbinaning maksimal suv sarfi,  $m^3/s$ .

Turbina quvvati quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_h \cdot \eta_T, kVt \quad (3.15)$$

Bunda,  $\rho$ ,  $g$  – suv zichligi va erkin tushish tezligi

$Q$  – turbinadan o'tayotgan suv sarfi,  $m^3/s$ .



$H_h$  – turbina hisobiy napori, m  
 $\eta_T$  – turbina FIK, bu qiymat tajribalar yo‘li bilan aniqlanadi.

$$\eta_T = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_h \quad (3.16)$$

$\eta_g$  – turbinaga kirish qismidan boshlab so‘rish quvuridan chiqishgacha bo‘lgan masofadagi gidravlik napor yo‘qolish qiymatini hisobga oluvchi FIK;

$\eta_m$  – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi FIK;

$\eta_h$  – suv hajmining yo‘qolishini hisobga oluvchi FIK.

Hozirgi zamon turbinalarda FIK qiymatlari 94% (o‘qiy turbinalar uchun) va 95,8% (radial-o‘qiy turbinalar uchun) gacha yetib boradi.

Gidravlik turbinaning aylanish chastotasi uning ishchi g‘ildiragi diametri va naporiga bog‘liq.

$$n = \frac{n_h^1 \cdot \sqrt{H_h}}{D_1}; \text{ ayl / min} \quad (3.17)$$

bunda,  $n$  – turbina aylanish chastotasi, ayl/min

$n_h^1$  – aylanish chastotasining hisobiy keltirilgan qiymati, ayl/min.

So‘rish balandligi  $N_s$  gidravlik turbinalarning quyi byef sathiga nisbatan joylashish balandligini bildiradi.

### ***Gidroturbinalar xarakteristikalari***

Gidroelektrstansiyalarni loyihalashda, ularni ishlatish samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi tadbirlarni qo‘llashda turbinalar haqida to‘liq ma‘lumotga ega bo‘lish lozim. Bu ma‘lumotlar grafik holdagi deyarli barcha rejimlarga mos bo‘lgan barcha kerakli parametrlarni aks ettirgan xarakteristikalarda beriladi.

Gidroturbinaning asosiy parametrlari  $Q$ ,  $N$  va  $\eta$  asosan uning geometrik, kinematik, gidravlik faktorlari bilan belgilanadi. Masalan, turbina suv sarfi bilan uni belgilovchi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan parametrlar orasidagi funksional bog‘lanishni shunday ifodalash mumkin:

$$Q = f(D_1, a_0, H, N) \quad (3.18)$$

Xuddi shuningdek,  $N$  va  $\eta$  uchun mos bog'lanishni keltirish mumkin.

$$N = f(D_1, a_0, H, n) \quad (3.19)$$

$$\eta = f(D_1, a_0, H, n) \quad (3.20)$$

Buriluvchi parrakli turbinalar uchun asosiy ko'rsatkichlarni belgilovchi to'rtta parametr yoniga yana bitta, ya'ni parraklarning buralish (o'rnatilishi) burchagi  $\varphi$  ham qo'shiladi.

$$Q, N, \eta = f(D_1, a_0, H, n, \varphi) \quad (3.21)$$

(3.18), (3.19) va (3.20) bog'lanishlarning grafik holda tasvirlanishi *turbina xarakteristikalari* deyiladi.

Lekin bir-biriga bog'liq bo'lmagan to'rtta yoki beshta o'zgaruvchi qiymatning funksional grafigini qurish mumkin emas.

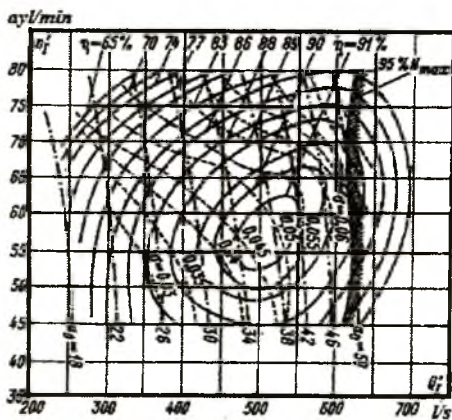
Shu sababli xarakteristikalarni qurishda o'zgaruvchan parametrlarning bir qismi o'zgarmas qilib qabul qilinadi.

Gidroturbina xarakteristikalari uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin: bosh universal xarakteristika, ekspluatatsiya xarakteristikasi va ishchi xarakteristika.

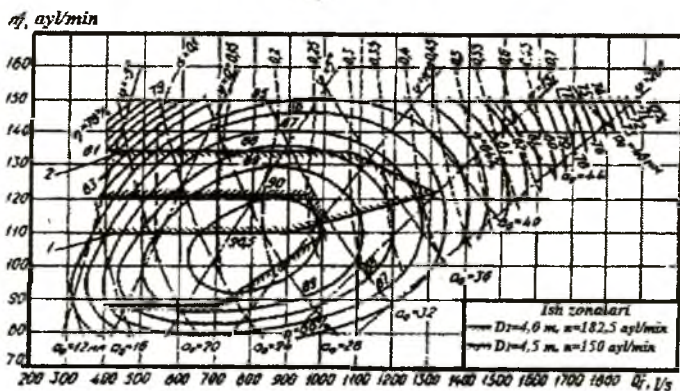
Bosh universal xarakteristika gidroturbinalar uchun eng ko'p qo'llaniladigan xarakteristika hisoblanadi. Bu xarakteristika  $D_1 = 1,0$  m va  $H = 1,0$  m qiymatlari uchun keltirilgan aylanishlar soni va suv sarfi  $n_1^1$  va  $Q_1^1$  koordinatalarida model turbina tadqiqotlari natijalari asosida quriladi (3.6-rasm).

Ochilish darajasining  $a_0$  teng qiymatlari chizig'i aks ettiriladi. Bosh universal xarakteristikada radial o'qiy turbinalar uchun quvvatning 5 % li zaxira chizig'i, parrakli buriluvchi turbinalar uchun parraklarning burilish burchagi  $\varphi$  beriladi.

Gidroturbananing ekspluatatsiya xarakteristikasi ishchi g'ildirak diametri  $D_1$  va aylanishlar sonining  $n$  doimiy qiymatlari asosida ko'rilgan  $\eta = f(H, N)$  grafiklaridan iborat (3.7-rasm).



a)



b)

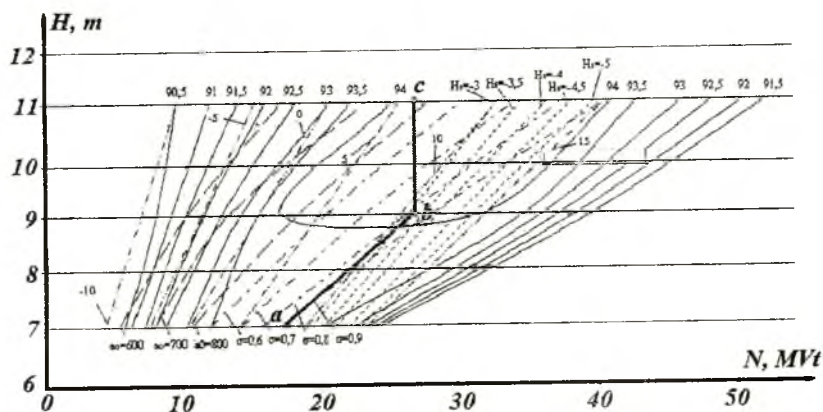
1 -  $D_1 = 4,5$  m;  $n = 150$  ayl/min;  $H = -1,2$  m;

2 -  $D_1 = 4$  m;  $n = 150$  ayl/min;  $H = -6,7$  m.

**3.6-rasm.** Turbinalar bosh universal xarakteristikalari:  
a) radial - o'qiy turbina; b) parrakli - burilma turbina.

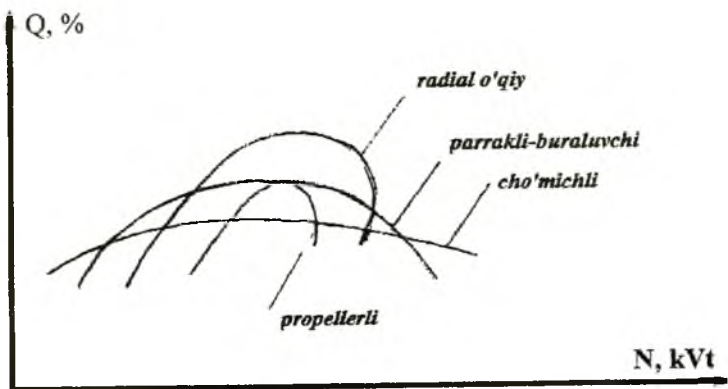
Ekspluatatsiya xarakteristikasi H va N koordinatalarida FIKning va so'rish balandligining  $H_s$  teng qiymatlari chizig'i aks ettiriladi. Ekspluatatsiya xarakteristikasi gidroturbinaning asosiy texnik hujjati bo'lib, uning energetik va kavitatsion sifatlarini har xil napor va quvvat qiymatlarida belgilab beradi. Bu xarakteristika bosh universal

xarakteristika asosida quriladi va unda generator quvvati bo'yicha chegara chizigi vs, hamda turbina quvvati bo'yicha av chizig'i ko'rsatiladi.



3.7-rasm. Turbinaning ekspluatatsiya xarakteristikasi

Turbinaning ishchi xarakteristikalari sifatida o'zgarmas napor qiymatidagi bog'lanishlar  $\eta=f(N)$ ,  $\eta=f(Q)$  tushuniladi (3.8-rasm)



3.8-rasm. Turbinaning ishchi xarakteristikasi

Ishchi xarakteristikani qurish uchun bosh universal xarakteristikani  $n^1_1 = \text{const}$  bo'yicha qirqib zarur egri chiziqlarni qurish mumkin.

Ishchi xarakteristikalari to'liq ma'lumotga ega emas, lekin ular oddiy ko'rinishda bo'lib, turbinalarning ba'zi bir xossalarini taq-qoslash uchun xizmat qiladi.

### 3.3. Hidroturbinalarda oqim harakati, uning asosiy tenglamasi va gidroturbinalarni modellashtirish

#### *Gidroturbinalarda suv oqim harakati*

Gidroturbinalar suv oqish qismida oqim energiyasining ishchi g'ildirak mexanik energiyasiga aylanishi uning parraklar tizimi bilan oqim o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida yuzaga keladi.

Ishchi g'ildirak parraklar bo'shlig'idagi oqim harakati o'ziga xos murakkablikka ega va asosan ikki harakatdan iborat: *nisbiy* va *ko'chma* harakat.

Nisbiy harakat – oqim zarrachalarining ishchi g'ildiragiga nisbatan harakati, ko'chma (ba'zan uni aylanma harakat deb ataladi.) harakat – ishchi g'ildirak va uning parraklarining s burchak tezlik bilan  $z$  o'q atrofida aylanish harakatiga aytiladi. Ikkala harakat yig'indisi **mutloq harakat** deb ataladi.

$$\vec{V} = \vec{U} + \vec{\omega} \quad (3.22.)$$

bunda,  $\vec{U}$  – ko'chma (aylanma) harakat vektori.

$\vec{\omega}$  - nisbiy harakat vektori.

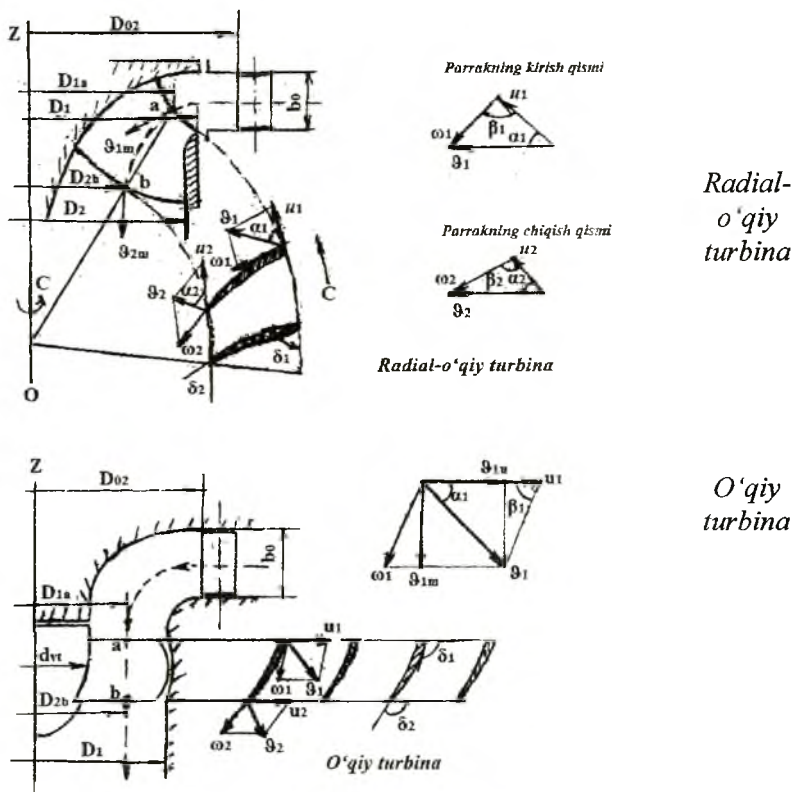
Bunday holda uchta harakat orasidagi o'zaro munosabat tezliklar uchburchagi yoki parallelogrami bilan belgilanadi.

Turbinaning ish rejimi (demak uning ishchi g'ildiragidagi oqim harakati) uning suv sarfi  $Q$  va val aylanishlar soni  $n$  bilan belgilanadi. Ishchi g'ildirakning aniq o'lchamlari va berilgan  $n$  asosida tezliklar parallelogrammlari va uchburchaklarini aniqlash mumkin.

Ko'chma (aylanma) harakat tezligi parrakning kirish qismida quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_{1a} \cdot n}{60}; \quad (3.23)$$

Bunda,  $n$  - g'ildirak aylanishlar soni, ayl/min.



**3.9-rasm.** Turbina ishchi g'ildiragida tezliklar uchburchagi va parallelogrammlarini qurish

Parrakning kirish qismida mutloq harakat tezligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$g_i = g_{1m} + g_{1u} \quad (3.24)$$

Bunda,  $\mathcal{G}_{1m}$  – mutloq tezlik vektorining meridian tekislikka bo‘lgan proeksiyasi – **meridian tuzuvchi tezlik** deyiladi.

$\mathcal{G}_{1u}$  – aylanma tuzuvchi tezlik.

$\mathcal{G}_{1m}$  – qiymatini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin.

$$\mathcal{G}_{1m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{1A} \cdot b_A}; \quad (3.25)$$

Bunda,  $b_A$  – parraklarga kirish qismi balandligi.

$\mathcal{G}_{1m}$  qiymati yo‘naltiruvchi apparatdan oqimning chiqish sharoitiga bog‘liq va quyidagicha aniqlanadi.

$$\mathcal{G}_{1m} = \mathcal{G}_{0u} \cdot \frac{D_{02}}{D_{1\alpha}}; \quad (3.26)$$

Bunda,  $\mathcal{G}_{0u}$  - yo‘naltiruvchi apparatdan chiqishdagi aylanma tezlik.

$$\mathcal{G}_{0u} = \mathcal{G}_0 \cdot \cos \alpha_0 \quad (3.27)$$

bunda,

$$\mathcal{G}_0 = \frac{Q}{\pi \cdot D_{02} \cdot b_0 \cdot \sin \alpha_0}; \quad (3.28)$$

$b_0$  – yo‘naltiruvchi apparat balandligi

$\alpha_0$  – yo‘naltiruvchi apparatning chiqish burchagi

(3.23) va (3.24) lar bo‘yicha tezliklar parallelogrammi yoki uchburchagini qurib  $\omega_1$  qiymatini aniqlash mumkin.

Ishchi g‘ildirak parraklaridan chiqish qismida tezliklar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_{2b} \cdot n}{60}; \quad \omega_2 = \frac{\mathcal{G}_{2m}}{\sin \beta_2}; \quad (3.29)$$

Gidroturbinalarda  $\beta_2 = \delta_2$  deb qabul qilish mumkin, chunki nisbiy tezlik yo'nalishi parraklarga berilgan urinma yo'nalishiga mos keladi.

O'qiy turbinalarda oqim silindrik shaklga o'xshash bo'ladi, bu holda,

$$D_{1a} = D_{2v} = D_h \text{ -hisobiy diametr.}$$

$$D_h = \sqrt{0,5(D_1^2 + d_{vt}^2)}; \quad (3.30)$$

O'qiy turbinalarda aylanma tezlik parrakning hamma joyida bir xil, ya'ni

$$U_1 = U_2 = U = \pi \cdot D_h \cdot n / 60 \quad (3.31)$$

(3.25)dan ko'rinib turibdiki, o'qiy turbinalarda,

$$g_{1m} = g_{2m} = g_m = \frac{4Q}{\pi(D_1^2 - d_{vt}^2)}; \quad (3.32)$$

bunda,  $D_1$  - ishchi g'ildirak diametri

$d_{vm}$  - vtulka diametri.

Parraklarga kirishdagi mutloq tezlik quyidagi vektor yig'indisi bilan aniqlanadi.

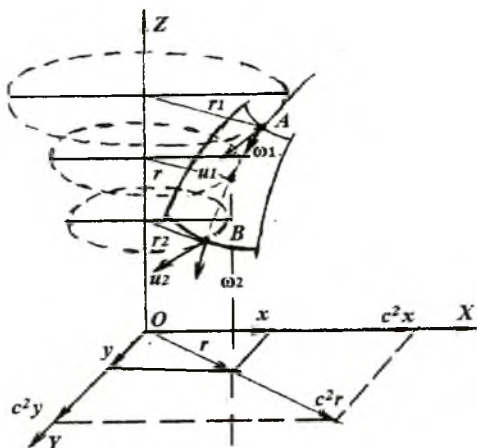
$g_{1m}$  qiymatlari (3.26) formulasi bilan aniqlanadi. Parraklardan chiqishdagi mutloq tezlik qiymati  $g_2 = U_2 + \omega_2$  formulasi bilan hisoblanadi, bunda  $\omega_2$  qiymati (3.29) asosida aniqlanadi.

### ***Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi***

Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi uning napori va ishchi g'ildirakdagi oqimining kinetik parametrlari o'zgarishini ifodalaydi.

Asosiy tenglamani Bernulli tenglamasidan foydalanilgan holda keltirib chiqaramiz. Buning uchun ishchi g'ildirak kanallaridan oqayotgan suyuqlikka ta'sir qilayotgan massa kuchlari bilan bog'lanishda bo'lgan potensial funksiyani ( $P$  ni) aniqlaymiz. 3.10-rasmda  $n$  aylanishlar chastotasi bilan aylanayotgan gidroturbina ishchi g'ildiragidagi oqim harakati tasvirlangan.





3.10-rasm. Gidroturbina asosiy tenglamasiga oid

Ishchi g'ildirak parragi kirish qismidagi A nuqtadan chiqish qismidagi B nuqtaga harakat qilayotgan elementar oqimchani qarab chiqamiz. Oqimchadagi nisbiy tezlikni  $\omega$  deb belgilaymiz. G'ildirak OZ o'qi atrofida C doimiy burchak tezlik bilan aylanadi. Bunday holda suyuqlikka quyidagi massa kuchlari ta'sir qiladi: og'irlik kuchi, aylanma harakat inersiya kuchi, inersiyaning Koriolis kuchi.

Massa birligiga nisbatan olingan og'irlik kuchi quyidagi proeksiyalarga ega bo'ladi.

$$F_x = F_y = 0; \quad F_z = -g. \quad (3.33)$$

Massa birligiga nisbatan olingan inersiya kuchi  $s^2 r$  qiymatga teng. Uning proeksiyalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ldi.

$$F_x = c^2 x; \quad F_y = c^2 y; \quad F_z = 0; \quad (3.34)$$

Bizga ma'lumki, potensialga ega bo'lgan massa kuchlari I.S.Gromeka tenglamasi bo'yicha quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$-dP = F_x dx + F_y dy - F_z dz; \quad (3.35)$$

Bu tenglamani (3.34) dan foydalanib, shunday ko‘rinishda yozamiz:

$$-dP = c^2 x \cdot dx + c^2 y \cdot dy - g \cdot dz; \quad (3.36)$$

Tenglamani integrallab quyidagi holga keltiramiz:

$$P = -c^2(x^2 + y^2)/2 + g \cdot z + C \quad (3.37)$$

3.10-rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $r^2 = x^2 + y^2$ , unda

$$P = g \cdot z - C^2 r^2 / 2 + C \quad (3.37, a)$$

Koriolis kuchi vektori oqim harakati nisbiy tezligi vektoriga perpendikulyar bo‘lganligi uchun uning proeksiyasi nolga teng.

Potensialga ega bo‘lgan massa kuchlari ta’sir qilayotgan, siqilmaydigan, yopishqoq bo‘lmagan suyuqlikning harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$P + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} = const \quad (3.38)$$

Unda biz qarab chiqayotgan oqim harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:  $gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{c \cdot r^2}{2} = const$

Bizga ma’lumki, aylana tezlik qiymati  $c \cdot r = u$  ga teng.

$$\text{Unda} \quad gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{u^2}{2} = const$$

Bunday holda A va B nuqtalari joylashgan kesimlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (3.39)$$

Bu formulani shunday ko‘rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1 - u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B}; \quad (3.40)$$

bunda,  $\sum \Delta h_{A-B}$  A va B nuqtalari orasidagi suv yo'lidagi napor yo'qolish qiymati.

Yuqoridagi tenglama nisbiy tezlik o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan energiya o'zgarishini ifodalaydi. Bundan tashqari bizga ma'lumki, mutloq tezlik o'zgarishini hisobga oluvchi tenglama yuqoridagi kesimlar uchun quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E_1 - E_2 = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{g_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 - \frac{g_2^2}{2g}; \quad (3.41)$$

(3.2) bo'yicha ma'lumki  $E_1 - E_2 = H_T$

Unda

$$H_T = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g}; \quad (3.42)$$

(3.40)dan foydalanib, bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$H_T = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (3.43)$$

Bunda,  $H_T$  – ishchi g'ildirakdagi solishtirma energiyalar farqi yoki turbinaning haqiqiy napori.

Agar  $H_T - \sum \Delta h_{A-B} = H_T \cdot \eta_z$  deb qabul qilsak, unda

$$H_T \cdot \eta_z = \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g}; \quad (3.44)$$

Bizga ma'lumki, tezliklar uchburchagi bo'yicha

$$\omega^2 = u^2 + g^2 - 2u \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (3.45)$$

Bu holda, (3.44) quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$H_T \cdot \eta_z = \frac{1}{g} (u_1 \cdot g_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 \cdot g_2 \cdot \cos \alpha_2) \quad (3.46)$$

Bu tenglama *Eyler tenglamasi* deb nom olgan. Tenglama gidroturbina naporining ishchi g‘ildirakka kirish va undan chiqishdagi tezliklar uchburchagiga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi. Demak, ishchi g‘ildirak shakli va o‘lchamlari turbina naporini qiymatini belgilaydi. O‘qiy turbinalarda  $u_1 = u_2$  chunki  $r_1 = r_2$ , demak bu turbinalar naporini faqat mutloq va nisbiy tezliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Bundan xulosa qilish mumkinki, o‘qiy turbinalarda napor katta bo‘lishi mumkin emas, chunki mutloq va nisbiy tezliklar oshishi napor yuqolishining oshishiga olib keladi. Aylana tezliklar  $u_1$  va  $u_2$  orasidagi farqning oshishi  $N$  ning katta bo‘lishiga asos bo‘ladi.

Shu sababli yuqori naporli gidroturbinalarda  $D_1/D_2$  qiymati oshib boradi.

### ***Gidroturbinalarni modellashtirish. O‘xshashlik mezonlari***

Hozirgi zamon turbinalari yirik o‘lchamlarga ega, masalan ularning ishchi g‘ildiragi diametrlari 10 - 12 metrgacha yetadi. Gidroturbinalar o‘lchamlarini aniqlash uchun nazariy tadqiqotlar va hisoblar natijalari yetarli emas. Shu sababli gidroenergetik mashinalarni loyihalashda modellardagi tajribaviy tadqiqotlar haqiqiy gidromashinaning o‘lchamlarini aniqlash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Buni amalga oshirish uchun o‘xshashlik nazariyasiga asoslangan modelashtirilgan qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Modellashtirish usullari gidroturbinalarda sodir bo‘ladigan deyarli barcha jarayonlarni o‘rganishga imkon beradi. Modellarda olingan natijalarni tabiiy holatdagi gidroturbinalarga ko‘chirish uchun uchta shartni bajarish talab qilinadi.

Bu shartlar suyuqlik oqimida sodir bo‘ladigan mexanik jarayonlar o‘xshashligi nazariyasidan kelib chiqadi va quyidagicha ifodalanadi.

1) **geometrik o‘xshashlik sharti.** Bu shartni bajarish uchun turbina suv oqish qismning barcha elementlarining geometrik o‘lchamlari uning modelining shunday o‘lchamlariga proporsional

bo'lishi talab qilinadi. Bunda ikkala taqqoslanayotgan turbinalar suv oqish qismining g'adur-budurlik koeffitsiyenti teng bo'lishi zarur. Geometrik o'xshashlik miqyosi (ko'lami) sifatida haqiqiy (tabiiy) turbina ishchi g'ildiragi diametrining model turbina ishchi g'ildiragi diametriga nisbatan qabul qilinadi, ya'ni

$$\lambda = \frac{D_1^x}{D_1^m}; \quad (3.47)$$

2) **kinematik o'xshashlik sharti.** Bu shartning bajarilish talabi shundan iboratki, turbina va uning modeli suv oqish traktining mos nuqtalardagi bir xil nomdagi tezliklar vektori bitta yo'nalishga va proporsional qiymatlarga ega, ya'ni shu nuqtalarda tezliklar taqsimoti bir xil bo'lishi kerak. Shunday rejimlar **izogonal rejimlar** deb ataladi.

3) **dinamik o'xshashlik sharti.** Bu shartning bajarilishi uchun geometrik o'xshash bo'lgan turbina va modeldagi izogonal rejimlarda mos nuqtalarga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning proporsional qiymatlarga ega bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun quyidagi mezoniy sonlar teng bo'lishi kerak.

a) ishqalanish kuchlari uchun Reynolds soni

$$Re = \vartheta \cdot D_1 / \gamma \quad (3.48)$$

Bunda,  $\vartheta$  - mos nuqtalardagi oqim tezligi, m/s

$D_1$  – ishchi g'ildirak diametri, m

$\gamma$  - suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti.

b) og'irlik kuchi uchun Frud soni

$$Fr = \vartheta^2 / g \cdot D_1 \quad (3.49)$$

d) bosim kuchi uchun Eyler soni

$$Eu = \Delta P / \rho \cdot \vartheta^2 \quad (3.50)$$

Bunda,  $\Delta P$  - bosimning o'zgarish qiymati.

e) inersiya kuchi uchun Struxal soni

$$St = \frac{g}{n \cdot D_1} \quad (3.51)$$

Demak, amalda bu sonlarning barchasining tengligini ta'minlash mumkin emas. Shu sababli ko'rilayotgan gidrodinamik hodisa uchun qanday kuchlar belgilovchi ekanligini aniqlab, kerakli mezoniy sonlar tengligi sharti bajariladi.

Yuqorida keltirilgan sonlarning gidroturbinalar uchun qanday ifodalanishini ko'rib chiqamiz.

Reynolds soni teng bo'lishi uchun oqimda ishqalanish va inersiya kuchlarining proporsionalligi ta'minlanishi kerak. Agar bunda gidroturbina naporini hisobga olsak,

$$Re = \frac{D_1 \cdot \sqrt{H}}{\gamma} \quad (3.56)$$

Demak, Re ni hisobga olish H ni aniqlashda napor yo'qolish qiymatlarini modellashtirish muhim ahamiyatga ega.

Frud sonlarining tengligi og'irlik va inersiya kuchlarining proporsionalligi bilan ta'minlanadi. Bunga amal qilish aktiv turbinalarda og'irlik kuchi asosiy hisoblangan yuzasi oqimlarini tadqiq qilishda bajariladi.

$$Fr = \frac{H}{D_1 \cdot g}; \quad (3.57)$$

Struxal soni asosan gidroturbinalardagi noturg'un rejimlarni, o'tkinchi jarayonlarni tadqiq qilishda asosiy hisoblanadi. Struxal sonlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$St = \frac{\sqrt{H \cdot g}}{n \cdot D_1}; \quad (3.58)$$

Eyler sonlarining tengligini ta'minlash uchun bosim va inersiya kuchlarining proporsionalligiga erishish kerak.

Agar Re va St sonlarining tengligi gidroturbina va uning modelidagi oqimlarda ta'minlansa, unda Eu tengligi ham ta'minlanadi.

Eyler sonini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$Eu = \frac{g \cdot H \cdot D_1^2}{Q^2} \quad (3.59)$$

***O'xshashlik tenglamalari. Hidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari***

Gidroturbinalar o'lchamlarining o'zgarishi ularning asosiy tavsifiy ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qilishini o'xshashlik tenglamalari yordamida qiyoslash mumkin.

O'xshashlik tenglamalari geometrik, kinematik, gidrodinamik o'xshashlik shartlarining bajarilishi natijasida kelib chiqadi.

Ishchi g'ildiragi diametrlari  $D_1^1$  va  $D_1^{11}$  bo'lgan gidroturbinalar ish rejimlari o'xshash bo'lganda ularning asosiy parametrlari  $n$ ,  $Q$  va  $H$  o'rtasidagi bog'lanish qanday bo'lishini ko'rib chiqamiz.

Geometrik o'xshash turbinalarning izogonal rejimlarida tezlik parallelogrami va uchburchaklari o'xshash bo'ladi, ya'ni (3.9 va 3.10 – rasmlar).

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{\omega_1^1}{\omega_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{g_2^1}{g_2^{11}} = \frac{\omega_2^1}{\omega_2^{11}}; \quad (3.60)$$

$$\begin{aligned} \alpha_1^1 &= \alpha_2^{11}; & \beta_1^1 &= \beta_1^{11}; & \delta_1^1 &= \delta_1^{11}; \\ \alpha_2^1 &= \alpha_2^{11}; & \beta_2^1 &= \beta_2^{11}; & \delta_2^1 &= \delta_2^{11}; \end{aligned} \quad (3.61)$$

Bunda, harflardagi <sup>1</sup> va <sup>11</sup> darajadagi belgilar taqqoslanayotgan turbinalarning mos belgilaridir. Bizga ma'lumki (3.23) formula bo'yicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{\pi \cdot D_1^1 \cdot n_1^1}{\pi \cdot D_1^{11} \cdot n_1^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n_1^1}{D_1^{11} \cdot n_1^{11}}; \quad (3.62)$$

Mutloq tezliklar nisbatini quyidagi formuladan foydalangan holda aniqlaymiz:

$$\vartheta = \vartheta_{1m} / \sin \alpha_1 \quad (3.63)$$

Bunda  $\vartheta_{1m}$  ni (3.25) bo'yicha aniqlash mumkin. Unda quyidagi belgilanishga ega bo'lamiz:

$$\frac{g_1^I}{g_1^{II}} = \frac{g_{1m}^I / \sin \alpha_1^I}{g_{1m}^{II} / \sin \alpha_1^{II}} = \frac{g_{1m}^I}{g_{1m}^{II}} = \frac{Q^I / \pi \cdot D_1^I \cdot b_1^I}{Q^{II} / \pi \cdot D_1^{II} \cdot b_1^{II}} = Q^I \cdot D_1^I \cdot b_1^I / Q^{II} \cdot D_1^{II} \cdot b_1^{II}; \quad (3.64)$$

Gidroturbinalar geometrik o'xshash bo'lganligi uchun

$$b_1^I / b_1^{II} = D_1^I / D_1^{II}$$

U holda, (3.25) ni shunday yozishimiz mumkin:

$$\frac{g_1^I}{g_1^{II}} = \frac{Q^I (D_1^I)^2}{Q^{II} (D_1^{II})^2}; \quad (3.65)$$

(3.60) dan foydalanib, tezliklar nisbatini quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$\frac{u_1^I}{u_1^{II}} = \frac{g_1^I}{g_1^{II}} = \frac{D_1^I \cdot n^I}{D_1^{II} \cdot n^{II}} = \frac{Q^I (D_1^I)^2}{Q^{II} (D_1^{II})^2};$$

yoki

$$\frac{Q^I}{n^I (D_1^I)^3} = \frac{Q^{II}}{n^{II} (D_1^{II})^3}; \quad (3.66)$$

Bu bog'lanishni umumlashtirib quyidagi holga keltiramiz:

$$\frac{Q}{n \cdot D_1^3} = \text{const} \quad (3.67)$$

Endi gidroturbinalar naporlari orasidagi o'zgarishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun (3.46) da berilgan Eyler formulasidan foydalanamiz.



Taqqoslanayotgan gidroturbinalar uchun bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$H^1 \cdot \eta^1_z = \frac{1}{g} (u_1^1 \cdot g_1^1 \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^1 g_2^1 \cdot \cos \alpha_2^1) \quad (3.68)$$

$$H^{11} \cdot \eta^{11}_z = \frac{1}{g} (u_1^{11} \cdot g_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^{11} - u_2^{11} \cdot g_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (3.69)$$

(3.60), (3.61) va (3.62) bo'yicha yozishimiz mumkin:

$$\alpha_1^1 = \alpha_1^{11}; \alpha_2^1 = \alpha_2^{11}; \frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{g_2^1}{g_2^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}};$$

Demak,  $\cos \alpha_1^1 = \cos \alpha_1^{11}; \cos \alpha_2^1 = \cos \alpha_2^{11};$

Bunday holda tezliklar qiymati

$$u_1^1 = u_1^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}}; \quad u_2^1 = u_2^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}}; \quad g_1^1 = g_1^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}};$$

Olingan qiymatlarni (3.68) ning o'ng tomoniga joy-joyiga qo'yamiz.

Unda

$$H^1 \cdot \eta^1_z = \frac{1}{g} \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 (u_1^{11} \cdot g_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^{11} \cdot g_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (3.70)$$

(3.70) ni (3.69)ga bo'lamiz

$$\frac{H^1 \eta^1_z}{H^{11} \eta^{11}_z} = \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 \quad (3.71)$$

Demak, aylanishlar chastotasi nisbatlarini oladigan bo'lsak,

$$\frac{n^I}{n^{II}} = \frac{D_1^{II}}{D_1^I} \sqrt{\frac{H^I \cdot \eta_z^I}{H^{II} \cdot \eta_z^{II}}} \quad (3.72)$$

(3.67) va (3.72) lardan foydalanib,  $Q^I/Q^{II}$  ni aniqlash mumkin.

$$\frac{Q^I}{Q^{II}} = \left(\frac{D_1^I}{D_1^{II}}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{H^I \cdot \eta_z^I}{H^{II} \cdot \eta_z^{II}}} \quad (3.73)$$

Gidroturbinalar quvvatlari nisbatini  $N = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$  formulasi va (3.73) dan foydalanib, quyidagicha qilib yozish mumkin:

$$\frac{N^I}{N^{II}} = \left(\frac{D_1^I}{D_1^{II}}\right)^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{H^I \cdot \eta_z^I}{H^{II} \cdot \eta_z^{II}}\right)^3} \quad (3.74)$$

(3.72), (3.73) va (3.74) formulalari o'xshashlik tenglamalari deb ataladi va o'xshash turbinalarning parametrlarini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Lekin bu tenglamalardan shu holatda foydalanish bir muncha noqulayroq, shu sababli turbinalarni tavsiflash uchun ixchamlashtirilgan, umumiy standart sharoitga keltirilgan ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Standart sharoit sifatida  $N = 1m$  va  $D_1 = 1m$  qabul qilinadi. Demak, gidroturbinaning boshqa ko'rsatkichlari  $Q$  va  $n$  shu holatga nisbatan keltirilgan deb hisoblanadi ya'ni  $n_I$  – keltirilgan aylanishlar chastotasi,  $Q_I^I$  – keltirilgan suv sarfi (3.72) va (3.73) dan foydalanib, hamda FIK qiymatlari o'zgarmaydi deb faraz qilsak,

$$\frac{n_I^I}{n^{II}} = \frac{D_1^{II}}{1} \sqrt{\frac{1}{H^{II}}} ; \quad \frac{Q_I^I}{Q^{II}} = \left(\frac{1}{D_1^{II}}\right)^2 \sqrt{\frac{1}{H^{II}}} ; \quad (3.75)$$

ko'rinishdagi formulalarga ega bo'lamiz. Bunda  $N^{II}$ ,  $n^{II}$ ,  $D_1^{II}$  va  $Q^{II}$  ko'rsatkichlarini umumiy holda  $H$ ,  $n$ ,  $D_1$  va  $Q$  ko'rinishda yozsak, unda yuqoridagi formulalar quyidagi holga keladi.

$$n'_1 = \frac{n \cdot D_1}{\sqrt{H}} \quad (3.76)$$

$$Q'_1 = \frac{Q}{D_1^2 \cdot \sqrt{H}} \quad (3.77)$$

Gidroturbina quvvati uchun keltirilgan ko'rsatkichni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$N'_1 = \frac{N}{D_1^2 \cdot \sqrt{H^3}}; \quad (3.78)$$

Keltirilgan ko'rsatkichlarning qiymatlari o'xshash rejimlarda bir xil bo'ladi, ularning o'lchov birligi  $(\text{m}/\text{sek}^2)^{1/2}$  bo'lsada, shartli ravishda ularning o'lchov birliklari aylanishlar soni uchun ayl/ min, suv sarfi uchun  $\text{m}^3/\text{s}$ , quvvati uchun kVt qilib qabul qilingan.

Gidroturbina samaradorligini ko'rsatuvchi parametrlardan biri tezkorlik koeffitsiyentidir. Tezkorlik koeffitsiyenti turbinalarning tavsifiy ko'rsatkichi bo'lib, napor, quvvat va aylanishlar soniga bog'liq.

Tezkorlik koeffitsiyenti 1 kVt quvvatga ega bo'lgan turbinaning 1m napor qiymatidagi aylanishlar sonidir.

$$n_s = 1,167 \cdot n \frac{\sqrt{N}}{H \cdot \sqrt{H}}; \quad (3.79)$$

Bunda,  $N$  – gidroturbina quvvati, kVt,  $H$  – napor, m

Tezkorlik koeffitsiyenti maksimal quvvat rejimlari uchun hisoblanadi.

Har xil turdagi turbinalar uchun tezkorlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega bo'ladi:

O'qiy parrakli – buraluvchi	- 400 – 1000
Diagonal parrakli – buraluvchi	- 200 – 450
Radial – o'qiy	- 50 – 450
Cho'michli	- 20 – 50

### **3.4. GESning elektroenergetik jihozlari, ularning tarkibiy turlari va parametrlari**

Gidroenergetik qurilmalarning elektr qismi gidroturbina yoki nasos bilan bog'langan elektr mashina, transformator va taqsimlash tizimidan iborat. Qurilmaning elektr sxemasiga ko'ra uning hamma elektr uskunalari yopiq xona yoki ochiq havoda o'rnatilishi mumkin.

GES elektr sxemasining birlamchi zanjirida qulay ulanish shakllari qo'llaniladi. Bunga sabab, iste'molchini mukammal va ishonchli ravishda elektr energiya bilan ta'minlash zarur. Masalan, nasos stansiyalar uchun elektr energiya bilan ta'minlovchi sxema mukammal bo'lib, kerakli quvvatni nasos agregatiga ta'minlab beradi. Gidroenergetik qurilmaning elektr mashinalari uchta rejimda ishlashi mumkin:

- a) GES larda – generator rejimida.
- b) nasos stansiyalarda – dvigatel rejimida.
- d) gidroakkumulyatsion stansiyalarda – generator, dvigatel, sinxron kompensator va aylanuvchi zahira rejimida.

GES elektr qismi gidrogenerator, transformator va taqsimlash qurilmalaridan tashkil topadi.

#### ***Gidrogeneratorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi***

Gidrogenerator turbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Hidrogenerator qutbli tizimga ega bo'lgan rotordan va bir xil taqsimlangan sterjenli cho'lg'amdan iborat statordan tashkil topadi.

Rotor o'z o'qi atrofida aylanganda qutblar magnit maydonini yuzaga keltiradi va bu maydon stator sterjenlari cho'lg'amini kesib o'tadi, natijada unda elektr yurituvchi kuch paydo bo'ladi. Hidrogenerator elektr tarmog'iga ulanganda stator cho'lg'ami bo'ylab tok oqa boshlaydi va bu generatorda kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Rossiyada ishlab chiqariladigan generatorlarning markalanishi quyidagicha qabul qilingan:

$SV \frac{1130}{250} - 48$ , bunda SV – sinxron vertikal: 1130 – stator o‘zagi (serdechnigi) diametri, sm; 250 – stator serdechnigi uzunligi, sm; 48 – qutblar soni.

Bundan tashqari gidrogeneratorning quyidagi markali ham qo‘llaniladi. VGS – vertikal generator sinxron;

SVF – ko‘proq sovutiladigan vertikal sinxron;

SVO – vertikal sinxron teskari aylanadigan (обратимий);

SGK – sinxron gorizontal kapsulali.

Gidrogeneratorning aylanish tezligiga ko‘ra quyidagi turlari mavjud:

a) 100 ayl/min gacha bo‘lgan sekin yurar gidrogeneratorlar.

b) 100 – 200 ayl/min gacha bo‘lgan o‘rtacha tezlikli gidrogeneratorlar.

d) 200 ayl/min dan ortiq bo‘lgan tezyurar gidrogeneratorlar.

Tezyurar gidrogeneratorlar yuqori bosimli qurilmalarda qo‘llaniladi va konstruktiv jihatdan vertikal yoki gorizontal qilib bajarilishi mumkin.

Gidrogeneratorning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

1. Gidrogenerator to‘liq quvvati, kV.A.(MV.A).

$$S = \frac{N}{\cos \varphi}; \quad (3.80)$$

Bunda, N – gidroturbina quvvati, kVt;

$\eta_{\text{gen}}$  – gidrogenerator f.i.k.;

$\eta_{\text{gen}} = 90 - 98,5\%$ .

Ba‘zan yirik mashinalarning gabarit o‘lchamlarini kamaytirish uchun  $\cos \varphi = 0,85 - 0,95$  ga teng qilib olinadi. Kapsulali gidroagregatlar uchun  $\cos \varphi = 0,98 - 1,0$ .

2. Gidrogenerator faol quvvati kVt, MVt

$$R = S \cdot \cos \varphi \quad (3.81)$$

3. Gidrogenerator reaktiv quvvati, kvar, Mvar. (var – reaktiv quvvat o‘lchov birligi, volt – amper reaktiv).

$$Q = S \cdot \sin \varphi. \quad (3.82)$$

To'liq quvvatni tarmoqdagi kuchlanish va tok kuchi orqali ham aniqlash mumkin.

$$S = I \cdot U \sqrt{3} \quad (3.83)$$

Bunda,  $U$  – kuchlanish, V, kV

$I$  – statordagi tok kuchi, A, kA

Generatordagi kuchlanish standart qiymatlarga ega.  $U = 3,15; 6,3; 10,5; 21$  kV

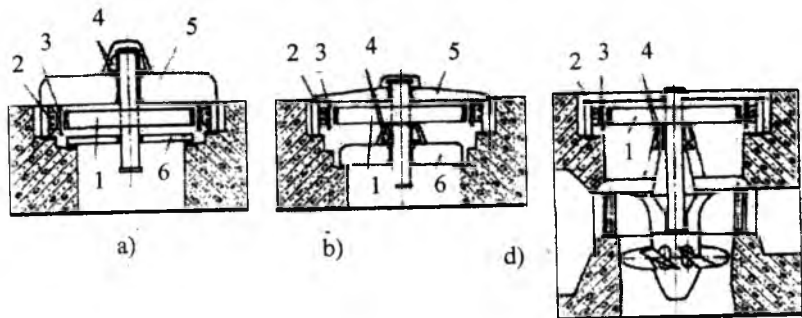
Agar generator quvvati 50MVt dan oshsa, unda  $U = 13,8; 15,75; 18; 20$  kV bo'lishi mumkin.

4. Me'yoriy aylanish chastotasi, ayl/min

$$n_0 \frac{P}{2} = 60 \cdot f \quad (3.84)$$

bunda,  $P$  – qutblar soni (generator rotorining);

$f$  – tarmoqdagi tok chastotasi,  $f = 50$ gs. Bunday holda  $n_0 = 6000/R$  bo'lishi mumkin. Qutblar soni juft bo'ladi,  $n_0 > 24$  bo'lganda 4 karra sonlarga ega bo'ladi.



**3.11-rasm.** Vertikal gidrogenerator sxemasi:

a) osma turdagi; b) soyabonli generator; d) turbina qopqogida tayanchi bo'lgan soyabonli generator.

1 – rotor; 2 – stator; 3 – stator cho'lg'ami; 4 – podpyatnik;  
5 – yuqori krestovina; 6 – pastki krestovina.

Gidrogenerator asosan ikki qismdan iborat; qo'zg'almas qism – stator, aylanadigan qism – rotor.

Gidrogenerator o'qining joylashuviga qarab vertikal, gorizontal va egilgan bo'lishi mumkin.

Vertikal gidrogeneratorlar tayanch podshipnik (podpyatnik) joylashishiga qarab ikki turga bo'linadi (3.11-rasm):

- a) osma generatorlar;
- b) soyabonli generatorlar.

Osma generatorlarda tayanch podshipnik generator ustida joylashadi va bu generatorlar aylanish chastotasi  $n_0 > 150$  ayl/min ga, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi. Soyabonli generatorlarda esa tayanch podshipnik generator ostida joylashadi, ularning aylanish chastotasi  $n_0 < 150$  ayl/min, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi.

Hozirgi vaqtda eng katta generatorlardan biri Braziliyadagi Itaypu GES ida o'rnatilgan bo'lib, uning quvvati 824 MV.A ga teng (3.12-rasm). Markaziy Osiyodagi Rogun GESida quvvati 666 MV.A ga teng generatorlar o'rnatilgan.



3.12-rasm. Itaypu GES gidrogeneratorining tasviri .

### *Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari*

GESlardagi ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining kuchlanishini o'zgartirish uchun kuchaytiruvchi va kamaytiruvchi transformatorlar qo'llaniladi.

Transformator ikki chulg'amli yoki uch chulg'amli bo'lishi mumkin, ikki chulg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda ikkita chulg'am joylashadi: past kuchlanishli va yuqori kuchlanishli. Uch chulg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda uch chulg'am joylashadi: bitta past kuchlanishli, bitta o'rta kuchlanishli, bitta yuqori kuchlanishli.

Transformatorlar uch fazali yoki bir fazali bo'lishi mumkin. Bir fazali transformatorlardan uch fazali transformatorlar uchta bir fazali transformatorlar guruhidan arzon va kam joy talab qiladi.

Transformatorlar nominal quvvati quyidagicha:

$N_{trans} = 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600$  va shunday, kV·A.

### *Elektr ulash sxemalari*

Ishlab chiqarilgan elektr uzatish energiyasi iste'molchilarga elektr uzatish liniyalari orqali yetkazib beriladi.

O'zgaruvchan tok liniyasi 500,750 va 1150 kV va o'zgarmas tok liniyasi 400,750,1100, kV kuchlanish bilan ishlaydi va magistral liniyalar hisoblanadi.

Umuman liniyalar kuchlanishini 3.2-jadval orqali tanlangani ma'qul.

*3.2-jadval*

Kuchlanish kV	Liniya uzunligi km.	Bir zanjirga beriladigan eng katta quvvat MVt
110	50 – 150	25 – 50
220	150 – 250	100 – 200
330	200 – 300	300 – 400
500	800 – 1200	700 – 1000
750 – 1150	1200 – 2000	1800 – 2200

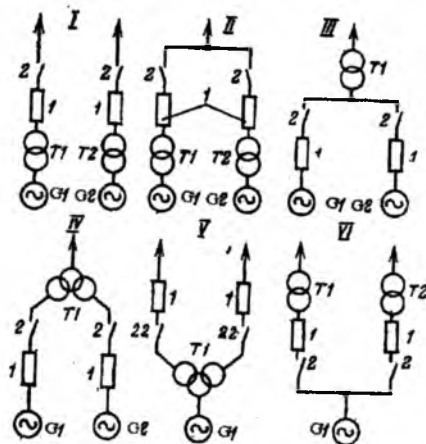
Jadvaldan ko'rinib turibdiki, liniya qancha uzun bo'lsa shuncha kuchlanish va beriladigan quvvat qiymati katta bo'ladi. Buning sababi shundan iboratki, energiya uzoq masofalarga berilganda uning katta miqdori yo'qoladi. Bu yo'qolishni kamaytirish uchun elektr liniyalarda katta kuchlanishda energiya uzatish maqsadga muvofiqdir.



Shu sababli GES lar generatorlarini yuqori kuchlanish hosil qiluvchi transformatorlarga va elektr liniyasiga ulashning zamonaviy va samarali usullari qo'llaniladi (3.13-rasm).

I – variantda har bir generator o'zining ikki cho'lg'amli, uch fazali kuchlanishni oshiruvchi transformatori bilan ulangan va shu sababli bu sxema blokli sxema deyiladi. Bu sxema ko'p agregatli stansiyalarda, agar iste'molchi boshqa manbalarga ham ulangan bo'lsa qo'llaniladi.

II, III, IV – variantlarda ikkita generator bitta liniyaga ulanadi, bu albatta xarajatlarni ancha kamaytiradi. II – sxemada bir xil quvvatga ega bo'lgan ikkita transformator qo'llangan bo'lsa, III – sxemada quvvati ikki agregat quvvatiga teng bo'lgan bitta transformator o'rnatiladi. IV – sxemada ham bitta bo'laklangan chulg'amlarga ega bo'lgan transformator o'rnatiladi, natijada energiyani iste'molchiga uzatish ishonchligi oshadi, zahiradagi transformator narxi pasayadi. III va IV sxemalarning kamchiligi shundan iboratki, transformatorni reviziya qilish vaqtida birdaniga ikki generatorni to'xtatishga to'g'ri keladi.



3.13-rasm. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulash sxemalari:  
 G1, G2 – generatorlar; T1, T2 – transformatorlar;  
 1 – o'chirgich; 2 – ajratgich.

V – variantda cho‘lg‘amlari bo‘laklangan bitta transformator yordamida ikkita liniyani energiya bilan ta‘minlash sxemasi berilgan, VI – variantda esa teskarisi bitta generatorning ikkita uch fazali transformator bilan ikkita liniyaga xizmat ko‘rsatish sxemasi berilgan. Har bir variant iste‘molchilar kategoriyasi, ularda energiya iste‘moli xarakteri, ularning joylashishi va energiya yuklanish grafigiga mos ravishda tanlanadi.

### 3.5. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari

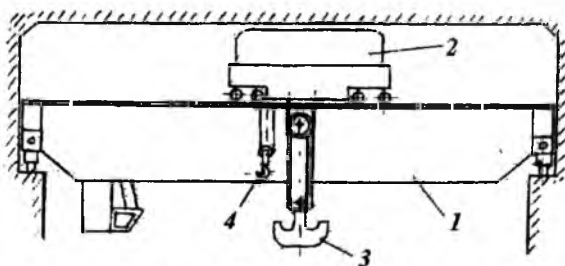
GESning yordamchi jihozlariga ko‘tarish - tashish mexanizmlari, yog‘ xo‘jaligi, texnik suv ta‘minoti, GESning siqilgan havo bilan ta‘minlash xo‘jaligi, suvni chiqarib tashlash tizimi (sistemi) va boshqalar kiradi.

#### *Ko‘tarish – tashish mexanizmlari*

GESning gidroturbina va elektrik jihozlarini montaj qilish, suv darvozalarni, qulfaklarni ko‘tarish – tushirish, hamda ta‘mirlash ishlarini bajarish uchun ko‘tarish – tashish mexanizmlari qo‘llaniladi.

Ko‘tarish - tashish mexanizmlariga osma, ko‘prik va yerda yuruvchi kranlar kiradi.

Osma kranlar kichik stansiyalarda o‘rnatiladi. Bu kranlarning yuk ko‘tarish qobiliyati 5 t gacha bo‘lib, stansiya binosi shipiga mahkamlangan rel‘slar bo‘ylab harakatlanadi. Ko‘prik kranlar GES binosi ichkari qismining ikki yonida o‘rnatilgan kolonnalarga yotqizilgan balkalar ustidagi relslarda harakatlanuvchi fermalardan iborat (3.14-rasm).



3.14-rasm. Ko‘prik kran sxemasi

Ko'tariladigan buyumlarni bino bo'yicha ko'ndalang yo'nalishda harakatlantirish uchun ko'prik kran 1 ustiga telejka 2 o'rnatiladi. Telejka ikki ilgak: asosiy 3 va yordamchi ilgaklar 4 bilan ta'minlanadi. Asosiy ilgak og'ir jihozlarni, yordamchi ilgak yengil jihozlarni ko'tarishga mo'ljallangan.

Seriya holda chiqariladigan ko'prik kranlar yuk ko'tarish qobiliyati 15/3 tonnadan 250/30 tonnagacha, ularning ko'tarish balandligi 16 – 32 m (maxrajda yordamchi ilgak yuk ko'tarish balandligi). Kichik GESlarda yuk ko'tarish qobiliyati 3 – 10 t bo'lgan osma kranlar ham qo'llaniladi.

Yerda yuruvchi kranlar ko'proq suv darvozalari ikki yonida o'rnatilgan relslarda harakatlanuvchi to'rt tayanchli mexanizmlardan iborat:

### *Yog' bilan ta'minlash xo'jaligi*

GES yog' xo'jaligi gidroturbina jihozlarini moylash, asosiy transformatorlarni izolyatsiya yog'lari bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi. Bu yog'lar turbina va transformator yog'lari ham deb ataladi.

Bu ikkala turdagi yog'ni aralashtirish mumkin emas, shuning uchun ular har xil idishlarda saqlanadi. Moylash yog'larining miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$G = K \frac{N \cdot \sqrt{D_1}}{H}; \text{ kg} \quad (3.85)$$

Bunda, N – gidroturbina me'yoriy quvvati, kVt

$D_1$  – turbina ishchi g'ildiragi diametri, m

N – maksimal napor, m

K – koeffitsiyent, radial – o'qiy turbinalar uchun 0,45 – 0,25, parrakli turbinalar uchun 0,9 – 1,1, cho'michli turbina uchun 1,35 – 1,8.

Agregat moylash sistemasidagi yog' miqdori rostlash sistemasidagi yog' miqdorining 25 – 35 % ni tashkil qiladi.

Transformatorlarga beriladigan yog' miqdori uning har 1000 kv.A quvvatiga 3 kg dan qilib beriladi.

Rostlash tizimida sistemasida yog' ishlash muddati 12 – 15 min. soatni tashkil qilsa, moylash sistemasida 500 – 1000 soatga teng bo'ladi.

## *Texnik suv ta'minoti*

Texnik suv gidrogenerator sovtgichi uchun, tayanch podshipnigi vannasini, kompressorlarni sovtish uchun, pastki turbina podshipnigini moylash uchun beriladi.

Shundan, beriladigan suvning aksariyat qismi gidrogeneratorni sovtish uchun sarf bo'ladi.

Generatorni sovtish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = \frac{0.36 \cdot P(1 - \eta_{\text{GEN}})}{\Delta t}; \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.86)$$

bunda,  $P$  – gidrogenerator me'yoriy quvvati, kVt

$\eta_{\text{gen}}$  – generator f.i.k.

$\Delta t$  – sovtish suvi temperaturasi farqi.

$\Delta t$  agar texnik suv ta'minoti sistemasiga kirishidagi suv temperaturasi  $20^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'lsa,  $10^{\circ}\text{C}$  ga teng qilib olinadi, agar  $25^{\circ}\text{C}$  dan katta bo'lsa,  $50^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'ladi.

Generatorning 1 kVt quvvatiga taxminan 0,06 – 0,07 l/s texnik suv zarur.

Unga beriladigan texnik suv umumiy suv miqdorining 60 – 65 % ini, podpyatnik va podshipniklarni sovtishga 10 – 20 %, transformatorlarga 15% ini tashkil qiladi. Umumiy suv sarfi katta GESlarda 4 – 10  $\text{m}^3/\text{s}$  gacha bo'lishi mumkin.

Sovtgichlarga beriladigan suv bosimi 0,03 – 0,08 MPa dan kam bo'lmasligi kerak.

### *Siqilgan havo bilan ta'minlash xo'jaligi*

Siqilgan havo asosan agregatlar rostlash sistemasini, tormozlash sistemasini, kameradan suvni siqib chiqarish sistemasini ta'minlash va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Bunda beriladigan havo bosimi 6 MPa gacha bo'lishi mumkin. Uning miqdori har 1000 kVt o'rnatilgan quvvatga 13  $\text{m}^3/\text{min}$  (atmosfera bosimida bo'lishi mumkin).

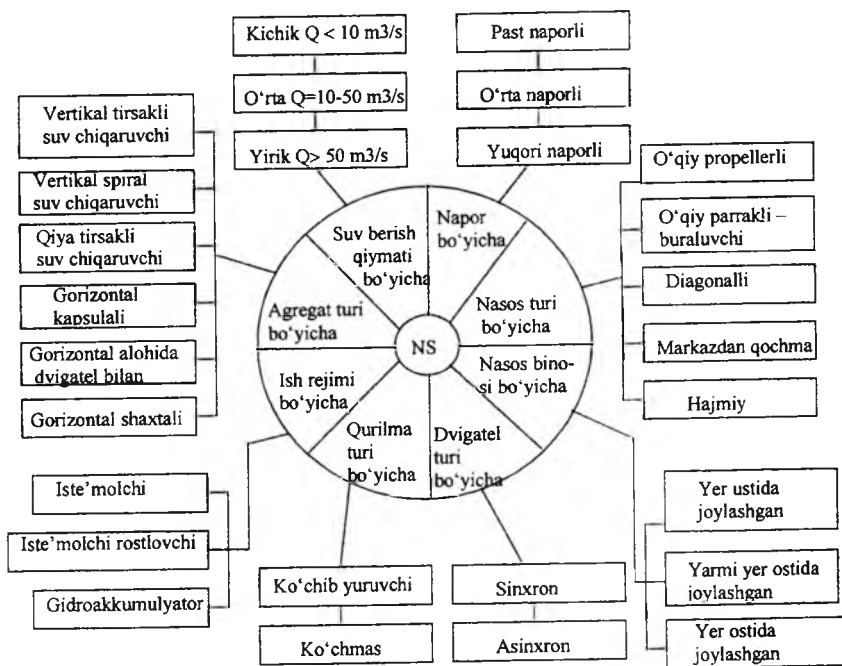
## Nazorat savollari

1. GESning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?
2. GES quvvati va ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori qanday aniqlanadi?
3. Hidravlik turbinalar qanday sinfiy guruhlardan iborat?
4. Qanday turbinalarga reaktiv turbinalar deyiladi?
5. Cho'michli turbinaning ish prinsipi qanday?
6. Hidravlik turbinalarning asosiy parametrlarini aytib bering.
7. Hidroturbina xarakteristikallari nimalardan iborat?
8. Hidroturbinaning qanday parametrlari xarakteristikalarda aks etadi?
9. Xarakteristikalar turlarini, vazifalarini aytib bering.
10. Hidroturbina konstruktiv jihatdan qanday qismlardan iborat?
11. Hidroturbinalar suv oqish qismida energiya o'zgarishi qanday amalga oshiriladi?
12. Turbinaning ish rejimi nimaga bog'liq?
13. Ishchi g'ildirakda oqim mutloq tezligi qanday aniqlanadi?
14. O'qiy turbinalarda aylanma tezlik qiymati qanday aniqlanadi?
15. Hidroturbinaning asosiy tenglamasi nimani ifodalaydi?
16. EYler tenglamasi orqali turbina naporini qanday ifodalash mumkin?
17. Nima uchun yuqori napor qiymatlarida  $D_1/D_2$  qiymati oshadi?
18. Nima uchun turbinalarni modellashtirish zarur?
19. Hidroturbinaning keltirilgan ko'rsatkichlari nimani anglatadi?
20. Turbinalar tezkorlik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
21. GESning elektr energetik jihozlariga nimalar kiradi?
22. Hidrogeneratorlarning turlarini aytib bering.
23. Hidrogeneratorlarning qanday parametrlari mavjud?
24. O'sma generatorlarni qabul qilish shartlarini aytib bering.
25. Generator qanday qismlardan iborat?
26. GESlarda transformatorlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
27. Transformatorning nominal quvvati nima?
28. Uzoq masofalarga energiya uzatilganda nima uchun liniyada kuchlanish yuqori bo'lishi kerak?
29. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulashning qanday sxemalari bor?
30. GESning yordamchi jihozlari va ularning vazifalarini aytib bering.

## IV. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI

### 4.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari

Nasos stansiyalari sinfiy guruhlarining bir necha xil variantlari bor. Shulardan eng mukammal va to'liq holdagisini (4.1-rasm) prof. V.I.Vissarionov taklif qilgan [8].



**4.1-rasm.** Nasos stansiyalarning sinfiy guruhlari

NSning vazifasi, joyning tabiiy sharoitlari, stansiyada o'rnatilgan jihozlarning parametrlariga bog'liq ravishda inshootlarning bir-biriga nisbatan joylashishi har xil bo'lishi mumkin.

Inshootlarning joylashishi va ularning konstruktiv imkoniyatlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi. Umuman, bu masalani hal qilishda quyidagi omillarni hisobga olish kerak:

– suv olish joyining injener-geologik, topografik va gidrogeologik sharoitlari:

– suv uzatish inshootlaridan mukammal (kompleks) foydalanish mumkinligi:

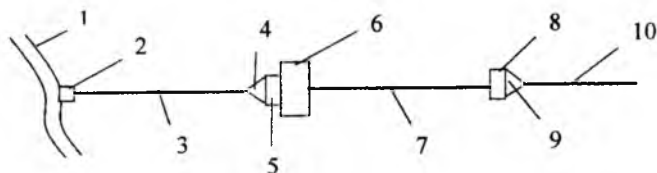
– qurilish – montaj ishlarida mahalliy ish materiallaridan foydalanish mumkinligi:

– NS qurilishida texnik yechimlarni maksimal unifikatsiyalashtirish;

– qurilishning navbatma-navbat tugallanishi, hali to'liq qurib bitkazilmagan inshootlardan foydalanish mumkinligi.

Nasos stansiyasi inshootlarining uning binosiga nisbatan joylanish sxemalari quyidagilardan iborat:

a) derivatsiya kanalli NS sxemasi;



#### 4.2-rasm. Derivatsiya kanalli NS sxemasi:

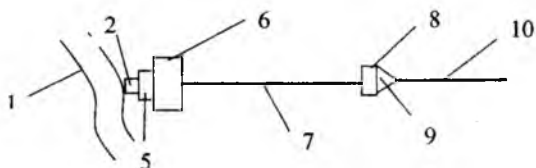
1 – suv manbai; 2 – suv olish inshooti; 3 – suv keltirish derivatsiya kanali; 4 – avankamera; 5 – suv qabul qilish inshooti; 6 – NS binosi;

7 – bosim quvuri; 8 – suv chiqarish inshooti; 9 – bosim havzasi;

10 – mashinali kanal.

Bu sxema o'tkazish yo'lining tekis relyefi sharoitlarida NS binosini iloji boricha sug'orish maydoniga yaqin joyga qurish maqsadida, (bosim quvurlari uzunligini kamaytirish uchun) qabul qilinadi.

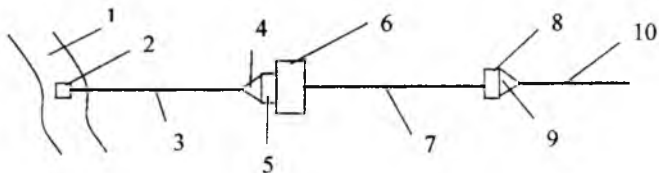
b) suv olish inshooti bilan birlashgan nasos stansiyasi sxemasi;



**4.3-rasm.** Suv olish inshooti bilan birlashgan NS sxemasi

Bu sxema qirg'og'i tik bo'lgan va suv sathi o'zgarishi amplitudasi 5 metrgacha bo'lgan suv manbalari uchun qabul qilinadi.

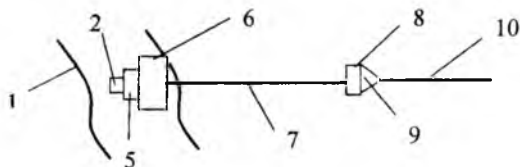
d) suv olish inshooti manbai o'zanida joylashgan NS sxemasi:



**4.4-rasm.** Suv olish inshooti manbai o'zanida joylashgan NS sxemasi

Bu sxema qirg'og'i yotiq va suv sathining o'zgarish amplitudasi katta bo'lgan suv manbalari uchun qabul qilinadi;

e) suv olish inshooti va NS binosi suv manbai o'zanida joylashgan sxema:

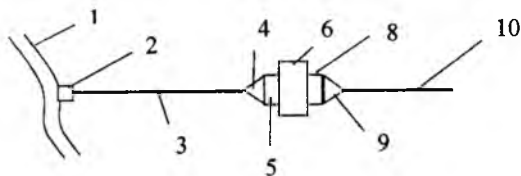


**4.5-rasm.** Suv olish inshooti va NS binosi suv manbai o'zanida joylashgan sxema



Bu sxema suv manbalaridagi suv sathi o'zgarish amplitudasi 8 metrdan ortiq va qirg'oqda inshoot ko'rish yetarli sharoit bo'lmaganda qabul qilinadi.

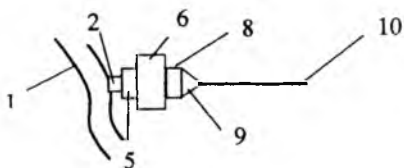
f) suv chiqarish inshooti bilan stansiya binosi birlashtirilgan sxema.



4.6-rasm. Suv chiqarish inshooti bilan stansiya binosining birgalikdagi sxemasi

Bu sxema past naporli nasos stansiyalarga taalluqlidir.

g) NS binosi bilan suv olish va chiqarish inshootlari birlashtirilgan sxema:



4.7-rasm. NS binosi bilan suv olish va chiqarish inshootlari birlashtirilgan sxema

Bu sxema nabori 5 metrgacha bo'lgan NSlar uchun qulaydir.

## 4.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari

Nasos stansiyasining asosiy parametrlari sifatida uning suv berish unumdorligi –  $Q_{NS}$ ,  $m^3/s$ , nabori –  $H$ , m, quvvati –  $N$ ,  $kVt$  va foydali ish koeffitsiyenti (FIK) -  $\eta_n$  hisoblanadi.

NSning suv berish unumdorligi unda o'rnatilgan nasoslar soni va ularning suv berish unumdorligiga asoslanib aniqlanadi. Nasoslar soni va ularning markasi suv iste'moli grafigiga mos ravishda texnik - iqtisodiy hisoblar yordamida hisoblanadi.

NSning napori. NSning geometrik napori yuqori byef suv sathi bilan quyi byef suv sathlarining farqiga teng.

$$H^G = \nabla YUBSS - \nabla QBSS \quad (4.1)$$

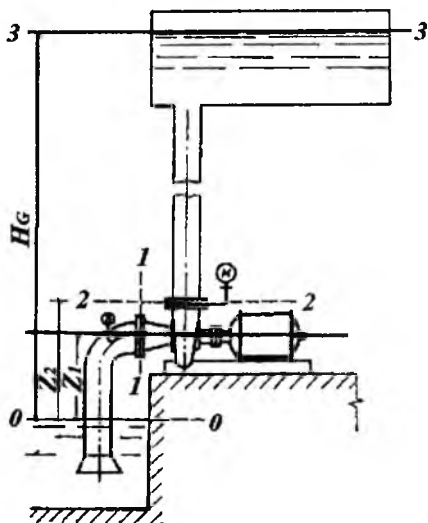
NS to'la napori quyidagicha aniqlanadi:

$$H = E_{2-2} - E_{1-1} \quad (4.2)$$

$E_{2-2}$ ,  $E_{1-1}$  2 - 2 va 1 - 1 kesimlardagi solishtirma energiyalar qiymati

$$E_{2-2} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_2 \quad (4.3)$$

$$E_{1-1} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} + Z_1 \quad (4.4)$$



**4.8-rasm.** Nasos stansiyasining naporini aniqlash

Nasos stansiyasi nabori nasos tomonidan suyuqlikning 1N og'irlik kuchi birligiga ta'sir qiluvchi energiyaning jouldagi qiymatida ifodalanadi.

Buni tasavvur qilish uchun 4.8-rasmda ko'rsatilgandek 0-0, 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlarida energiya o'zgarishini kuzatamiz.

Bernulli tenglamasi bo'yicha 0-0 va 1-1 kesimlar o'rtasidagi suv oqimi energiyasi o'zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin (0-0 kesim quyi byef suv yuzasi sathiga mos kelsa, 1-1 nasosning suv kirish qismining ko'ndalang kesimiga to'g'ri keladi).

$$\frac{P_{0-0}}{\rho g} + Z_{0-0} + \frac{\alpha \cdot \vartheta_{0-0}^2}{2g} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + Z_{1-1} + \frac{\alpha \cdot \vartheta_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_i \quad (4.5)$$

Lekin rasmda ko'rsatilgandek,

$$\frac{P_{0-0}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g}; Z_{0-0} = 0; \vartheta_{0-0} \approx 0; Z_{1-1} = H_S$$

Bunda  $P_a/\rho g$  – atmosfera bosimiga mos keluvchi balandlik, m  
 $H_S$  – so'rish balandligi, m.

U holda (4.5) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\frac{P_{1-1}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} - H_S - \frac{\alpha \vartheta_{1-1}^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (4.6)$$

(4.6) asosida ta'kidlash mumkinki, 1-1 kesimda, ya'ni nasosning kirish qismidagi bosim quyi byef yuzasiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimidan kichik bo'lishi lozim. Aks holda  $P_{1-1}/\rho g \leq 0$  bo'ladi, lekin bunday bo'lishi mumkin emas, chunki bu holda oqim yaxlitligi buziladi.

Demak,  $\frac{P_a}{\rho g} \geq H_S + \frac{\alpha \vartheta_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_S$  qoidasiga amal qilinishi lozim. Bunda,  $P_a \approx 0,1 \text{ MPa}$  qiymatiga ega bo'lganligi uchun  $(H_S + \frac{\alpha \vartheta_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_S) \leq 10 \text{ m}$  bo'lishi kerak.

2-2 va 3-3 kesimlardagi energiya o'zgarishini ham Bernulli tenglamasi orqali ifodalaymiz.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} + \frac{P_{3-3}}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta_{3-3}^2}{2g} + Z_{3-3} + \sum \Delta h_b \quad (4.7)$$

Bunda,

$$\frac{P_{3-3}}{2g} = \frac{P_a}{\rho g}; \vartheta_{3-3} = 0; Z_{3-3} = H^G$$

U holda 2-2 va 3-3 kesimlardagi energiya o'zgarishini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} = \frac{P_a}{\rho g} + H^G + \sum \Delta h_b \quad (4.8.)$$

Bunda,  $\sum \Delta h_b$  - bosim quvuridagi 2-2 va 3-3 kesimlar oralig'idagi napor yo'qolish qiymatlarining yig'indisi,  $H^G$  - bosim balandligi, m.

Nasosdan chiqarishdagi energiyani ifodalash uchun  $R_{2-2}/\rho g$  qiymatini aniqlash lozim.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + H^G + \sum \Delta h_b - Z_{2-2} - \frac{\alpha \vartheta_{2-2}^2}{2g} \quad (4.9)$$

(4.2), (4.3) va (4.4)da ko'rsatilgandek nasosning to'la naporini

$$H = E_{2-2} - E_{1-1} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha \vartheta_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{P_{1-1}}{\rho g} - \frac{\alpha \vartheta_{1-1}^2}{2g} - H_S; \quad (4.10)$$

(4.10) bog'lanishga  $P_{2-2}/\rho g$  va  $P_{1-1}/\rho g$  ning (4.9) va (4.6) da topilgan qiymatlarni qo'yamiz.

$$H = \frac{P_a}{\rho g} + H^G + \sum \Delta h_b - Z_{2-2} - \frac{\alpha \mathcal{F}_{2-2}^2}{2g} + \frac{\alpha \mathcal{F}_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{P_a}{\rho g} +$$

$$H_S + \frac{\alpha \mathcal{F}_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_s - \frac{\alpha \mathcal{F}_{1-1}^2}{\rho g} - H_S = H^G + \sum \Delta h_b + \sum \Delta h_s; \quad (4.11)$$

Unda,  $\sum \Delta h_q = \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_b$  so‘rish va bosim quvurlaridagi napor yo‘qolish qiymatlari yig‘indisi, unda (4.11) bog‘lanishni quyidagicha yozamiz.

$$H = H^G + \sum \Delta h_q \quad (4.12)$$

Shunday qilib, nasos stansiyasining to‘la naporini uning geometrik naporini bilan quvurlar tizimidagi napor yo‘qolish qiymatlari yig‘indisiga teng.

Yuqori va quyi byeflarda suv sathlari tez-tez o‘zgarib turganda geometrik naporning o‘rta vazni qiymatlari  $H_{o'r.vaz}$  aniqlanadi. Bu ko‘rsatkichdan elektr energiyasi sarfini hisoblashda foydalaniladi.

Bundan tashqari geometrik naporning minimal va maksimal qiymatlari ham mavjuddir.  $H_{min}^G$  qiymatidan nasoslarning o‘rnatilish balandligini hisoblashda,  $H_{max}^G$  qiymatidan esa nasoslar suv berish unumdorligini aniqlashda foydalaniladi.

O‘rtacha vaznli geometrik naporini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$H_{o'r.vaz}^G = \frac{\sum Q_i \cdot H_i^G \cdot t_i}{\sum Q_i \cdot t_i} \quad (4.13)$$

bunda,  $Q_i$  va  $H_i - t_i$  sug‘orish davrlariga mos keluvchi suv berish unumdorligi va geometrik napor qiymati, m.

$H_i^G$  - geometrik napor yuqori va pastki byef suv sathlari farqi sifatida aniqlanadi.

$$H_i^G = \nabla YUBSS_i - \nabla QBSS_i \quad (4.14)$$

Quyi byef suv sathi o‘zgarishi suv manbai sathining yillik o‘zgarishi qiymatlari asosida aniqlanadi.

Ko'p hollarda suv keltiruvchi va suv uzatish inshootlari bir xil o'lchamdagi kanal ko'rinishda bo'ladi. Bunday hollarda suv sathi o'zgarishi  $Q = f(h)$  grafigi asosida aniqlash mumkin, bunda yana shuni ta'kidlash lozimki, geometrik napor qiymati suv sarfining har qanday qiymatlarida doimiy bo'ladi, ya'ni  $H^G = \text{const}$ .

Demak, bu holda  $H_{o'r.vaz} = \text{const}$ .

Agar suv sathlari o'zgarishi amplitudasi 2 metrdan oshmasa,  $H^G$  qiymatini maksimal va minimal geometrik naporlarning o'rtacha qiymatiga teng qilib olish mumkin, ya'ni

$$H^G = \frac{H_{\max}^G + H_{\min}^G}{2} \quad (4.15)$$

Quvurlar sistemasidagi napor yo'qolish qiymati nasos stansiya loyihasi tuzilgunga qadar taqriban aniqlanadi.

Loyihalash tajribasi shuni ko'rsatadiki, mahalliy qarshiliklardagi napor yo'qolish qiymatini taxminan 1,0 – 1,2 m qabul qilish mumkin. Uzunlik bo'yicha yo'qolgan napor qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$\sum \Delta h_q = i \cdot L_k \text{ m} \quad (4.16)$$

$i$  – yo'qolgan naporning solishtirma qiymati, m/m

$i = 0,003-0,004$  m 1 m uzunlikdagi quvur uchun,  $L_k$  – quvurlar uzunligi, km

NS ning quvvati uning suv berish unumdorligi va napor qiymatlariga bog'liq holda aniqlanadi. NSda foydali quvvat va iste'mol quvvatlari aniqlanadi.

$$N_{\text{foy}} = \rho g \cdot Q_{NS} \cdot H; \quad Vt \quad (4.17)$$

Nasos stansiyasining iste'mol quvvati yoki  $N_{NS}$  quyidagicha hisoblanadi.

$$N_{NS} = \frac{\rho g \cdot Q_{NS} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{DV} \cdot \eta_{TAR}}; \quad kVt \quad (4.18)$$

Bunda,  $\eta_N$  – nasos FIK.

$\eta_{DV}$  – dvigatel FIK

$\eta_{TAR}$  – energiya taqsimlash tarmog'i FIK.

Toza suv uchun quvvat qiymatini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin.

$$N_{NS} = N_{NS} = \frac{9,81 \cdot Q_{NS} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{DV} \cdot \eta_{TAR}}; \text{ kVt} \quad (4.19)$$

NSning foydali ish koeffitsiyenti (4.18) da ko'rsatilgandek,

$\eta_{NS} = \eta_N \cdot \eta_{DV} \cdot \eta_{TAR}$  bog'lanish bilan aniqlanadi.

### 4.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko'rsatkichlari

Quvurlarda suyuqlikning bosimli harakatini amalga oshirishga mo'ljallangan gidravlik mashinalar *nasoslar* deyiladi. Nasos dvigateldan mexanikaviy energiya olib, uni suyuqlikning harakatlanayotgan oqimi energiyasiga aylantiradi.

Nasoslar xalq xo'jaligining barcha sohalarida: mashinasozlikda, metallurgiyada, kimyo sanoatida, qishloq xo'jaligida, suv ta'minotida, yer ishlarini gidromexanizatsiyalashda va texnikaning boshqa ko'pchilik tarmoqlarida keng ishlatiladi.

Nasoslar juda ko'p turlarga ega, shulardan asosiylari ikki guruhga bo'linadi: dinamik nasoslar va hajmiy nasoslar.

**Dinamik nasoslarda** suyuqlik nasosning kirish va chiqish qismlari bilan doimo tutash bo'lgan kamerada gidrodinamik kuchlar ta'sirida harakatlanadi.

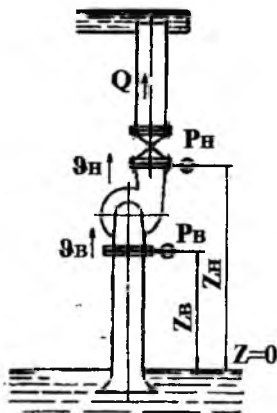
**Hajmiy nasoslarda** suyuqlik nasosning kirish va chiqish qismlari bilan navbatma-navbat tutashadigan hajmi o'zgaruvchi kamerada harakatlanadi.

Dinamik nasoslarni parrakli, inersiya va ishqalanish nasoslariga bo'lish mumkin.

**Parrakli nasoslarda** suyuqlik harakati ishchi g'ildirakning aylanish jarayonida parraklar tomonidan oqimga beriladigan energiya hisobiga amalga oshiriladi. Bu nasoslar asosan markazdan qochma va o'qiy nasoslardan tashkil topadi.

**Markazdan qochma nasoslarda** suyuqlik ishchi g'ildirak orqali uning markazidan chetiga radial yo'nalishda harakatlanadi.

O'qiy nasoslarda suyuqlik ishchi g'ildirak o'qi bo'ylab unga parallel ravishda harakatlanadi.



4.9-rasm. Nasos naporini aniqlash sxemasi

Ishqalanish va inersiya nasoslarida suyuqlik ishqalanish va inersiya kuchlari hisobiga harakatlanadi. Bu guruhga uyurmaviy, labirint, oqimli, gidravlik taran nasoslari va boshqalar kiradi.

Hajmiy nasoslarni ham ikkiga bo'lish mumkin: rotorli va olg'a-orqaga harakatlanuvchi nasoslar.

Rotorli nasoslarda ishchi organ aylanma holda harakatlanadi. Bu nasoslarga tishli uzatmali, vintli, shnekli va boshqa nasoslar kiradi.

Olg'a-orqaga harakatlanuvchi nasoslarga porshenli, plunjerli va diafragmali nasoslar kiradi.

**Nasosning asosiy ko'rsatkichlari.** Nasosning asosiy ko'rsatkichlariga uning ish unumdorligi (suv berish qobiliyati)  $Q$ , nabori  $N$ , so'rish balandligi  $h_{so'rs}$ , quvvati  $N$  va foydali ish koeffitsiyenti (FIK)  $\eta$  kiradi.

Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori uning ish unumdorligi (suv berish qobiliyati) deyiladi va  $m^3/s$ ,  $l/s$ ,  $m^3/soat$  o'lchov birliklarida ifodalanadi.

**Nasos nabori** – uning kirish va chiqish qismlaridagi suyuqlik solishtirma energiyasi qiymatlarining farqidir va bu ko'rsatkich metr bilan o'lchanadi.



$$H = E_H - E_B = \frac{P_H - P_B}{\rho \cdot g} + \frac{\mathcal{G}_H^2 - \mathcal{G}_B^2}{2 \cdot g} + (Z_H - Z_B) \quad (4.20)$$

bunda,  $P_N$  va  $P_V$  – nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi bosim qiymatlari, Pa ( $N/m^2$ );  $\mathcal{G}_H$  va  $\mathcal{G}_B$  - oqimning nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi o'rtacha tezlik qiymatlari, m/s;  $\rho$  - suyuqlik zichligi,  $kg/m^3$ ;  $Z_H$ ,  $Z_B$  – quyi byefdagi suv sathidan nasosning chiqish va kirish qismlarigacha bo'lgan vertikal masofa, m.

Nasosdan chiqishdagi bosim qiymati manometr bilan va unga kirishdagi bosim qiymati vakuumetr bilan o'lchanadi. Bunday holda nasos napori quyidagicha aniqlanadi:

$$H = M_H - V_B + (\mathcal{G}_H^2 - \mathcal{G}_B^2)/2g \quad (4.21)$$

bunda,  $M_H$ ,  $V_B$  – manometr va vakuumetr ko'rsatkichlari, m. Agar manometr va vakuumetr ko'rsatkichlari  $kg/sm^2$  da berilgan bo'lsa, unda ularni Pa ga aylantirish uchun 98066,5 ga ko'paytirish kerak.

**So'rish balandligi.** Quyi byefdagi nasosning o'qigacha bo'lgan masofa nasosning geometrik so'rish balandligi deyiladi.

$$H_{so'r}^G = \nabla O'N - \nabla QBSS, m. \quad (4.22)$$

Bunda,  $\nabla O'N$  – nasos o'qi sathi, m;  $\nabla QBSS$  – quyi byef suv sathi, m.

Nasosning vakuumetrik so'rish balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$H_{so'r}^V = H_{so'r}^G + \sum \Delta h_{so'r}, m. \quad (4.23)$$

Bunda,  $\sum \Delta h_{so'r}$  – so'rish quvuridagi napor yo'qolish qiymati, m

**Nasos quvvati.** Nasosning foydali quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_f = \rho g Q \cdot H, Vt. \quad (4.24)$$

Nasosning iste'mol quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{ist} = \rho g Q \cdot H / \eta_{nb}, Vt. \quad (4.25)$$

Bunda, Q, H – nasosning ish unumdorligi va nabori,  $\eta_n$  – nasos FIK.

**Nasosning foydali ish koeffitsiyenti.** Bu qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_n = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_h \quad (4.26)$$

$\eta_g$  - nasosda gidravlik napor yo‘qolish qiymatlarini hisobga oladigan gidravlik FIK.

$\eta_m$  - ishchi g‘ildirakning aylanish qismlaridagi mexanik qarshilikni hisobga oluvchi mexanik FIK.

$\eta_h$  - suvning nasosning ba‘zi qismlaridan suzib chiqib ketishini hisobga oluvchi hajmiy FIK.

Nasos FIK yirik nasoslarda 0,88 – 0,92 gacha, kichik nasoslarda 0,6 – 0,75 oralig‘ida o‘zgaradi.

#### **4.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi**

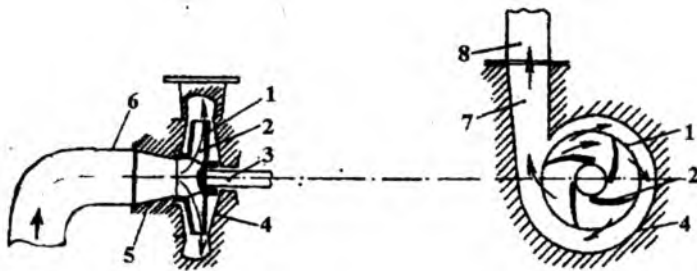
##### **4.4.1. Markazdan qochma nasoslar**

Nasos so‘rish quvuri 6 va ishchi g‘ildiragi 1 nasos ishga tushirilishidan oldin suyuqlik bilan to‘ldirilgan bo‘lishi kerak (4.10-rasm).

Shundan keyin dvigatel ishga tushiriladi va u ishchi g‘ildiragi 1 ni aylantiradi. Suyuqlik g‘ildirak bilan birga aylanib, markazdan qochuvchi kuch ta‘sirida ishchi g‘ildiragining markazidan chekkasiga otiladi va spiralsimon suv chiqarish qurilmasini to‘ldiradi. Bu vaqtda ishchi g‘ildirakka kirish oldida teskari, vakuumetrik bosim vujudga keladi.

Natijada suyuqlik quyi byef suv sathiga ta‘sir qilayotgan atmosfera bosimi yordamida so‘rish quvuridan 6 nasosga kirib ishchi g‘ildirakning markaziy qismini to‘ldiradi va yana ma‘lum hajmdagi suyuqlik markazdan qochma kuch ta‘sirida g‘ildirakning chekkalariga chiqarib tashlanadi. Shunday qilib bu jarayon uzluksiz davom etadi va suyuqlikning markazdan qochma nasos orqali o‘tadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

Suyuqlikning ishchi g‘ildirak orqali oqib o‘tishida dvigatelning mexanikaviy energiyasi suyuqlik oqimi energiyasiga aylanadi.



**4.10-rasm.** Markazdan qochma nasosning sxemasi:

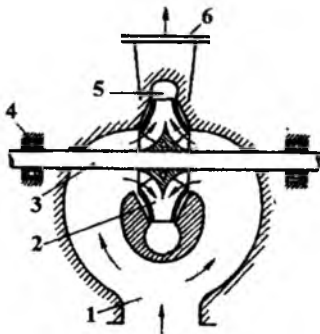
1 – ishchi g'ildirak; 2 – parraklar; 3 – val; 4 – spiralsimon suv chiqarish qurilmasi; 5 – so'rish konfuzori; 6 – so'rish quvuri;  
7 – bosim diffuzori; 8 – bosim quvuri.

Markazdan qochma nasoslarning quyidagi turlari mavjud:

1. G'ildiraklarning soniga ko'ra: *bir bosqichli* va *ko'p bosqichli* nasoslar bo'ladi. Ko'p bosqichli nasoslarda suyuqlik ketma-ket ulangan ishchi g'ildiraklari orqali o'tadi. Bunday g'ildiraklarda bosim belgilangan miqdorgacha asta-sekin ortib boradi.

2. Ishchi g'ildirak valining joylashuviga ko'ra: *gorizontal* va *vertikal* nasoslar;

3. So'rish turiga ko'ra: suyuqlik *bir tomonlama* va *ikki tomonlama* so'riladigan nasoslar (4.11-rasm).



**4.11-rasm.** Ikki tomonlama so'riladigan nasos sxemasi:

1 – so'rish konfuzori;  
2 – ishchi g'ildirak;  
3 – val;  
4 – podshipniklar;  
5 – spiralsimon suv chiqarish qurilmasi;  
6 – bosim diffuzori.

4. Hosil qilinadigan bosimga ko'ra: *past bosimli* (20 metrgacha), *o'rta bosimli* (20—60 m) va *yuqori bosimli* (60 m dan yuqori) nasoslar.

Bir bosqichli nasoslarning napori 120 metrgacha, ish unumdorligi 15 m<sup>3</sup>/s gacha borib yetadi. Ko'p bosqichli markazdan qochma nasoslarning napori 2000 metrgacha, ish unumdorligi 100 l/s gacha yetadi.

Markazdan qochma nasoslarning O'zbekistonda qabul qilingan rusumlari quyidagicha:

1. Ikki tomonlama so'riladigan nasoslar – masalan D630 – 90 bunda D – ikki tomonlama so'rilish, 630 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/soat, 90 – napori, m

2. Bir tomonlama, konsolli markazdan qochma nasoslar – masalan K200 – 125 – 330, bunda K – konsolli, 200 – nasosning kirish qismi diametri, mm, 125 - nasosning chiqish qismi diametri, mm, 330 – ishchi g'ildirak diametri, mm.

A40GS – 0,55/21, bunda A – agregat, G – gorizontal, 0,55 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 21 – napori, m.

3. Vertikal markazdan qochma nasoslar, masalan, 2400V – 25/40, bunda 2400 - nasosning kirish qismi diametri, mm, V –vertikal, 25 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 40 – napori, m.

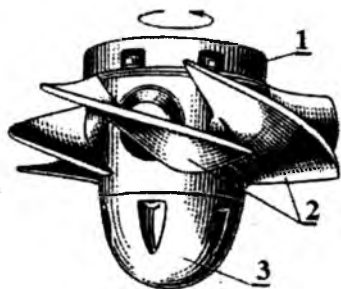
#### 4.4.2. O'qiy nasoslar

O'qiy nasoslar 0,072 – 40,5 m<sup>3</sup>/s suv berish qobiliyatiga ega bo'lib, 2,5 – 26 metr napor qiymatlariga ega. Bu nasoslarning ishchi g'ildiragi propellerni eslatadi, shu sababli bu nasoslar ba'zan propeller nasoslar ham deb ataladi (4.12-rasm).

Ushbu nasoslarning eng yirigi Qarshi Bosh kanali nasos stansiyalariga o'rnatilgan. O'qiy nasoslar ikki xil ishchi g'ildirakka ega – O turdagi ishchi g'ildiraklarning parraklari burilmaydigan qilib o'rnatilgan, OP turdagi ishchi g'ildirakning parraklari buriladi, bu esa nasos ish rejimini o'zgartirish imkonini beradi. O'qiy nasoslar vertikal va gorizontal holda o'rnatilishi mumkin, ba'zan gorizontal o'rnatilgan nasoslar maxsus kapsulada ham joylashadi. 4.13-rasmda o'qiy nasos sxemasi berilgan. Ishchi g'ildirakdan 1 chiqayotgan suv oqimi biroz aylanma harakatga ega bo'ladi. Uni o'q bo'ylab parallel holda yo'naltirish uchun ishchi g'ildirakdan keyin yo'naltiruvchi apparat 3 o'rnatiladi.

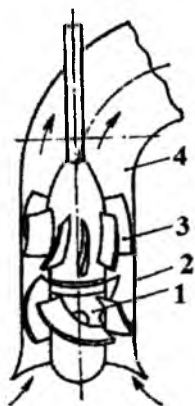
O'qiy nasoslarning respublikada qabul qilingan rusumlari quyidagicha:

1. Masalan, OPV10 – 260, bunda O – осевой (o‘qiy), P – paraklari buriluvchi, V – vertikal, 10 – modifikatsiya nomeri, 260 – ishchi g‘ildirak diametri, sm.



4.12-rasm. O‘qiy nasos ishchi g‘ildiragi:

1 – vtulka; 2 – parraklar; 3 – konus.



4.13-rasm. O‘qiy nasos sxemasi:

1 – ishchi g‘ildirak;  
2 – kamera;  
3 – yo‘naltiruvchi apparat;  
4 – suv chiqarish qurilmasi.

2. A50GO – 0,5/10, bunda A – agregat, 50 – bosim quvuri diametri, sm, G – gorizontal, O – maxsus (особый), 0,5 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 10 – napori, m

### Nazorat savollari

1. Nasos stansiyalarining asosiy sinfiy guruhlarini aytib bering.
2. Nasos stansiyalarining qanday asosiy parametrlari mavjud?
3. Nasos stansiyalarining qanday naporlari bor va ular qanday aniqlanadi?
4. «Nasos qurilmasi» va «nasos stansiyasi» orasida qanday farq bor?
5. Nasoslarning turlarini aytib bering.
6. Nasoslarning asosiy ko‘rsatkichlariga nimalar kiradi?

7. Parrakli nasoslar qanday tamoyil asosida ishlaydi?
8. Markazdan qochma nasoslarning qanday turlari mavjud?
9. O'qiy nasoslarning ishlash prinsipini aytib bering.
10. «OPV10 – 185» markali nasos qanday nasos va bu belgilanish nimani bildiradi?

#### 4.4.3. Parrakli nasoslarda oqim harakati

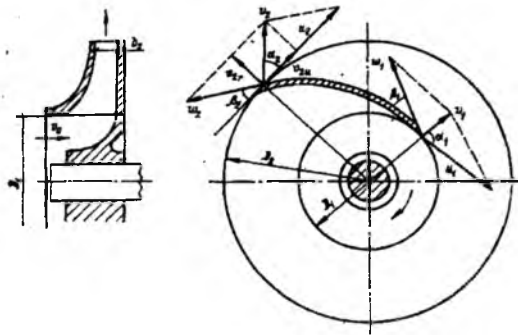
Bu harakat gidroturbinalardagi oqim harakatiga o'xshash bo'ladi. Suyuqlik ishchi g'ildirakka aksial yo'nalishda, ya'ni o'q bo'ylab tezlik bilan beriladi. Ishchi g'ildirakda oqimning yo'nalishi radial holatga, ya'ni uning o'qiga perpendikulyar yo'nalishga o'zgaradi (4.14-rasm). Parraklar orasiga tezlik bilan kirgan suyuqlik va undan tezlik bilan chiqib ketadi. Suyuqlik ishchi g'ildirakda bir tomondan u bilan birgalikda aylanma harakatda ishtirok etadi, ikkinchi tomondan markazdan qochma kuchlar ta'sirida parrakka nisbatan  $\omega$  tezlik bilan harakatlanadi. Nisbiy harakat berilgan nuqtada parrak yuzasiga, aylanma harakat esa g'ildirak aylanmasiga urinma yo'nalishiga ega bo'ladi. Matematik umumlashtirishni soddalashtirish uchun suyuqlik harakatini parrak holatiga mos ravishda amalga oshiriladi deb hisoblaymiz. Ishchi g'ildirakka kirish qismidagi tezliklar va burchaklar qiymatlari «1» indeksi bilan, chiqishda esa «2» indeksi bilan ifodalandi. Ishchi g'ildirak aylanishida tezliklar qiymatlarini topish uchun ularning vektor qiymatlarini parallelogramm qoidasi bo'yicha qo'shamiz. Bunda  $\alpha$  aylanma va mutloq tezliklar orasidagi burchakni,  $\beta$  aylanma tezlikning teskari yo'nalishi va nisbiy tezlik yo'nalishi orasidagi burchakni ifoda etadi.

Bu holda suyuqlikning mutloq tezligi aylanma va nisbiy tezliklarining geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$\vec{g} = \vec{\omega} + \vec{u} \quad (4.27)$$

Aylanma harakatning vektor yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan tezlikni radial tezlik deb ataymiz.

$$g_r = g \cdot \sin \alpha \quad (4.28)$$



**4.14-rasm.** Suyuqlik oqimining markazdan qochma nasos ishchi g'ildiragidagi harakati

Bu tezlik qiymatini shunday aniqlash mumkin:

$$g_r = \frac{Q}{f} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi}, \quad (4.29)$$

bunda,  $r$  – ishchi g'ildirakning qaralayotgan nuqtaga mos keladigan radiusi,  $\psi$  - oqim ko'ndalang kesim yuzasining parraklar bilan qisilish koeffitsiyenti, bu qiymat  $\psi = 0,75 - 0,83$  ga teng,  $b$  – parraklar kengligi. U holda tezliklar uchburchagi bo'yicha nisbiy tezlik qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{g_r}{\sin \beta} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi \sin \beta} \quad (4.30)$$

Xuddi shuningdek, mutloq tezlik qiymatini ham aniqlaymiz:

$$g = \frac{g_r}{\sin \alpha} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi \sin \alpha} \quad (4.31)$$

Ishchi g'ildirakdagi oqim zarrachalarining aylanma harakati tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$u = \pi \cdot D \cdot n / 60, \quad (4.32)$$

bunda,  $D$  - ishchi g'ildirakning qaralayotgan nuqtaga mos keladigan radiusi,  $n$  – g'ildirak aylanishlar soni.

Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish mumkinki, ishchi g'ildirakning suyuqlik oqimiga ta'siri darajasi uning diametriga, parraklar shakli va soniga hamda g'ildirak aylanishlar soniga bog'liq bo'ladi.

O'qiy nasoslarda suyuqlik ishchi g'ildirakka o'q bo'ylab kirib keladi va ushbu yo'nalishda davom etadi, shu tufayli radial tezlik nolga teng bo'ladi. Ishchi g'ildirak diametri kirishda va chiqishda bir xil bo'lganligi uchun aylanma tezlik qiymati o'zgarmaydi.

$$u_1 = u_2 = \pi \cdot D_1 \cdot n / 60 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60,$$

chunki  $D_1 = D_2$ .

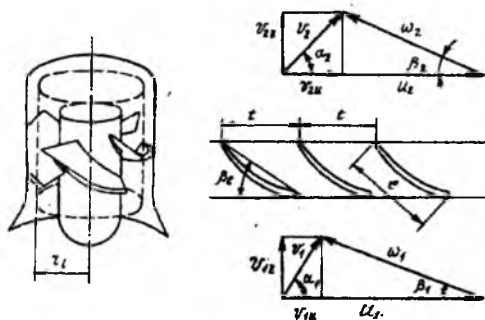
Mutloq tezlik vektorining vertikal tekislikka (o'q yo'nalishiga) proyeksiyasi **o'qiy tezlik** deb ataladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$g_z = g \sin \alpha = \omega \cdot r \sin \beta$ , bu qiymat ishchi g'ildirakka kirishda ham chiqishda ham bir xil qiymatga ega bo'ladi, ya'ni  $g_{z1} = g_{z2}$ . O'qiy tezlik qiymati geometrik o'lchamlar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$g_z = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d_{VT}^2)} \quad (4.33)$$

bunda  $D$  – ishchi g'ildirak diametri,  $d_{VT}^2$  – vtulka diametri.

Shunday qilib, o'qiy nasoslarda parraklarga kirishda va chiqishda tezliklar uchburchagi bir xil asosga ega va ularning balandligi teng bo'ladi (4.15-rasm).



**4.15-rasm.** O'qiy nasos ishchi g'ildiragida oqim tezligining uchburchaklari

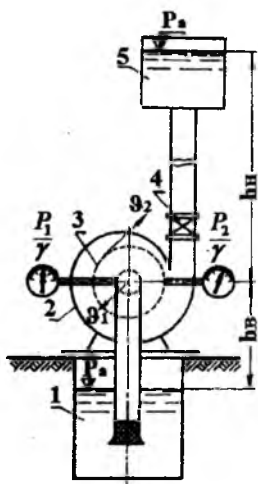


#### 4.4.4. Parrakli nasoslarning asosiy tenglamasi

Markazdan qochma nasosning ishchi g'ildiragi aylanganda uning naporining o'zgarishi nimalarga bog'liqligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun 4.16-rasmda tasvirlangan nasosning bosim quvuridagi qulfagi yopiq deb faraz qilamiz. Bu holda nasos energiyasi ishchi g'ildirakka kirishdagi  $P_1/\rho g$  bosimni undan chiqishdagi  $P_2/\rho g$  bosimga oshirishga sarf bo'ladi. Qulfakning asta-sekinlik bilan ochilishi jarayonida suyuqlik bosim quvuriga oqa boshlaydi va bunda ishchi g'ildirakning kirish qismidagi nisbiy tezlik  $\omega_1$  parraklar orasidagi ko'ndalang kesim yuzasining oshishi hisobiga  $\omega_2$  gacha kamayadi. Buning natijasida ishchi g'ildirakdan chiqishda bosim oshadi.

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} = H_p \quad (4.34)$$

Bunda,  $H_p$  – nasosda potensial energiyaning o'zgarishi hisobiga yuzaga kelgan napor.



4.16-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:

1 – suv olish inshooti; 2 – markazdan qochma nasos; 3 – ishchi g'ildirak; 4 – qulfak; 5 – bosimli rezervuar.

Kirish va chiqishdagi bosimlar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:  
Agar napor yo'qolish qiymatini hisobga olmasak,

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} - \left( \frac{g_1^2}{2g} + h_b \right), \quad (4.35)$$

bunda,  $g_1^2$  - ishchi g'ildirakka kirishdagi oqim tezligi.  
Xuddi shuningdek,

$$\frac{p_2}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + h_n - \frac{g_2^2}{2g} \quad (4.36)$$

Olingan natijalarni (4.34) ga qo'yib, nasosning to'liq nazariy naporini  $H_T$  deb belgilab hamda  $\rho g = \gamma$  ekanligini hisobga olib quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} &= H_p = \frac{p_a}{\gamma} + h_{bos} - \frac{g_2^2}{2g} - \frac{p_a}{\gamma} + \left( h_{so'r} + \frac{g_1^2}{2g} \right). \\ H_p &= \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} = h_{bos} + h_{so'r} - \frac{g_2^2}{2g} + \frac{g_1^2}{2g}, \\ \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} &= h_{bos} + h_{so'r} - \frac{g_2^2}{2g} + \frac{g_1^2}{2g}, \\ h_{bos} + h_{so'r} &= H_{naz} \\ H_{naz} &= \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{g_2^2 - g_1^2}{2g}, \\ H_{naz} &= H_p + \frac{g_2^2 - g_1^2}{2g}. \end{aligned} \quad (4.37)$$

Bu tenglama markazdan qochma nasosning asosiy tenglamasi deyiladi va u nasosdagi kinetik energiyaning o'zgarishini ko'rsatadi.

(4.37) tenglamani  $\omega_1$  va  $\omega_2$  larni kosinuslar teoremasi  $\omega^2 = u^2 + g^2 - 2u \cdot g \cos \alpha$  (4.38) bo'yicha ekanligini hisobga olib quyidagi holga keltiramiz.

$$H_T = \frac{g_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2 - g_1 u_1 \cdot \cos \alpha_1}{g} \quad (4.38)$$

Bu tenglama L. Eylar tenglamasi deb ataladi. Agar suyuqlik ishchi g'ildirakka radial holda kirsya yoki  $\alpha_1=90^\circ$  bo'lsa (4.38) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$H_T = \frac{g_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_{2u} u_2}{g} \quad (4.39)$$

#### 4.4.5. Nasoslarni modellashtirish. Nasoslar ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari

Nasoslarni modellashtirishning asosiy maqsadi laboratoriya sharoitida yirik nasoslarning kichraytirilgan modellarida olib borilgan tajribalar natijalari asosida o'xshashlik mezonlariga amal qilgan holda nasoslarning haqiqiy ko'rsatkichlarini aniqlashdan iboratdir. Bundan tashqari nasosning biron bir ko'rsatkichining o'zgarishi uning boshqa parametrlariga qanday ta'sir qilishini oldindan aniqlashni ham modellashtirish natijalari va ularni qayta hisoblash asosida amalga oshirish mumkin. Hidroenergetik qurilmalarni modellashtirishga qo'yiladigan talablar bir xil bo'lganligi uchun nasoslarni modellashtirish tartibi va qoidalarini (3.3.3) dagidek qabul qilamiz. Shunga asosan nasoslarning modellarda olingan natijalari asosida haqiqiy nasos ko'rsatkichlarini hisoblash formulalari quyidagilardan iborat:

$$\begin{aligned} \frac{n^I}{n^{II}} &= \frac{D_1^{II}}{D_1^I} \sqrt{\frac{H^I}{H^{II}}}; & \frac{Q^I}{Q^{II}} &= \left( \frac{D_1^I}{D_1^{II}} \right)^3 \cdot \frac{n^I}{n^{II}}; \\ \frac{N^I}{N^{II}} &= \left( \frac{D_1^I}{D_1^{II}} \right)^5 \cdot \left( \frac{n^I}{n^{II}} \right)^3; & \frac{H^I}{H^{II}} &= \left( \frac{n^I}{n^{II}} \right)^2 \left( \frac{D_1^I}{D_1^{II}} \right)^2 \end{aligned} \quad (4.40)$$

bunda, ko'rsatkichlardagi «1» indeksi model nasosda olingan natijalar, «2» indeksi bilan berilgan ko'rsatkichlar haqiqiy nasos ko'rsatkichlari hisoblanadi.

$D_1$  – ishchi g‘ildirak diametri,  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $n$  – nasosning ish unumdorligi, napori, quvvati va aylanishlar soni qiymatlarini ifoda etadi.

Bu formulalar nasoslar ko‘rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari deb ataladi.

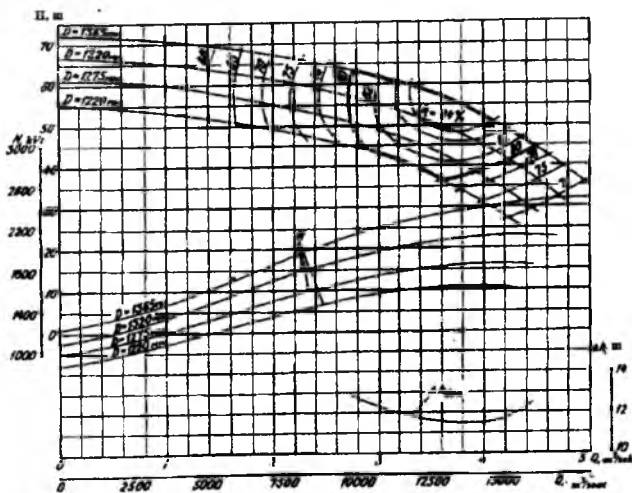
Qayta hisoblash formulalarida nasosning FIK qiymatlari keltirilmagan. Buning asosiy sababi FIK ni aniq modellashtirish murakkab masala hisoblanadi, shu sababli FIK ni qayta hisoblash formulalari bo‘yicha taxminiy natijalarni olish mumkin.

#### **4.4.6. Nasoslarda kavitatsiya hodisasi va ularning chegaralangan so‘rsh balandligini aniqlash**

Suyuqlik oqimida ko‘p sonli havo pufakchalarining paydo bo‘lishi natijasida oqim tizimining, butunligining o‘zgarishi *kavitatsiya hodisasi* deyiladi. Havo pufakchalari asosan nasosda suyuqlik oqish yo‘lining bosimi pufakchalar ichki bosimidan kam bo‘lgan joylarda paydo bo‘ladi. Bunday joylar, asosan so‘rsh quvuri, ishchi g‘ildirakning, parraklarning kirish qismidan iborat. Pufakchalarning ichki bosimining tashqi bosimdan kattaligi ularning o‘lchamlarining oshishiga olib keladi va pufakchalar bir-biri bilan qo‘shilishib kavernalar hosil qiladi. Pufakchalar va kavernalar suyuqlik bilan oqib ishchi g‘ildirak kirish qismiga yetib kelishganda, oqimning bosimi pufakchalar ichki bosimidan oshib ketadi va natijada ular bir zunda yo‘q bo‘lib, havo, gazlar kondensatsiyalanadi. Bu paytda yuqori bosimdagi oqim zarrachalari katta tezlik bilan hozirgina deyarli vakuumetrik bosimga ega bo‘lgan havo, gazlar egallagan bo‘shliqqa intiladi va bir-biri bilan urilib juda katta bosimga ega bo‘lgan mikro gidrozarbalarni yuzaga keltiradi. Natijada nasosning suyuqlik oqish qismida yoriqlar, chuqurchalar, ba‘zi hollarda qismlarning sinib ketishi kuzatiladi. Kavitatsiya hodisasi ro‘y berganda nasosning barcha ko‘rsatkichlari keskin pasayib ketadi, shovqin, titrash alomatlari paydo bo‘ladi. Bunday holda nasosni zudlik bilan to‘xtatish zarur.

Nasosning bir me‘yorda, kavitatsiyasiz ishlashi uchun suyuqlik bosimi pufakchalar ichki bosimidan katta bo‘lishi kerak. Kavitatsiya eng ko‘p ro‘y beradigan joy ishchi g‘ildirakning kirish qismi hisoblanadi. Shu sababli ushbu joyda kavitatsiyaning ro‘y berishi sharoitini tahlil qilamiz, buning aynan shu kesimdagi bosimni Bernulli tenglamasi orqali aniqlaymiz (4.17-rasm).

Bu xarakteristikalar nasos ishchi g'ildiragi va vali aylanishlar sonining o'zgarish qiyimatlarida olinadi. Universal xarakteristikalar nasosning barcha mavjud ish rejimlarini o'zida aks ettirishi mumkin. Universal xarakteristikalar nasos ishchi g'ildiragi va vali aylanishlar sonining bir nechta qiyimatlaridagi grafiklarni aks ettirishi mumkin (4.19-rasm).



4.19-rasm. Vertikal markazdan qochma 1000V – 4/53 markali nasosning universal xarakteristikasi ( $\Delta h_{\text{dop}}$  – kavitatsiya zaxirasi chizig'i)

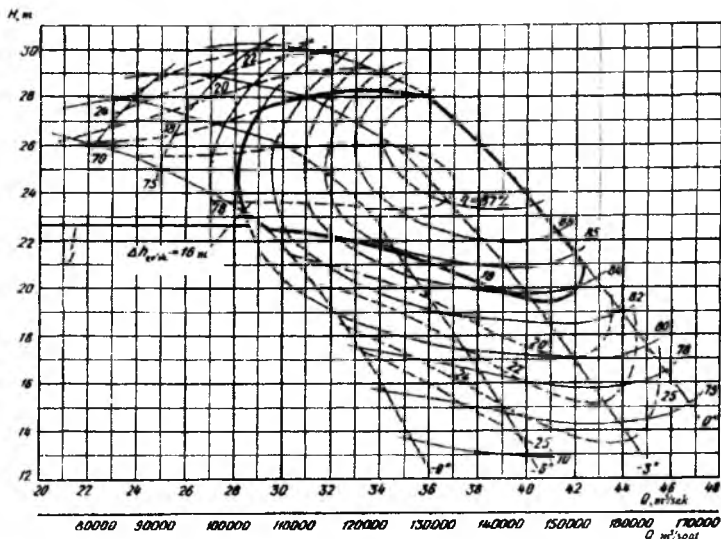
O'qiy nasoslarning universal xarakteristikalarida parraklarning burilish burchaklariga (masalan  $\varphi = 0^\circ, -3^\circ, -6^\circ, -9^\circ$ ) mos keluvchi grafiklar ham beriladi (4.20-rasm).

Xarakteristikalarda nasos uchun qulay bo'lgan optimal ish zonalari ajratib ko'rsatiladi (yuqoridagi xarakteristikalarda qalin chiziq bilan ko'rsatilgan), bu zonalarda nasos yuqori FIK qiyimatlariga ega bo'ladi.

**Nasosning ishchi nuqtasi.** Nasosning napor xarakteristikasi  $H - Q$  bilan quvurlar tizimining xarakteristikasi  $H_q - Q$  kesishgan nuqta nasosning ishchi nuqtasi  $A$  deyiladi (4.18-rasm).

Quvurlar tizimining xarakteristikasi  $H_q - Q$   $H_q = N^8 + \sum \Delta h_q$  bog'lanish asosida quriladi. Demak, nasos ish unumdorligining

mavjud barcha qiymatlarida quvurlar tizimidagi napor yo‘qolish qiymatining yigindisi  $\sum \Delta h_q$  hisoblanadi va geometrik suv haydash balandligining  $N^B$  o‘zgarmas qiymatiga qo‘shiladi.  $\sum \Delta h_q$  qiymatlarini aniqlash  $\sum \Delta h_q = k \cdot Q^2$  formulasi orqali bajariladi. Bunda  $k$  quvurlar tizimining o‘zgarmas qarshilik koeffitsiyenti. Formuladan ko‘rinib turibdiki,  $H_q - Q$  grafigi o‘svuchi grafik, chunki  $Q$  ning qiymatlari oshishi bilan  $\sum \Delta h_q$  qiymatlari ham oshib boradi.



4.20-rasm. OPV10 – 260 vertikal o‘qiy nasos universal xarakteristikasi ( $\Delta h_{qo'sh}$  – kavitatsiya zaxirasi chizig‘i)

Nasos ishchi nuqtasi  $\eta - Q$  grafigidagi eng yuqori cho‘qqiga mos kelsa bunday nuqta *optimal ishchi nuqta* deb ataladi.

### Nazorat savollari

1. Ishchi g‘ildirakning oqim harakatiga ta’siri darajasi nimalarga bog‘liq?
2. Potensial energiyaning oshishida ishchi g‘ildirakda qanday tezliklar o‘zgaradi?

3. Ishchi g'ildirakdagi oqimning aylanma tezligi nimalarga bog'liq?
4. Nasoslarni modelallashtirishning asosiy maqsadi nima?
5. Modelallashtirishning asosiy mezonlarini aytib bering.
6. Ishchi g'ildirak diametri qisqartirilganda uning parametrlarining o'zgarishi qanday aniqlanadi?
7. Nasoslarda kavitatsiya qanday yuzaga keladi?
8. Nasoslarning chegaralangan so'rish balandligi qanday aniqlanadi?
9. Nasoslarning xarakteristikalari deb nimalarga aytiladi?
10. Nasos ishchi nuqtasi qanday topiladi?

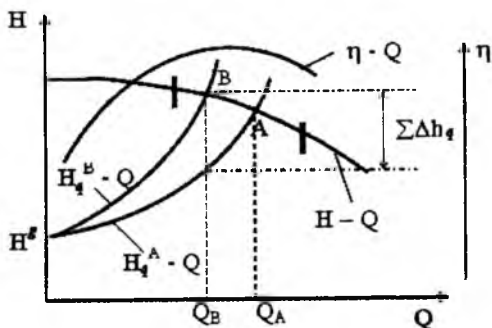
#### 4.4.8. Nasos ish rejimini rostlash usullari

Nasosning nap'or xarakteristikasini yoki quvurlar tizimining xarakteristikasini sun'iy ravishda o'zgartirish yo'li bilan nasos ish rejimini talab qilingan ko'rsatkichlarga moslash *nasos ish rejimini rostlash* deb ataladi.

Nasos ish rejimini rostlashga bo'lgan zaruratning asosiy sababi shundan iboratki, haydab berilayotgan suyuqlik miqdori vaqt mobaynida tez-tez o'zgarib turadi, shuning uchun tizimning moddiy va energetik balansini saqlash maqsadida nasosning asosiy ko'rsatkichlarini talabga mos keladigan qiymatlarga keltirish kerak.

Nasos ish rejimini rostlashning quyidagi usullari bor:

**Drossellash usuli.** Bu usul keng tarqalgan usullardan bo'lib, asosan markazdan qochma nasoslarda qo'llaniladi. Drossellashning mohiyati shundan iboratki, bosim quvuriga o'rnatilgan qulfak (zadvijka) yordamida haydab berilayotgan suyuqlik sarfini qulfak ochilish darajasini o'zgartirish yo'li bilan rostlash mumkin. Bunda haydab berilayotgan suyuqlik miqdori qulfak ochilish darajasiga mos ravishda ko'payadi yoki kamayadi. Bunday rostlash sodda va oson bajariladi, ortiqcha jihozlar talab qilinmaydi. Lekin drossellash usuli tejimli emas, chunki dvigatel energiyasining bir qismi qulfakdagi qarshiliklarni yengishga sarflanadi. Buni 4.21-rasmdagi grafikdan ko'rish mumkin. Bosim quvurida qo'shimcha qarshilik  $\sum \Delta h_q$  paydo bo'lganligi uchun quvurlar tizimi xarakteristikasi  $H_q^B - Q$  yanada balandroq ko'tariladi, rejim (ishchi) nuqtasi o'zgaradi (B nuqta) va nasos ish unumdorligi  $Q_A$  dan  $Q_B$  gacha kamayadi.



4.21-rasm. Nasosning ish rejimini drosellash usuli bilan rostlash grafigi

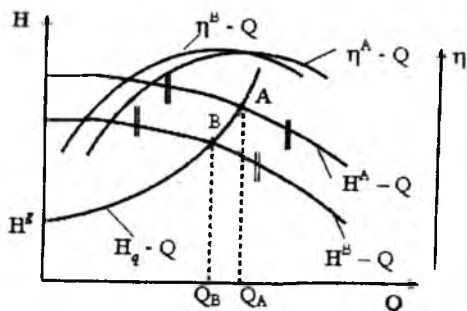
**Nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostlash.** Bu usul energiya sarfi jihatidan eng tejimli usullardan hisoblanadi. Nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish uning napor xarakteristikasining  $H - Q$  proporsionallik qonuniyati asosida o'zgarishiga olib keladi (4.22-rasm).

Talab qilingan  $Q_B$  suv miqdorini berish uchun nasos vali aylanishlar soni  $n_a$  dan gacha kamaytiriladi, bunda nasosning napor xarakteristikasi  $H^A - Q$  dan  $N^B - Q$ , FIK-xarakteristikasi  $\eta^A - Q$  dan  $\eta^B - Q$  ko'rinishga keladi va ishchi nuqta A dan B ga o'zgaradi. Nasos vali aylanishlar sonini oshirganda ham xuddi shunday vaziyat yuzaga keladi, lekin bunda yangi  $N^B - Q$  xarakteristika  $H^A - Q$  ga qaraganda yuqorida joylashadi. Nasosning suv oqish trakti, ishchi g'ildirak geometriyasi ma'lum suv miqdoriga mo'ljallanganligi uchun nasos vali aylanishlar sonini 15 – 20 % dan oshirish tavsiya qilinmaydi.

Valning aylanishlar sonini o'zgartirishning quyidagi usullari mavjud: o'zgaruvchan aylanishlar soniga ega bo'lgan elektr dvigateldan foydalanish, gidravlik, elektrmagnit sirg'anuvchi muftalarni qo'llash, fazali rotorning zanjiriga qarshilik kiritish (reostat), dvigatel zanjiriga berayotgan kuchlanishning chastotasini o'zgartirish.

Shulardan keyingi paytda ko'proq qo'llanilayotgan usul kuchlanish chastotasini o'zgartirish usulidir. Buning asosiy sababi tokning chastotasini o'zgartirish dvigatelning energetik va mexanik ko'rsatkichlarini samarali ravishda boshqarish imkonini beradi.





4.22-rasm. Nasosning ish rejimini nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostdlash grafigi

Nasos ish rejimini o'zgartirishning bulardan tashqari bosim quvuridan so'rish quvuriga ma'lum miqdordagi suvni tashlash usuli, so'rish quvuriga havo kiritish usuli, ishchi g'ildirakni yo'nish usuli va boshqalar mavjud. Lekin bu usullar qo'llash diapazoni cheklanganligi, nasos FIK ga salbiy ta'sir ko'rsatganligi uchun keng qo'llanilmaydi.

O'qiy nasoslarda ish rejimini rostdlash uchun buriluvchi parraklardan foydalaniladi. Parraklarning burilish burchaklariga mos keluvchi napor xarakteristikalarini nasoslarning universal xarakteristikalarida (4.20-rasm) beriladi.

#### 4.4.9. Nasoslarning birgalikdagi ishi

Nasoslarning ishlash jarayonida shunday holat yuzaga kelishi mumkinki, bir yoki bir nechta nasosning alohida ishlashi ularning bir tizimda birgalikda ishlashiga qaraganda kam samara berishi mumkin. Shunday hollarda nasoslarning birgalikda ishidan foydalaniladi. Nasoslar birgalikda parallel yoki ketma-ket ishlashi mumkin.

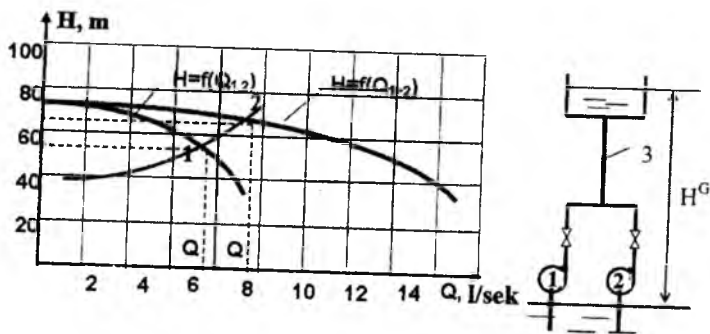
**Nasoslarning parallel ishi.** Agar bir nechta nasos bir vaqtda umumiy bosim quvuriga suyuqlik haydab bersa, ularning bunday ishi *parallel ish* deb ataladi. Nasoslarni parallel ulashdan asosiy maqsad bosim quvuriga sarf bo'ladigan xarajatlarni kamaytirishdir, chunki umumiy bosim quvuri qurilishiga sarf bo'ladigan xarajatlar har bir nasos bosim quvurlariga sarf bo'ladigan xarajatlar yigindisidan ancha kam bo'ladi.

Nasoslarning parallel ishlashi uchun quyidagi talablarni bajarish zarur:

- a) nasoslar markasi bir xil yoki napor va ish unumdorligi qiymatlari bir-biridan kam farq qilishi kerak;
- b) umumiy bosim quvurining optimal diametri texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanishi kerak;
- d) bitta bosim quvuriga uchtadan ortiq nasoslarni ulash maqsadga muvofiq emas.

Parallel ishlayotgan ikkita bir xil nasosning umumiy napor xarakteristikasini  $H=f(Q_{1+2})$  qurish uchun quyidagi qoidalarga amal qilish zarur (4.23-rasm):

$N$  ning qiymatlariga mos keluvchi  $Q_{1,2}$  qiymatlar ikkiga ko'paytirilib  $Q_{um} = 2Q_{1,2}$  qiymati topiladi va bu qiymatga hamda  $N$  ga mos keluvchi koordinata nuqtasi topiladi va xuddi shu tartibda qolgan nuqtalar ham topilib, ular egri chiziq bilan birlashtiriladi. Napor xarakteristikalari har xil bo'lgan nasoslarning umumiy napor xarakteristikasini  $H=f(Q_{1+2})$  qurish uchun ikkala nasos uchun ham  $N = const$  bo'lgan qiymatlarida  $Q_{um} = Q_1 + Q_2$  qiymatlari topiladi. 4.23-rasmda 1 – nuqta bitta nasosning ishchi nuqtasi, 2 – nuqta ikkala nasosning parallel ishidagi ishchi nuqtasi hisoblanadi, bunda  $Q_1$  – bitta nasosning ish unumdorligi,  $Q_2 = Q_{um}$  ikkala nasosning umumiy ish unumdorligi.



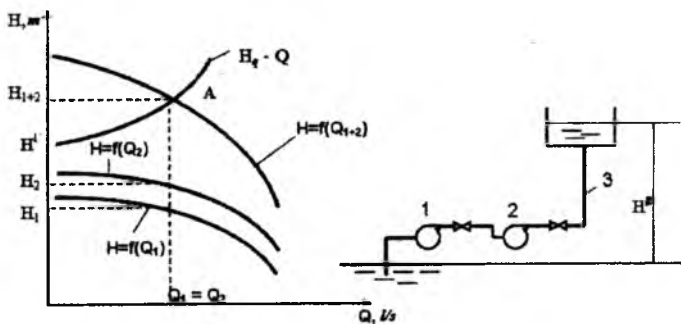
4.23-rasm. Nasoslarning parallel ishlashi grafigi va sxemasi: (sxemada – 1, 2 – nasoslar, 3 – umumiy bosim quvuri).

**Nasoslarning ketma-ket ishi.** Birinchi nasos manбайдan olingan suyuqlikni ikkinchi nasosning so'rish quvuriga yetkazib bersa, ikkinchi nasos uchinchi nasos so'rish quvuriga va hokazo, oxirgi nasos

suyuqlikni umumiy bosim quvuriga haydab bersa nasoslarning bunday ishi ularning *ketma-ket ishlashi* deyiladi.

Uzoq masofalarga yoki katta balandlikka suyuqlikni yetkazib berishda bitta nasosning nabori yetarli bo'lmaydi, shunday hollarda nasoslar ketma-ket ulanadi. Demak ushbu tizimni qo'llashdan asosiy maqsad nasos qurilmasining umumiy naborini oshirishdir, bunda ma'lumki qurilmaning ish unumdorligi o'zgarmaydi, ya'ni  $Q_1 = Q_2$  (4.24-rasm). Grafikdan ko'rinib turibdiki, talab qilinayotgan geometrik balandlik  $H^G$  ikkala nasosning ham naboridan ( $H_1, H_2$ ) katta. Ketma-ket ishlayotgan ikki nasosning umumiy napor xarakteristikasini qurish uchun  $Q_1 = Q_2$  ga mos keluvchi napor qiymatlari qo'shiladi, ya'ni  $H_{1+2} = H_1 + H_2$ .  $Q$  ning qolgan qiymatlari uchun ham xuddi shuningdek  $H_{1+2}$  ning boshqa qiymatlari topilib, olingan nuqtalar egri chiziq bilan birlashtiriladi va umumiy napor xarakteristikasi quriladi  $H=f(Q_{1+2})$ . Ushbu xarakteristikaning quvurlar tizimi xarakteristikasi  $H_q - Q$  bilan kesishgan nuqtasi ketma-ket ishlayotgan nasoslar ishchi nuqtasi deyiladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, ketma-ket ishlaydigan nasoslar qurilmasida nasoslar soni ikkitadan ortiq bo'lishi maqsadga muvofiq emas, chunki nasoslarni ketma-ket ulashda ularning FIK pasayadi, ba'zi qismlar orasidan suyuqlik sizib chiqish xavfi oshadi, nasosning mahkamlik darajasiga putur yetishi mumkin. Nasoslarni tanlashda iloji boricha bir xil nasoslarni tanlash kerak yoki ularning ish unumdorligi va nabori qiymatlari bir-biriga yaqin bo'lishi kerak.



**4.24-rasm.** Nasoslarning ketma-ket ishlashi grafigi va sxemasi: (sxemada - 1, 2 - nasoslar, 3 umumiy bosim quvuri).

## 4.5. Nasoslarning boshqa turlari

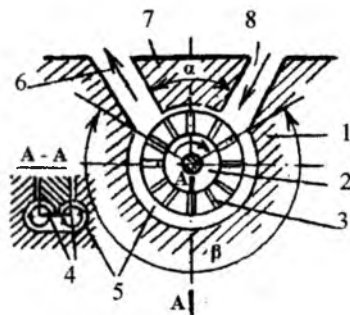
### 4.5.1. Uyurmaviy nasoslar

4.25-rasmda uyurmaviy nasosning sxemasi ko'rsatilgan. Qo'zg'almas korpus 1 ning ichida ish g'ildiragi 2 joylashgan, uning gardishida ikki qator kalta radial parraklari 3 bor. G'ildirakning ikkala tomonida joylashgan bu ikki qo'shni parraklar bir-biri bilan bo'shliqlar 4 hosil qiladi. G'ildirak 2 bilan korpus 1 orasida halqa shaklidagi oraliq 5 bo'lib, unga so'rish quvuri 8 orqali suyuqlik beriladi va bu suyuqlik oraliqni 5 va g'ildirakdagi bo'shliqni 4 to'ldiradi.

Ish g'ildiragi 2 aylanganida bo'shliq 4 va oraliq 5 dagi suyuqlik parraklar bilan aylanadi va markazdan qochuvchi kuch ta'sirida bo'shliqlarda buralib,  $A-A$  kesimda aylanma strelkalar bilan ko'rsatilganidek uyurma hosil qiladi. Shunday qilib, halqa shaklidagi oraliqda o'ziga xos juft aylanma uyurmali harakat yuzaga keladi, shu sababli nasos shunday nom olgan. Bunda suyuqlik zarrachalari vintsimon harakatda bo'lib, har bir parraklararo bo'shliqqa kirganda parraklardan qo'shimcha energiya oladi.

Shu sababli uyurmaviy nasoslar markazdan qochma nasoslarga qaraganda 2 – 4 baravar bosim hosil qilishi mumkin. So'rish va bosim quvurlari o'rtasida suyuqlikning so'rish quvuri tomoniga o'tishiga imkon bermaydigan juda kichik zazorli kuprikcha 7 bor.

Uyurmaviy nasosning afzalliklaridan yana biri ishga tushirishdan oldin uni suyuqlik bilan to'ldirish shart emas, chunki nasosning o'zi so'rish qobiliyatiga ega.



4.25-rasm. Uyurmaviy nasos sxemasi:

- 1 – korpus;
- 2 – ishchi g'ildirak;
- 3 – parraklar;
- 4 – bo'shliq;
- 5 – oraliq;
- 6 – bosim quvuri.
- 7 – ko'priqcha;
- 8 – so'rish quvuri.

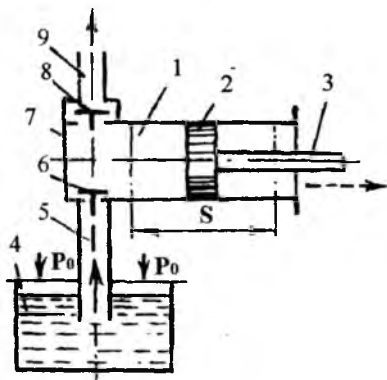
Bu nasosning kamchiliklari sifatida FIK ning pastligi (0,25 – 0,5) va loyqa, qumli suyuqliklarni haydab berishda tezda ishdan chiqishini ko'rsatsa bo'ladi.

Uyurmaviy nasoslar 1 – 40 m<sup>3</sup>/soat ish unumdorligiga, 15 – 90 metr napor qiymatlariga ega bo'lishi mumkin.

#### 4.5.2. Porshenli nasoslar

Porshenli nasoslar bilan har qanday qovushqoqlikdagi suyuqliklarni haydash mumkin. Porshenli nasoslardan oz miqdordagi suyuqliklarni yuqori bosimda haydashda va suyuqlik sarfi o'zgarmas bo'lib, bosim keskin o'zgaradigan hollarda foydalanish qulay.

Porshen 1, silindr 2, shtok 3, ishchi kamera 7, so'rish 6 va haydash 8 klapanlari porshenli nasosning asosiy qismlari hisoblanadi (4.26-rasm).



4.26-rasm. Porshenli nasos sxemasi

Shtok 3 vositasida krivoshipli mexanizm bilan birlashtirilgan porshen 2 silindr 1 ning ichida olga - orqaga harakat qiladi. Porshen bilan silindr orasidan suyuqlik sizib chiqmasligi uchun porshenning yon sirtiga metall yoki rezinadan ishlangan zichlash halqalari o'rnatiladi, ular silindrning ichki devoriga zich yopishib turadi. Silindrda porshenning bir turish nuqtasidan ikkinchi turish nuqtasigacha siljish masofasi *S* porshen yo'lining uzunligi deyiladi.

So'rish quvuri 5 so'rish klapani 6 orqali pastki rezervuar 4 bilan, haydash quvuri 9 esa haydash klapani 8 orqali yuqori rezervuar bilan tutashtirilgan.

Oddiy porshenli nasos quyidagi prinsipda harakatlanadi: Nasos porsheni so‘rish jarayonida o‘ngga (orqaga) tomon harakat qiladi. Bunda ishchi kamerada bosim kamayib atmosfera bosimidan kichik bo‘lib qoladi. Pastki rezervuardagi suyuqlikning erkin sirti atmosfera bosimi ta’siri ostida bo‘lganligi (bu bosim kameradagi bosimdan katta) uchun suyuqlik rezervuardan so‘rish quvuri bo‘ylab silindrga ko‘tariladi va so‘rish klapanini ochib nasosning ishchi kamerasini to‘ldiradi.

Porshenning o‘ngdan chapga (olg‘a) tomon teskari harakatida kamerada bosim keskin oshib ketadi, bu esa so‘rish klapanining yopilishiga va haydash klapanining ochilishiga olib keladi. Natijada ishchi kameradagi suyuqlik haydash klapani orqali haydash quvuriga siqib chiqariladi.

Porshenli nasoslarning ish unumdorligi  $0,01 - 250 \text{ m}^3/\text{soat}$ , napori  $0,25 - 250 \text{ MPa}$  gacha bo‘lishi mumkin.

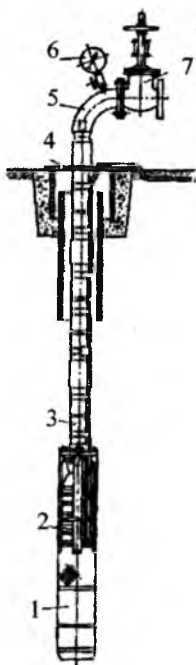
### 4.5.3. Quduq nasoslari

Quduqlardan suyuqlik ko‘tarishga mo‘ljallangan nasoslarning eng ko‘p tarqalgani cho‘kma ESV markali nasoslardir (4.27-rasm).

Bu nasoslar ish unumdorligi  $0,63 - 1200 \text{ m}^3/\text{soat}$ , napori  $12 - 680$  metrgacha qiymatlarga ega bo‘lib, diametri  $100 - 486 \text{ mm}$  gacha bo‘lgan quduqlarga o‘rnatilishi mumkin. Respublikamizda «Suv mash» zavodi bunday nasoslarning  $16 - 255 \text{ m}^3/\text{soat}$  ish unumdorligi,  $30 - 160$  metr napor qiymatlariga ega bo‘lgan va  $200, 250, 300 \text{ mm}$  diametrli quduqlarga o‘rnatiladigan rusumlarini ishlab chiqarmoqda. Cho‘kma nasoslar markazdan qochma nasoslar bo‘lib, ularda yuqori bosim ishchi g‘ildiraklarni ketma-ket o‘rnatish hisobiga hosil qilinadi. Shu sababli bu nasoslarda ishchi g‘ildiraklar soni o‘ndan ham oshishi mumkin. Nasosning elektrodvigateli quduq tubiga, qurilmaning eng pastki qisimga joylashtiriladi. Aksariyat hollarda elektr dvigatel cho‘lg‘ami mahkam suv o‘tkazmaydigan polietilen izolyatsiyada bo‘lib, u uzoq vaqt suvda ishlashi mumkin. Ba’zi hollarda dvigatel statori suv kirishidan himoyalangan silindr ichida joylashadi va u maxsus moy bilan to‘ldiriladi.

Cho‘kma nasoslar quyidagicha markalanadi, masalan ESV  $12 - 255 - 30$ , bunda, E – elektrli, S – markazdan qochma (центробежный), V –

suvga mo'ljallangan (водяной), 12 – quduqning 25 marta kichraytirilgan diametri, mm, 255 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/soat, 30 – nabori, m.



4.27-rasm. ESV markali quduq nasos sxemasi:

- 1 – elektr dvigatel;
- 2 – nasos;
- 3 – bosim quvuri;
- 4 – tayanch plitasi;
- 5 – tirsak;
- 6 – manometr;
- 7 – qulfak.

### Nazorat savollari

1. Nasos ish rejimini rostdashning qanday usullari bor?
2. Nima uchun drossellash usuli tejamsiz hisoblanadi?
3. Quvurlar tizimi nabor xarakteristikasi qachon o'zgaradi?
4. Nasos valining aylanishlar sonini qanday o'zgartirish mumkin?
5. Qanday ish nasoslarning birgalikdagi ishi deyiladi?
6. Nasoslarning parallel ishiga zarurat qachon tug'iladi?
7. Nasoslar ketma-ket ulanganda qanday talablarni bajarish zarur?
8. Uyurmaviy nasoslar qanday tamoyilga asosan ishlaydi?
9. Porshenli nasoslar qanday nasoslar turkumiga kiradi?
10. Quduq nasoslarning turlari va markalanishiga misol keltiring.

## 4.6. Nasos stansiyalarida nasoslarni tanlash

Nasos stansiyalarda texnologik jarayonni amalga oshirishni, ya'ni qo'yilgan talabga monand ravishda suv yetkazib berishni asosiy jihozlar bajaradi.

Asosiy jihozlar tarkibiga iste'molchiga suv yetkazib beruvchi nasoslar va ularni harakatga keltiradigan elektr dvigatellar kiradi.

Nasos stansiyasining asosiy jihozlari texnik-iqtisodiy hisoblar asosida stansiyaning suv berish unumdorligi va hisobiy naporiga bog'liq ravishda aniqlanadi.

### 4.6.1 Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash

Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini iste'molchi tomonidan qo'yiladigan talab va suv hajmiga qarab aniqlanadi.

Agar nasos stansiyasi ochiq sug'orish sistemasiga xizmat qilsa, unda uning suv berish unumdorligi ixchamlashtirilib keltirilgan gidromodul qiymatiga bog'liq ravishda aniqlanadi, ya'ni:

$$Q_i = \frac{\omega \cdot q_{ki}}{100 \eta_s}; \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.45)$$

Bunda,  $\omega$  - sug'orish maydoni (netto), ga

$q_{ki}$  - ixchamlashtirib keltirilgan gidromodul, l/sek, ga

$\eta_s$  - sug'orish sistemasi foydali ish koeffitsiyenti

$i$  - sug'orish davrlari.

Yuqoridagi formula asosida suv iste'mol qiymati hisoblab chiqilib, suv iste'mol grafigi quriladi.

Nasos stansiyasi suv berish unumdorligining hisobiy qiymatiga suv iste'moli grafigining maksimal ordinatasi mos keladi, oshirilgan suv berish qiymati undan 10–30% miqdorda ko'p bo'ladi.

Agar nasos stansiyasi yomg'irli sug'oradigan mashinalarga suv bersa, unda uning suv berish unumdorligi bitta mashina sarf qiladigan suv miqdoriga va bir vaqtda ishlaydigan mashinalar soniga bog'liq ravishda aniqlandi.

$$Q_i = q_m \cdot n, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.46)$$



Bunda,  $q_m$  – yomg'irlatib sug'oruvchi mashinaning suv sarfi,  $m^3/s$   
 $n$  – bir vaqtda ishlaydigan mashinalar soni  
 $i$  – sug'orish davrlari.

Nasos stansiyasining davrlarga mos keluvchi suv berish unumdorligi qiymatlari nasoslar markasi va sonini aniqlash uchun asos bo'ladi.

#### 4.6.2. Nasoslar sonini aniqlash

Nasos stansiyasidagi nasoslar soni odatda suv iste'moli ehtiyojlarini to'la qondirishga imkon beradigan va eng yaxshi iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega bo'lgan variantni texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlash asosida aniqlanadi.

Agar suv iste'moli grafigi teng pog'onali grafik bo'lsa, unda nasoslar sonini quyidagi formula bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir:

$$n = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad (4.47)$$

$Q_{max}$  va  $Q_{min}$  – suv iste'moli grafigining maksimal va minimal suv sarflari qiymati. Bunda bitta nasosning suv berish unumdorligi  $Q_n \approx Q_{min}$  bo'ladi.

Lekin bu holda  $Q_{ns} = n \cdot Q_n$  bo'lishini tekshirib ko'rish lozim. Chunki agar bir nechta nasos bitta umumiy bosim quvuriga suv yetkazib bersa, unda  $Q_{ns} < Q_n \cdot n$  bo'ladi, bunda  $n$  – umumiy bosim quvuriga suv beradigan nasoslar soni.

Agar suv iste'moli grafigi notekis pog'onali, ya'ni qiymatlari bir-biridan nosimmetrik ravishda farq qilsa, yuqorida keltirilgan usul bilan nasoslar sonini aniqlab bo'lmaydi.

Bunday hollarda nasoslar sonini ko'paytirish yoki har xil suv berish unumdorligiga ega bo'lgan nasoslarni tanlash yaxshi natija berishi mumkin.

Bunda,  $Q_n \approx 1/2 Q_{min}$  yoki  $n_1 Q_n^I + n_2 Q_n^{II} = Q_{NS}$

$Q_n^I, Q_n^{II}$  – har xil suv berish unumdorligiga ega bo'lgan nasoslar.

$n_1, n_2$  – mos nasoslar soni.

Lekin bunday hollarda shunga e'tibor berish lozimki, stansiyadagi nasoslar soni belgilangan miqdordan oshmasligi kerak. Masalan, nasos stansiyalarida asosiy nasoslardan tashqari zaxira nasoslari ham

oʻrnatiladi. Bu nasoslarning vazifasi ishdan chiqqan asosiy nasoslarni almashtirish, vegetatsiya davrida baʼzan yuzaga keladigan oshirilgan suv sarflari qiymatlarini taʼminlashdan iboratdir.

Sugʻorish sistemasidagi nasos stansiyalar uchun zaxira nasoslari soni har 1–8 ta nasos uchun 1 ta, baʼzi ichimlik va texnik suv taʼmini nasos stansiyalarida har 2 – 3 nasosga 1 tadan qabul qilinadi.

### 4.6.3. Nasoslar markasini aniqlash

Nasoslar markasini nasoslar soni va suv berish unumdorligini hisoblash bilan birgalikda bir nechta variantlarni taqqoslash yoʻli bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir.

Nasoslarning ekspluatatsiya davrida buzilmasdan ishlashi muhim ahamiyatga egaligi, hamda ularning yirik energiya isteʼmolchilari ekanligi nasoslarni tanlashda aniqlovchi faktorlar hisoblanadi. Shu sababdan tanlanadigan nasoslar mustahkam ekspluatatsiya koʻrsatkichlariga ega boʻlishi va energiyani mumkin qadar kam isteʼmol qilishi lozim.

Shunday nasoslar markasi texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadi. Bu hisoblarda taqqoslanayotgan nasoslarni oʻrnatish, quvurlarni, elektr jihozlarni joylashtirish stansiya binosini qurishga sarf boʻladigan kapital xarajatlar va yillik ekspluatatsiya xarajatlari yigʻindisining keltirilgan qiymatlari koʻrib chiqiladi.

Bu qiymatlar minimumi boʻyicha eng iqtisodiy qulay variant aniqlanadi.

Nasoslar markasi maxsus yigʻma grafiklar yordamida hisoblangan koʻrsatkichlar  $N$  va  $Q_N$  boʻyicha topiladi.  $N$  va  $Q_N$  qiymatlari albatta nasoslar ishchi zonasiga toʻgʻri kelishi va yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega boʻlishi lozim.

### 4.7. Nasoslar uchun elektr dvigatel tanlash

Nasoslarni harakatga keltirish uchun baʼzi hollarda ichki yonuv dvigatellari qoʻllansada, oʻzining ixchamligi, ishonchlilik va iqtisodiy jihatdan qulayligi tufayli elektr dvigatellari deyarli barcha nasos stansiyalarda foydalaniladi. Baʼzi bir yirik nasos agregatlardan tashqari, barcha nasoslar elektr dvigatel bilan birgalikda ishlab chiqariladi.

Agar birgalikda chiqarilgan nasoslar oʻrnatish talablarga javob bermasa yoki nasos koʻrsatkichlarni biroz oʻzgartirishga toʻgʻri kelsa,

yangi elektr dvigatel tanlanadi. Yangi elektr dvigatel aylanishlar soni nasos aylanishlar soniga to'g'ri kelishi zarur. Uning quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_{dv} = N_N \cdot K_3, \quad \text{kVt} \quad (4.48)$$

$N_N$  – nasos quvvati, kVt;

$K_3$  – qo'shimcha quvvat uchun koeffitsiyenti,  $K_3 = 1,05-1,15$ .

Elektr dvigatellarni tanlashda quyidagi tavsiyalarga e'tibor qilish kerak:

– quvvati 200 kVt gacha bo'lgan nasoslar uchun past voltli asinxron elektr dvigatellar tanlash kerak;

– quvvati 250 kVt dan oshgan nasoslar uchun yuqori voltli elektr dvigatellar tanlash zarur;

– quvvati 400 kVt dan oshgan nasoslar uchun sinxron elektr dvigatellar qo'llash kerak;

– kataloglarda elektr dvigatellar quvvati  $35^{\circ}\text{C}$  uchun beriladi, agar temperatura bu qiymatdan oshsa, unda dvigatel quvvatini quyidagi formulaga asosan hisoblash zarur:

$$N_{dv} = N_{kat} \cdot K_t, \quad \text{kVt} \quad (4.49)$$

$N_{kat}$  – elektr dvigatelning katalogda berilgan quvvati, kVt

$K_T = 0,95/0,95$                        $t = 40^{\circ}\text{C}$  bo'lsa,

$K_T = 0,90/0,875$                      $t = 45^{\circ}\text{C}$  bo'lsa,

$K_T = 0,85/0,75$                       $t = 50^{\circ}\text{C}$  bo'lsa.

$K_T$  ning mahrajda berilgan qiymatlari sinxron elektrdvigatellar uchun ko'rsatilgan.

Nasos stansiyalarda o'rnatiladigan elektr dvigatellar ikki turga: asinxron va sinxron elektr dvigatellarga bo'linadi. Asinxron elektr dvigatellarda rotor aylanish chastotasi aylanayotgan magnit maydoni chastotasidan ozroq farq qiladi, shu sababli bu elektr dvigatellar asinxron elektr dvigatellar deyiladi. Qulayligi, arzonligi jihatidan bu elektr dvigatellar kichik va o'rta nasos stansiyalarning deyarli barchasida keng qo'llanilmoqda.

Sinxron elektr dvigatellar o'zgartirilmagan aylanish chastotasi bilan ishlaydi. Bu elektr dvigatellar asinxron elektr dvigatellarga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega:

– sinxron elektrdvigatel bir va undan ham ortiqroq bo‘lgan quvvat koeffitsiyenti ( $\cos\varphi$ ) bilan ishlashi mumkin, bu esa elektr energiyasini tejash imkonini beradi, dvigatel FIK ni oshiradi;

– tarmoqdagi kuchlanishning tebranishi sinxron elektr dvigatel ishiga kam ta‘sir qiladi.

Sinxron elektr dvigatellarning asosiy kamchiligi ularni ishga tushirishda maxsus uyg‘otuvchi moslamaning zarurligidir. Bu elektr dvigatellarning aylanish chastotasi quyidagiga asoslangan bo‘lishi kerak:

$$n = 3000/p, \quad (4.50)$$

$p$  – qutblar soni

## 4.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari

### 4.8.1. Mexanik jihozlar

Nasos stansiyasining mexanik jihozlariga suv darvozalari qul-faklari, oqiziq tutuvchi panjaralar, panjara tozalovchi mashinalar, ko‘tarish - tashish mexanizmlari va boshqalar kiradi.

Suv darvozalari asosan suv qabul qilish va suv chiqarish inshootlarida o‘rnatiladi.

Suv darvozalari asosiy, ta‘mirlash, avariya darvoza turlariga bo‘linadi.

Oqiziq tutuvchi panjaralar asosan suv qabul qilish inshootlariga gorizontga nisbatan  $70^{\circ} - 80^{\circ}$  burchak ostida o‘rnatiladi. Bo‘yi 2,5 m gacha bo‘lgan panjaralar qo‘l bilan, balandligi 2,5 m dan oshgan va vertikal holdagi panjaralar mashina yordamida tozalanadi.

Panjara sterjenlari orasidagi masofani o‘qiy nasoslar uchun 35–150 mm oraliqda  $v=0,05 \cdot D_{ig}$  formulasi bilan aniqlanadi. Markazdan qochma nasoslar uchun 30–100 mm oraliqda  $v=0,03 \cdot D_{ig}$  formulasi bilan aniqlanadi:  $D_{ig}$  – nasos ishchi g‘ildiragi diametri, mm.

Qo‘l bilan tozalanadigan panjaralarda sterjenlar orasidagi masofa 60 mm dan oshmasligi kerak.

Ko‘tarish – tashish mexanizmlari o‘rnatiladigan yuk og‘irligi va bino o‘lchamlariga bog‘liq holda aniqlanadi. Nasos stansiya binosi ichida nasoslarni va elektr dvigatellarni o‘rnatish uchun ko‘tarish –

tashish jihozlari o'rnatiladi. Agar yuk og'irligi 1 tonnagacha bo'lsa balkaga o'rnatilgan tal qo'llaniladi.

Yuk og'irligi 1 – 5 tonna bo'lsa osma kran qo'llaniladi.

Agar yuk og'irligi 5 – 50 tonna bo'lsa ko'prik kranlar qo'llaniladi.

Mexanizmning yuk ko'tarish quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$G_{kr} \geq (G_N, G_{dv}) + 0,1(G_N, G_{dv}) \quad (4.51)$$

Formulaga ko'ra nasos yoki elektr dvigatellardan qaysi biri og'ir bo'lsa, shuning og'irligi bo'yicha mexanizm yuk ko'tarish quvvati aniqlanadi.

#### 4.8.2 Vakuum-sistemalar

Pastki byefdagi suv sathi nasosga nisbatan pastda joylashgan bo'lsa, ularni suv bilan to'ldirish vakuum sistema, ejektorlar, ko'tarilgan so'rish quvurlari yordamida amalga oshiriladi. Agar nasoslar soni ko'p bo'lsa va so'rish balandligi katta bo'lsa (4 – 6 m) vakuum sistemalar qo'llaniladi. Agar nasoslar so'rish balandligi kichik bo'lsa (2–2,5m) ularni suv bilan to'ldirish uchun suv havo ejektorlarini yoki ko'tarilgan so'rish quvurlarini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Doimo bitta yoki bir necha nasos ishlaydigan nasos stansiyalarda avto so'rish usulini qo'llash mumkin. Bu usulga ko'ra ishlayotgan nasos so'rish quvuri ishlamayotgan nasos so'rish quvuri bilan ulanadi va unda kerakli vakuum hosil qiladi.

Agar stansiyada vakuum nasos o'rnatilsa, uning suv berish unumdorligini quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$Q_B = H_a \cdot W \cdot K/T \cdot (H_a - h_S), \quad \text{m}^3/\text{min} \quad (4.52)$$

bunda,  $H_a$  – atmosfera bosimiga mos keluvchi suv napori, m,  
 $W$  – so'rish quvuri, nasos korpusi va bosim quvurining qulfakgacha bo'lgan hajmi  $\text{m}^3$ .

$K = 1,05$ – $1,1$  koeffitsiyent,

$T = 7$ – $10$  – asosiy nasoslarni ishga tushirish vaqti,

$h_S$  – nasosning geometrik so'rish balandligi, m.

Hisoblangan  $Q$  qiymati bo'yicha vakuum nasos markasini aniqlanadi.

### **4.8.3. Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta'minlash tizimlari**

Nasos stansiyalarda toza texnik suv texnologik jihozlarni sovitish va moylash uchun ishlatiladi.

Nasos agregatlarining soni, suv berish unumdorligi va quvvatiga qarab stansiyalarda markazlashgan, guruhlashgan va blokli texnik suv ta'minoti tizimlari (sistemalari) qo'llaniladi. Markazlashgan tizim o'rta va yirik nasos stansiyalarida nasoslar soni 5 tagacha bo'lgan hollarda hamda suv ichimlik suv tarmog'idan berilganda qo'llaniladi.

Guruhlashgan tizim nasoslar soni 5 dan oshganda qo'llaniladi.

Blokli tizimni har bir agregat uchun alohida holda nasoslar suv berish unumdorligi  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  dan oshganda qo'llash mumkin.

Texnik suv ta'minoti uchun K, KM va D markali markazdan qochma nasoslar qo'llaniladi. Nasoslar soni 2–3 ni tashkil qiladi.

Nasos stansiyalarda moylash va ishchi organlarda bosim hosil qilish uchun maxsus moy bilan ta'minlash tizimi o'rnatiladi. Bu tizim moy to'ldirish qurilmasi, moy taqsimlash sistemasi va moy nasoslardan iborat. Moy tishli uzatmali moy nasoslar bilan haydab beriladi.

Ba'zi bir nasos stansiyalarda siqilgan havo bilan ta'minlash tizimi o'rnatiladi. Siqilgan havo rostlash tizimlari uchun, pnevmatik asboblar uchun, jihozlarni changdan tozalash uchun, ishchi g'ildiraklar kameralaridan suvni siqib chiqarish uchun va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Siqilgan havo 0,7 MPa gacha bosim hosil qiluvchi kompressorlar yordamida beriladi.

Nasos stansiya binolarida quvurlarning o'lchangan joylaridan, qulfak, teskari klapan va boshqa texnologik jihozlardan suv sizib chiqishi mumkin. Bu suvlarni chiqarib tashlash uchun maxsus drenaj va quritish sistemasi quriladi. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binolarida yig'ilgan suv drenaj ariqchalari orqali o'z oqimi bilan pastki byefga chiqarib tashlanadi. Yer ostida joylashgan nasos stansiyalarda drenaj quduqlarida yig'ilgan suv nasoslar yordamida chiqarib tashlanadi. Quduqlar binoning eng chuqur joyiga o'rnatiladi. Uning hajmi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V = \sum q / T_k, \text{ l/s} \quad (4.53)$$

$\sum q = q_1 + q_2$  - sizib chiqqan suv miqdori, l/s,

$T_k$  - quduqning to'lish vaqti, 600–1200 s,

$q_1$  - salniklardan sizib chiqqan suv miqdori, l/s,  $q_1$  - vertikal tipdagi «0» va «V» markali nasoslar uchun katalogda ko'rsatilgan podshipniklarga moylash uchun beriladigan suv miqdoriga teng, gorizonta nasoslar uchun  $q_1 = 0,05-0,1$  l/s ga teng (har bir salnik uchun).

$q_2$  – binoning poydevori va devorlaridan, quvurlar ulangan joydan sizib chiqqan suv miqdori, l/s

$$q_2 = 1,5 + K \cdot W \quad (4.54)$$

$W$  – pastki byef maksimal suv sarfidan pastda joylashgan stansiya binosi hajmi, m.

$K$  – qurilish – montaj ishlari sifatini belgilovchi koeffitsiyent.

$K = 0,0005$  – yaxshi,  $K = 0,001$  – o'rtacha,  $K = 0,002$  – yomon.

Drenaj sistemasi uchun kamida ikkita  $K$  yoki  $D$  markali nasoslar tanlandi.

### Nazorat savollari

1. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini qanday aniqlanadi?
2. Nasoslar soni nimaga asoslanib aniqlanadi?
3. Nasoslar markasini aniqlash uchun nimalar asos bo'ladi?
4. Nasoslar uchun elektr dvigatel tanlash qanday tartibda amalga oshiriladi?
5. Asinxron va sinxron dvigatellarning farqini aytib bering.
6. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari tarkibiga nimalar kiradi?
7. Yuk ko'tarish krani qanday tartibda tanlanadi?
8. Vakuum – sistemalar nasos stansiyalarda nima maqsadlarda ishlatiladi?
9. Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta'minlash tizimlari qanday vazifalarni bajaradi?
10. Drenaj tizimi uchun nasoslar nimaga asoslanib tanlanadi?

## V. GIDROENERGETIK QURILMALAR BINOLARI

### 5.1. Gidroelekt stansiyasi binolari

GESlarning eng murakkab inshootlaridan biri uning binosidir. GES binosi unda asosiy va yordamchi jihozlarni o'rnatish uchun xizmat qiladi.

GES binolari uch xil turda bo'lishi mumkin, ya'ni *o'zanda joylashgan, to'g'onli va derivatsiyali*.

Bino turi birinchi navbatda napor hosil qilish sxemasiga va uning qiymatiga, hamda unda o'rnatiladigan jihozlar turiga bog'liqdir. Bino turlarining tavsiflari 5.1-jadvalda keltirilgan.

GES binosi ikki qismdan iborat: pastki qism va yuqori qism.

5.1-jadval

N	GES binolari turlari	Turbina turi	Napor, m	Agregatlar o'qi
1	O'zanda joylashgan H = 5 – 40 m (daryo yoki kanal o'zanida joylashgan)	Kapsulali	5 – 25	Gorizontal
		Parrakli,	5 – 40	
		Parrakli – buriluvchi,	5 – 40	
		Radial – o'qiy	30 – 40	
2	To'g'onli, H = 30 – 250 m, daryo o'zanida, suv omborida to'g'on ortida joylashadi.	Parrakli – buriluvchi	30–90	Vertikal
		Diagonal	50–170	
		Radial – o'qiy	30–250	



$$V = \sum q / T_k, \text{ l/s} \quad (4.53)$$

$\sum q = q_1 + q_2$  - sizib chiqqan suv miqdori, l/s,

$T_k$  - quduqning to'lish vaqti, 600–1200 s,

$q_1$  - salniklardan sizib chiqqan suv miqdori, l/s,  $q_1$  - vertikal tipdagi «0» va «V» markali nasoslar uchun katalogda ko'rsatilgan podshipniklarga moylash uchun beriladigan suv miqdoriga teng, gorizontl nasoslar uchun  $q_1 = 0,05\text{--}0,1$  l/s ga teng (har bir salnik uchun).

$q_2$  – binoning poydevori va devorlaridan, quvurlar ulangan joydan sizib chiqqan suv miqdori, l/s

$$q_2 = 1,5 + K \cdot W \quad (4.54)$$

$W$  – pastki byef maksimal suv sarfidan pastda joylashgan stansiya binosi hajmi, m.

$K$  – qurilish – montaj ishlari sifatini belgilovchi koeffitsiyent.

$K = 0,0005$  – yaxshi,  $K = 0,001$  – o'rtacha,  $K = 0,002$  – yomon.

Drenaj sistemasi uchun kamida ikkita  $K$  yoki  $D$  markali nasoslar tanlandi.

### Nazorat savollari

1. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini qanday aniqlanadi?
2. Nasoslar soni nimaga asoslanib aniqlanadi?
3. Nasoslar markasini aniqlash uchun nimalar asos bo'ladi?
4. Nasoslar uchun elektr dvigatel tanlash qanday tartibda amalga oshiriladi?
5. Asinxron va sinxron dvigatellarning farqini aytib bering.
6. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari tarkibiga nimalar kiradi?
7. Yuk ko'tarish krani qanday tartibda tanlanadi?
8. Vakuum – sistemalar nasos stansiyalarda nima maqsadlarda ishlatiladi?
9. Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta'minlash tizimlari qanday vazifalarni bajaradi?
10. Drenaj tizimi uchun nasoslar nimaga asoslanib tanlanadi?

## V. GIDROENERGETIK QURILMALAR BINOLARI

### 5.1. Hidroelektr stansiyasi binolari

GESlarning eng murakkab inshootlaridan biri uning binosidir. GES binosi unda asosiy va yordamchi jihozlarni o'rnatish uchun xizmat qiladi.

GES binolari uch xil turda bo'lishi mumkin, ya'ni *o'zanda joylashgan, to'g'onli va derivatsiyali*.

Bino turi birinchi navbatda napor hosil qilish sxemasiga va uning qiymatiga, hamda unda o'rnatiladigan jihozlar turiga bog'liqdir. Bino turlarining tavsiflari 5.1-jadvalda keltirilgan.

GES binosi ikki qismdan iborat: pastki qism va yuqori qism.

5.1-jadval

N	GES binolari turlari	Turbina turi	Napor, m	Agregatlar o'qi
1	O'zanda joylashgan H = 5 – 40 m (daryo yoki kanal o'zanida joylashgan	Kapsulali	5 – 25	Gorizontal
		Parrakli,	5 – 40	
		Parrakli – buriluvchi,	5 – 40	
		Radial – o'qiy	30 – 40	
2	To'g'onli, H = 30 – 250 m, daryo o'zanida, suv omborida to'g'on ortida joylashadi.	Parrakli – buriluvchi	30–90	Vertikal
		Diagonal	50–170	
		Radial – o'qiy	30–250	

3	Derivatsiyali, N = 10 – 1800 m (kanalda yoki bosim quvuri trassasida)	Parrakli – buriluvchi	10–90	Vertikal (kam hollarda gorizontal)
		Diagonal	50–170	
		Radial - o'qiy	30–700	
		Cho'michli	400–1800	Vertikal, gorizontal

Pastki qismda gidromashina suv oqish trakti joylashgan bo'lib, bu qism asosan monolit betondan quriladigan konstruktiv elementlardan iborat.

Yuqori qismda mashinalar zali, montaj maydonchasi, boshqaruv pulti va ko'plab maxsus xonalar joylashadi. Bu qismda ta'mirlash ishlarini bajaradigan jihozlar, jumladan ko'tarish–tashish mexanizmlari ham joylashgan.

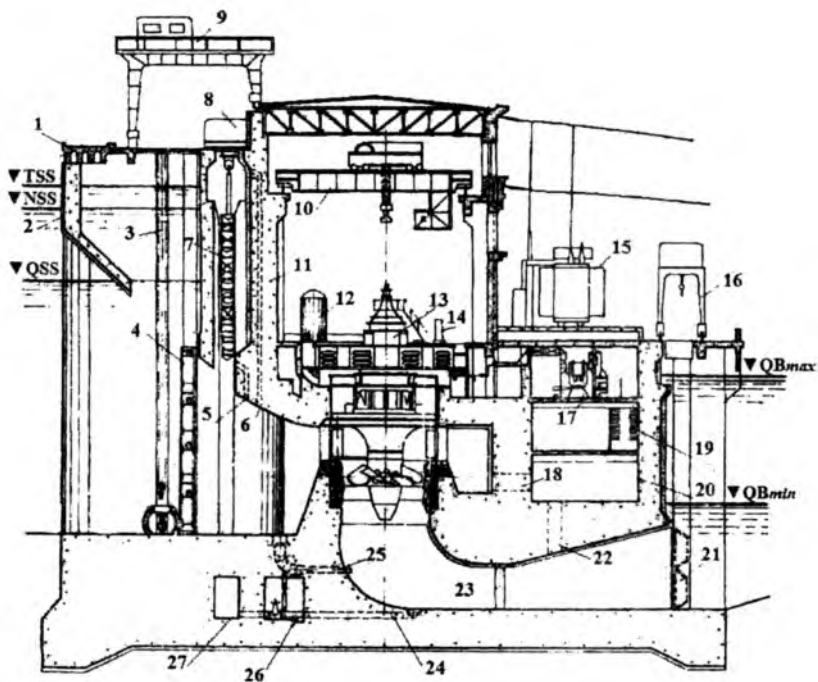
### 5.1.1. O'zanda joylashgan GES binosi

Bir turdagi GES binolari daryo yoki derivatsiya kanallari o'zanida joylashgan bo'lib, yuqori byefdan beriladigan suv bosimini o'ziga qabul qiladi. Bu binoda asosan past naporli gidroagregatlar o'rnatiladi.

O'zan GESi binosi suv oqish trakti suv qabul qilish qismi, shaklli beton turbina kamerasi va egilgan so'rish quvuridan iborat.

Bino o'lchamlari asosan turbina kamerasi va so'rish quvuri o'lchamlariga mos holda aniqlanadi.

Agar bitta agregatga mos keladigan bino qismini bitta blok deb oladigan bo'lsak, unda shu blokning oqim bo'ylab uzunligi (turbina kamerasiga kirish qismidan so'rish quvurining chiqish qismigacha bo'lgan masofa)  $D_1$  (6,3 – 6,6), eni  $D_1$  (2,6 – 3,2) ga teng bo'ladi. Poydevor plitasining quyi b'yef suv sathiga nisbatan joylashishi so'rish balandligi qiymatiga bog'liq. Parrakli-buriluvchi vertikal agregatlar uchun bu qiymat  $D_1$  (2,3 – 2,5) ni tashkil qiladi (5.1-rasm).



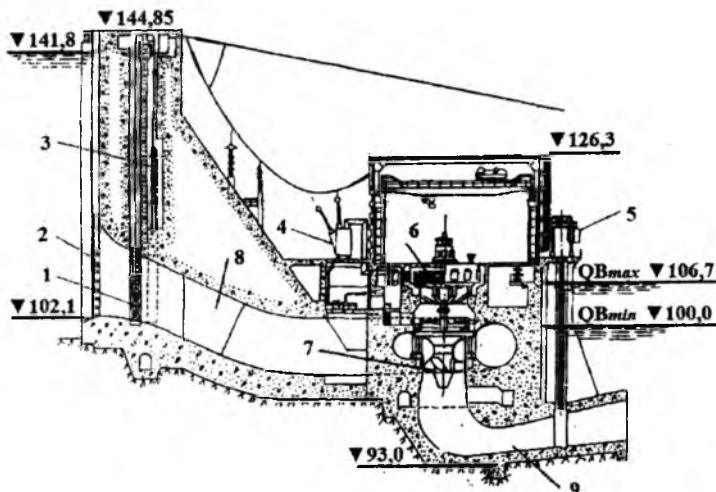
**5.1-rasm.** O'zanda joylashgan GES binosi:

- 1 – ko'prik; 2 – balka; 3 – panjara tozalaydigan greyfer; 4 – oqiziq ushlovchi panjara; 5 – turbina kamerasini suv bilan to'ldirish baypasi; 6 - havo berish teshigi; 7 – suv darvozasi; 8 – darvoza lebedkasi; 9 – yuk krani; 10 – ko'prik kran; 11 – bosim devori; 12 – bosimli moy qurilmasi; 13 – gidrogenerator; 14 – boshqaruv kolonkasi; 15 – transformator; 16 – yuk krani; 17 – elektr ta'minlash qurilmalari; 18 – spiral kameraga kirish teshigi; 19 – kabel yo'lakchalari; 20 – nasoslar xonasi; 21 – suv darvozasi; 22 – so'rish quvuriga kirish teshigi; 23 – so'rish quvurining oraliq devori; 24 – so'rish quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 25 – spiral kameradan suvni olib tashlash quvuri; 26 – qulfaklar galereyasi; 27 – nasoslar galereyasi.

### 5.1.2. To'g'onli GES binolari

Bunday turdagi binolar to'g'on ortida joylashgan bo'lib, o'ziga suv bosimini qabul qilmaydi. To'g'onli GES binolarida asosan o'rta naporli gidroagregatlar o'rnatiladi (5.2-rasm).

Yuqori byefdan berilayotgan suv kalta bosim quvurlari orqali agregatga yetkazib beriladi. Bosim quvurlari to'g'onning ichida ham, ustida ham joylashishi mumkin.



5.2-rasm. To'g'onli GES binosi:

- 1 – suv darvozasi; 2 – oqiziq ushlash panjarasi; 3 – gidropod'yomnik;  
4 – transformator; 5 – kran; 6 – gidrogenerator; 7 – PB turbina;  
8 – turbina quvuri; 9 – so'rish quvuri.

### 5.1.3. Derivatsiya GESi binosi

Derivatsiya GESi binosi odatda reaktiv, ba'zi hollarda aktiv yuqori naporli gidroagregatlar bilan jihozlanadi. Bunday turdagi binoning o'lchamlari boshqa turdagi binolar o'lchamlariga qaraganda anchagina kichik.

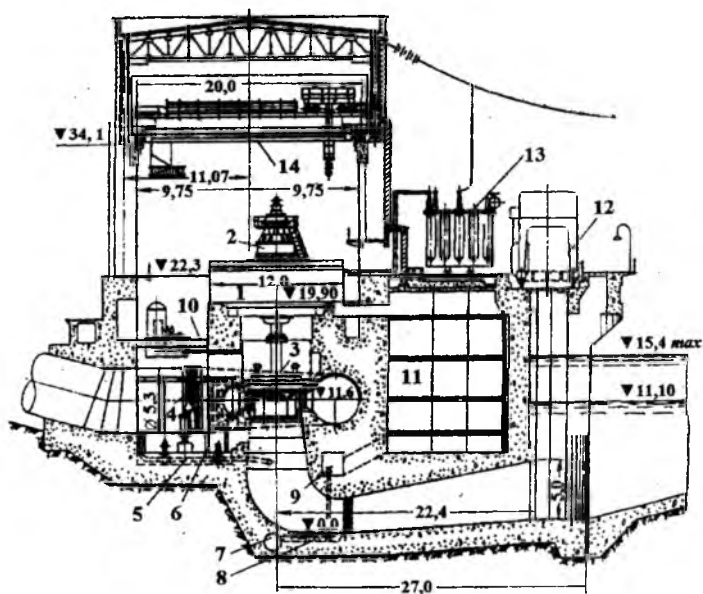
Buning asosiy sababi katta naporlarda turbina diametri, generator o'lchamlari kichik bo'ladi (5.3-rasm).

Derivatsiya GESida turbina quvurlari (bosim quvurlari) katta uzunlikka ega, bu esa o'z navbatida turbina oldidagi quvurlarda qulfaklar o'rnatilishini taqozo etadi. Qulfaklar maxsus xonalarda yoki mashinalar zali doirasida o'rnatilishi mumkin.

Agar qulfak mashinalar zalida o'rnatilsa, unda gidroagregat quyi byef tomonga siljiydi.

Ta'mirlash ishlari boshlanishidan oldin qulfak yopiladi va kamera bilan so'rish quvuridagi suv chiqarib tashlanadi.

Gidroagregat ta'mirdan keyin ishga tushirilishidan oldin suv bilan to'ldirilishi shart. Bu ishlar maxsus baypas quvurlari yordamida bajariladi.



**5.3-rasm.** Derivatsiya GES i binosi:

- 1- gidrogenerator; 2 - podpyatnik; 3 - radial o'qiy turbina; 4 - diskli qulfak; 5 - turbina quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 6 - spiral kameradan suvni olib tashlash quvuri; 7 - suv chiqarib tashlash kollektori; 8 - so'rish quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 9 - suv olib tashlash quvuri qulfagi; 10 - lyuk; 11 - texnologik xonalar; 12 - yuk krani; 13 - transformator; 14 - ko'prik kran.

#### 5.1.4. GES binosi hisoblari va loyihalashning asosiy masalalari

GES binosini loyihalashning asosiy bosqichi gidroagregat blokini joylashtirish va uning o'lchamlari (gabaritlarini) aniqlashdir. Hidroagregat blokini joylashtirishda turbinaga nisbatan generator holati, generator osti tayanch elementlari turlari, turbina shaxtasi o'lchamlari, blokning gorizontaal va vertikal o'lchamlari hisobga olinadi.

Bizga ma'lumki, GES binosi ikki qismdan pastki va yuqori qismlardan iborat. GES gidroagregat bloki o'lchamlarni aniqlashni ham shu ikki qismga bo'lib amalga oshiramiz.

##### A. Stansiya binosining pastki qismi

Binoning pastki qismida agregatning suv oqish trakti joylashgan. Suv oqish trakti turbina kamerasi va so'rish quvuridan tashkil topgan. Shu qismning vertikal o'lchamlari quyi byefning hisobiy sathi va so'rish balandliklariga qarab aniqlanadi.

$$\nabla I.G'. = \nabla QBSS + H_s \quad (5.1)$$

Bunda,  $\nabla I.G'$  – ishchi g'ildirak sathi, m

$\nabla QBSS$  – quyi byef suv sathi, m

$H_s$  – so'rish balandligi, m

Undan keyin so'rish quvurining, turbina kamerasi, turbina shaxtasi, gidrogenerator o'lchamlarini bilgan holda bino pastki qismi balandligini aniqlash mumkin (5.4-rasm).

$$h_{p.k} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \text{ m} \quad (5.2)$$

bunda,  $h_1$  – poydevor plitasi qalinligi, m;

$h_2$  – so'rish quvuri balandligi, m;

$h_3$  – yo'naltiruvchi apparat balandligi, m;

$h_4$  – turbina shaxtasi balandligi, m;

$h_5$  – gidrogenerator o'lchami, m.

Bino pastki qismi o'lchamlari birinchi navbatda spiral kamera va so'rish quvurining o'lchamlari bilan aniqlanadi. Bu o'lchamlar standart holatda zavodlar tomonidan beriladi.

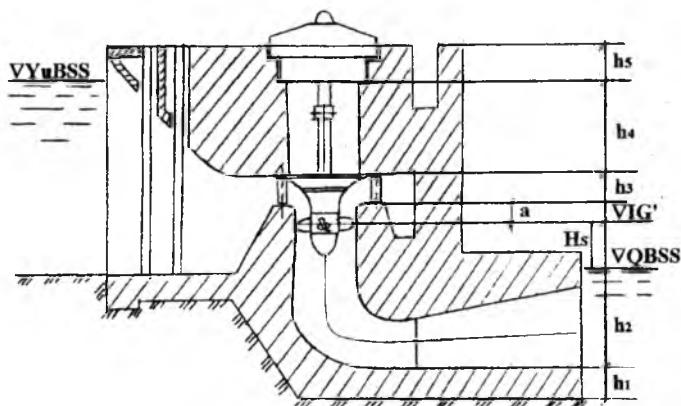
Pastki qism gorizontaal o'lchamlarini 5.5-rasm bo'yicha aniqlash mumkin.

O'zanda joylashgan GES binolarida, ba'zan to'g'onli GESlarda tavr shakldagi kesimli beton spirallar qo'llaniladi.

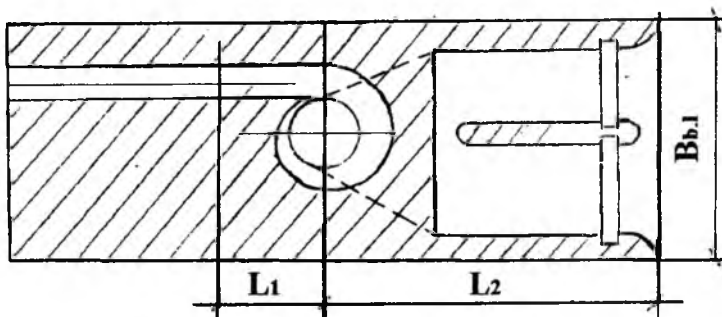
$$B_{b,1} = (2,9-3,1) D_1 \text{ m.} \quad (5.3)$$

Yuqori naporli GESlarda qamrab olish burchagi  $345^{\circ} - 360^{\circ}$  bo'lgan metall spiral kameralar qo'llaniladi. Bunday kameralarda  $B_{b,1} = (4 - 4,5) D_1$ , yuqori qiymatli naporlarda  $B_{b,1} = (3 - 3,5) D_1$ .

$L_2$  – so'rish quvuri uzunligi  $H \leq 230 \text{ m}$  bo'lganda  $L_2 = (4 - 5) D_1$ ,  $H \geq 230 \text{ m}$  da  $L_2 = (5 - 6) D_1$ .



5.4-rasm. Binoning pastki qismi vertikal o'lchamlari



5.5-rasm. Binoning pastki qismi gorizontal o'lchamlari



## B. GES binosi yuqori qismi

GES binosining yuqori qismi aksariyat yig'ma temir-beton konstruksiyalardan quriladi. Bu konstruksiyalar pastki qismga bog'langan kolonnalar, kran osti balkalari, tom fermalari va plitalardan iborat.

Binoning uzunligi  $L_b$  quyidagicha aniqlanadi:

$$L_b = n \cdot B_{b.l} + L_{mm}$$

Bunda  $n$  – agregatlar soni;

$B_{b.l}$  – blok eni, m;

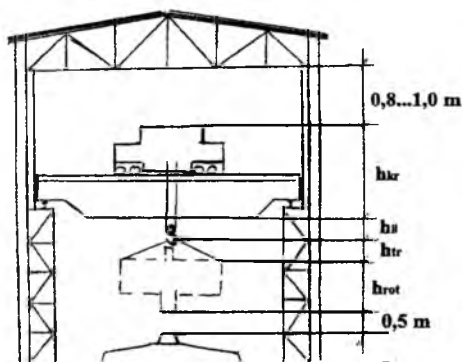
$L_{mm}$  – montaj maydonchasi uzunligi, m.

Montaj maydonchasi o'lchamlari bitta agregatni transport vositasidan tushirish yoki unga joylashtirish imkoniyati nuqtai-nazaridan aniqlanadi.

Montaj maydonchasi eni  $B_{m.m} = B_b$ , ya'ni mashinalar zali eniga teng bo'ladi.

Montaj maydonchasi uzunligi agregatlar soni 4 – 5 ta bo'lganda  $L_{m.m} = (1,0 - 1,2) B_{b.l}$ .

Agar agregatlar soni 10 dan ortiq bo'lsa  $L_{m.m} = (1,5 - 2) B_{b.l}$  qabul qilinadi. Ko'p hollarda montaj maydonchasi uzunligi  $L_{m.m} = 1,5B_b$  dan oshmaydi.



5.6-rasm. Bino yuqori qismi o'lchamlari:

$h_{rot}$  – rotor o'lchami;  $h_{kr}$  – rotor mahkamlanadigan tros o'lchami,

$h_{il} = 0,5 - 1,0$  m;  $h_{il}$  – ilgak balandligi,  $h_{il} = 1,0 - 1,5$  m;

$h_{kr}$  – kran balandligi.

Mashinalar zalining eni  $B_b$  generatorning tashqi o'lchamlariga bog'liq holda aniqlanadi.

$$B_b = D_{gen} + 5 \text{ m.}$$

Mashinalar zali balandligi quyidagicha aniqlanadi.

$$N_{m.z} = h_{rot} + h_{tr} + h_{il} + h_{kr} + (0.8 - 0,1) + 0,5 \text{ m.}$$

Agar ishchi g'ildirak o'lchami rotor o'lchamidan katta bo'lsa, unda  $h_{rot}$  o'rniga ishchi g'ildirak balandligi qabul qilinadi.

### **Nazorat savollari**

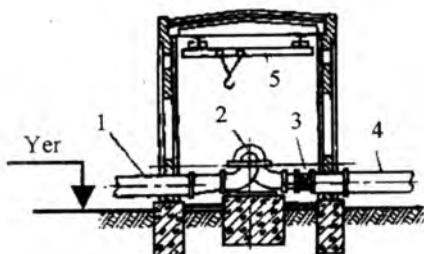
1. GES binosi turlarini aytib bering.
2. Qanday holda GES binosi o'zanda joylashadi?
3. To'g'onli GES binosida qanday turbinalar o'rnatiladi?
4. Nima uchun cho'michli turbina o'rnatilgan binolar katta naporlarga mo'ljallanadi?
5. GES mashinalar zali o'lchamlari qanday aniqlanadi?
6. Ishchi g'ildirakning o'rnatish sathi qanday aniqlanadi?
7. Montaj maydonchasi o'lchamlari qanday aniqlanadi?
8. Bino yuqori qismida mashinalar zali uzunligi qanday aniqlanadi?
9. Mashinalar zali balandligi o'lchamlari nimalarga bog'liq?
10. Mashinalar zali eni qanday aniqlanadi?

## **5.2. Nasos stansiyasi binolari**

Nasos stansiya binolari tanlangan jihozlar turiga, stansiyaning vazifasiga va suv manbai turiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi.

### **5.2.1. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosi**

Bu bino turi asosan suv sathi o'zgarishi katta bo'lmaganda va suv manbai qirg'oqlari mahkam bo'lganda qabul qilinadi. Bino poli yerga nisbatan birmuncha yuqori, nasoslar esa alohida poydevorga o'rnatiladi (5.7-rasm).



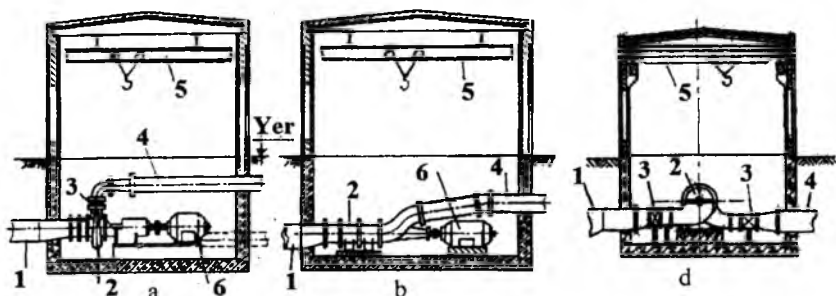
**5.7-rasm.** Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosi sxemasi:

- 1 – so‘rish quvuri; 2 – nasos; 3 – qulfak; 4 – bosim quvuri;  
5 – yuk ko‘tarish krani.

Binoga asosan gorizontal markazdan qochma nasoslar o‘rnatiladi. Aksariyat hollarda bu binolarga o‘rnatiladigan nasoslar ish unumdorligi  $Q_N < 2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 5.2.2. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi

Bu bino turi suv manbai sathining o‘zgarish amplitudasi nasosning chegaralangan so‘rish balandligidan oshganda qabul qilinadi. Bu binoda nasoslar yerga nisbatan pastda joylashgan umumiy poydevorga o‘rnatiladi (5.8-rasm). Nasoslar suv sathining minimal qiymatiga nisbatan pastda joylashganligi munosabati bilan ular doimo suv bilan to‘lgan holda bo‘ladi, bu esa nasoslarni ishga tushirishni yengillashtiradi.



**5.8-rasm.** Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi:

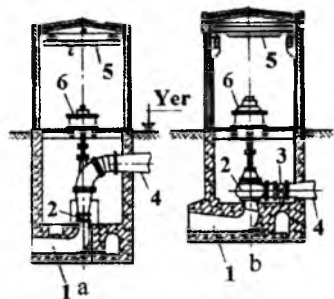
- 1 – so‘rish quvuri; 2 – nasos; 3 – qulfak; 4 – bosim quvuri; 5 – yuk ko‘tarish krani; 6 – elektr dvigatel.

5.8-rasmda konsolli markazdan qochma (a), «O» markali o'qiy (b) va «D» markali gorizontaal markazdan qochma nasoslar (d) bilan jihozlangan nasos stansiyalar sxemalari keltirilgan

Bu binolarda asosan gorizontaal markazdan qochma, «O» – markali o'qiy nasoslar, ba'zi hollarda suv berish unumdorligi  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  dan kam bo'lgan vertikal «V» markali markazdan qochma nasoslar o'rnatiladi.

### 5.2.3. Blokli nasos stansiya binosi

Bu turdagi binolar suv sathi o'zgarishining har qanday qiymatlarida qabul qilinadi. Binoda vertikal «OP» va «V» markali suv berish unumdorligi  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  dan katta nasoslar o'rnatiladi. Ba'zi hollarda yirik markali «D» gorizontaal nasoslar qo'llanilishi mumkin. Nasoslar egilgan tirsaksimon so'rish quvurlariga ega bo'lib, ularda suv oqimi boshdan oxirigacha alohida blokli suv oqish traktidan o'tadi (5.9-rasm). Binoda nasoslar suv sathidan pastda joylashgan bo'lib, suv qabul qilish inshooti bino bilan qo'shib quriladi. Agar binoda past naporli nasoslar o'rnatilsa, ba'zi hollarda bino suv chiqarish inshooti bilan ham qo'shib qurilishi mumkin.



5.9-rasm. Blokli nasos stansiya binosi sxemasi:

a) «OPV» markali o'qiy nasoslar o'rnatilgan bino; b) «V» markali vertikal markazdan qochma nasoslar o'rnatilgan bino.

1 – so'rish quvuri; 2 – nasos;  
3 – qulfak; 4 – bosim quvuri; 5 – yuk ko'tarish krani; 6 – elektr dvigatel.

### 5.2.4. Nasos stansiya binosini loyihalashning texnik shartlari va qoidalari

Nasos stansiya binosi o'lchamlari jihozlarning optimal ish rejimini ta'minlashi, ularga xizmat ko'rsatishning va xizmatchi xodimlar ish sharoitining qulayligini ta'minlash kerak. Bino qurilishining minimal xarajatlariga ega bo'lishi va mustahkam bo'lishi kerak.

Nasos stansiya binosini loyihalashning asosiy shartlari quyidagilardan iborat:

– bino loyihasining optimal yechimini texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlash kerak;

– asosiy nasoslarning joylashish sathini to‘g‘ri belgilash juda muhim, bu ko‘rsatkich hisoblangan sathga teng yoki pastda joylashishi kerak;

– nasos stansiyasining energiya taqsimlash qurilmalari va xizmat xonalari mashina zalining yonida yoki alohida binolarda joylashishi kerak. Yirik nasos stansiyalarda zal bo‘ylab qurilgan qo‘shimcha xonalar o‘rnatilishi lozim (5.10-rasm);

– murakkab kabel tizimiga (sistemasiga) ega bo‘lgan stansiyalarda (quvvati 1000 kVt dan, soni to‘rt va undan ortiq agregatlariga ega) balandligi 1,8 metrdan kam bo‘lmagan qo‘shimcha qavat bo‘lishi lozim;

– og‘irligi 100 kg dan oshadigan jihozlar yuk krani harakati zonasida joylashishi kerak.

### **5.2.5. Nasos stansiya binosining gorizontal tekislikda joylashish shartlari (planda)**

Yer ostida joylashgan va blokli nasos stansiyasi binolari yer usti va yer osti qismlardan iborat. Bu ikki qism orasida ma‘lum bog‘liqlik bo‘lishi kerak:

a) binoning yer osti qismi.

Binoning yer osti qismida asosiy nasoslar (gorizontal nasoslarda elektrdviqatellar ham), quvurlar, texnik suv ta‘minoti sistemasi, moy xo‘jaligi, drenaj sistemasi va boshqalar joylashadi.

Bu qismni loyihalashda quyidagi tavsiyalarni hisobga olish kerak:

– bino yer osti qismi hajmi minimal bo‘lishi kerak;

– bino yer osti qismi o‘lchamlariga qarab yer osti qismi o‘lchamlarni kattalashtirish mumkin emas;

– vertikal agregatlar qo‘llanganda valni uzaytirish yo‘li bilan elektrdviqatellar yer usti qismiga olib chiqilishi kerak;

– bino yer osti qismi tubi va devorlari qalinligi  $0,1 \cdot h_{st}$  dan kam bo‘lmasligi kerak ( $h_{st}$  – pastki byef maksimal suv sathidan bino tubigacha bo‘lgan masofa, m);

– bino uzunligi 18 m dan oshsa, unga kirish – chiqish joyi ikkita bo‘lishi kerak;

– binoning yer osti qismida yer ustida joylashtirilishi mumkin bo‘lmagan eng zarur jihozlar joylashishi kerak;

– yer osti qismi konstruksiyasi iloji boricha sodda, qurish oson bo‘lgan elementlardan iborat bo‘lishi kerak.

Bino yer osti qismi va bo‘yini aniqlashda quyidagilarga e‘tibor berish kerak:

– agregatlar bir qatorda joylashishi kerak, agar nasoslar gorizont-al bo‘lib, ular soni to‘rt dan oshsa, ikki qatorda joylashtirish mumkin;

– agregatlar orasidagi yoki agregat binosi konstruksiyalari orasidagi masofa:

a) quvvati 1000 kVt gacha bo‘lgani uchun – 1 m.

b) quvvati 1000 kVt dan oshiq agregat uchun – 1,2 m.

Juda zarur bo‘lganda bu o‘lchamlarni 0,2 – 0,4 m gacha uzaytirish mumkin;

– agregat bilan boshqaruv jihozlarining (pult yoki blok) oldi tomoni orasidagi masofa 2 metrdan yon qismi orasidagi masofa 1 m dan kam bo‘lmasligi kerak;

– dvigatellarning harakatlanuvchi qismlari orasidagi masofa 1,2 m dan kam bo‘lmasligi kerak;

– elektr jihozlari shkaflari va devor orasidagi masofa 1,0 – 1,2 m dan kam bo‘lmasligi kerak;

– ikki qator joylashgan agregat qatorlari orasidagi masofa 1,2 – 1,5 m dan kam bo‘lmasligi kerak.

Binoning yer usti qismida asosiy elektr dvigatellar (blokli bino), asosiy agregatlar (yer ustidagi bino), ko‘tarish – tashish mexanizmlari, energiya taqsimlash qurilmalari joylashadi.

Bu qismni loyihalashda quyidagilarga e‘tibor qilish kerak:

– bino yer usti qismi bir qavatli bo‘lib to‘g‘ri to‘rtburchak shaklida bo‘lishi kerak;

– mashinalar zalining balandligi 4,8 metrdan oshiq bo‘lganda xizmat xonalari va taqsimlash qurilmalari alohida quriladi.

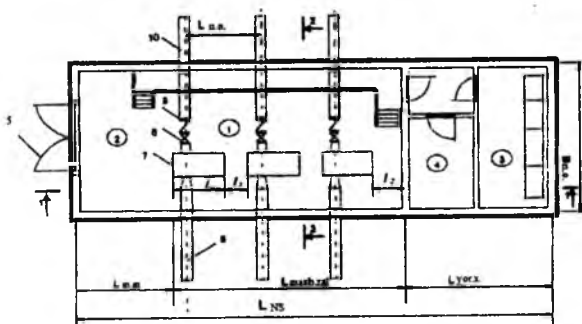
– binoning eni qurilish konstruksiyalari o‘lchamiga bog‘liq holda quyidagi standart qiymatlarga ega bo‘ladi; B = 6; 9; 12; 15; 18; 21 va 24 m.

– agar bino eni 6,0 m va karkassiz bo‘lsa, uning uzunligi har 1,5 m da oshib boradi, masalan, B = 6,0; 7,5; 9,0; 10,5; 12,0 m va hokazo.

– agar bino eni 6,0 dan oshsa, devor ustini yopish balkalar orqali amalga oshiriladi.

Balkalar orasidagi masofa 6,0 ga teng bo‘lgan kolonnalarga o‘rnatiladi. Demak, bu holda bino uzunligi har 6,0 metrda oshib boradi, masalan, 6,0; 12,0; 18,0; 24,0 va hokazo. Lekin shuni ta’kidlash kerakki, agar binoga yuk ko‘tarish quvvati 5 t dan oshadigan ko‘priklar o‘rnatilsa, unda bino eni qancha bo‘lishdan qat’i nazar, u karkasli qilib yopiladi.

Binoning gorizontallikdagi joylashish rejasini shartli ravishda uchga bo‘lish mumkin: mashinalar zali, montaj maydonchasi, yordamchi xonalar (5.10-rasm).



**5.10-rasm.** Nasos stansiya binosi gorizontallikda joylashishi (plani):

1- mashinalar zali; 2-montaj maydonchasi; 3- energiya taqsimlash xonasi; 4- boshqaruv pul'ti va navbatchilar xonasi; 5 – darvoza; 6 – so'rish quvuri; 7 – nasos agregati; 8 – qulfak; 9 - teskari klapan; 10 - bosim quvuri.

Montaj maydonchasi eni bino eniga teng, uzunligi esa nasoslar orasidagi masofaning bir yarim baravariga teng. Yordamchi xonalar uchun ajratiladigan maydon quyidagicha qabul qilinadi:

a) dvigatel quvvati 250 kVt gacha bo'lsa,  $W_{\text{yor. xon.}} = 54 - 60 \text{ m}^2$

b) dvigatel quvvati 250 - 1000 kVt bo'lsa,  $W_{\text{yor. xon.}} = 180 - 200 \text{ m}^2$

d) dvigatel quvvati 1000 - 2000 kVt bo'lsa,  $W_{\text{yor. xon.}} = 280 - 300 \text{ m}^2$

Agar dvigatel quvvati 2000 kVt dan oshsa, yordamchi xonalar maydoni alohida hisoblar bilan aniqlanadi.

Bino o'lchamlari quyidagicha aniqlanadi:

$L_{m.m.}$  – montaj maydonchasi uzunligi, m;

$L_{mash.zali}$  – mashinalar zali uzunligi, m;

$L_{yor.x.}$  – yordamchi xonalar uzunligi, m;

$L_{m.m.} = 1,5 \cdot L_1$ , m.  $L_1$  – nasoslar o'qi orasidagi masofa;

$L_{mash.zali} = L_n \cdot n + (n - 1) a + b$ , m;

$n$  – nasoslar agregatlari soni,

$L_n$  – agregat uzunligi, m;

$L_{yor.xon.}$  qiymati  $B_{n.s.}$  ning standart qiymati va  $W_{yor.xon.}$  qiymatlaridan kelib chiqadi;  $l_1 = 1,0 \div 1,2$  m;  $l_2 = 1,5 \div 2,0$  m

### 5.2.6. Nasos stansiya binosining vertikal tekislikda joylashish shartlari

a) yer osti qismi bo'yicha:

- bino yer osti qismining eng yuqori sathi pastki byef maksimal suv sathidan 0,6–1,0 m balandda joylashishi kerak;

- bino tubining qalinligi pastki byefda suv chuqurligining 10% idan kam bo'lmasligi kerak;

- agar binoda gorizontaal markazdan qochma nasoslar o'rnatilsa, ular o'rnatiladigan poydevor balandligi 0,2 – 0,3 m ni tashkil qiladi;

- bino yer osti qismining balandligi pastki byef sathlari o'zgarish amplitudasiga bog'liqdir.

b) yer usti qismi bo'yicha:

Bino yer usti qismi bir qavatli mashinalar zali, montaj maydonchasi, yordamchi xonalardan iborat. Bino balandligi 4,8 metrdan oshganda barcha yordamchi xonalar qo'shimcha binoga ko'chiriladi.

Bino yer usti qismi balandligi (pol sathi  $\nabla 0,00$  dan tom plitasi pastki qismi, shipgacha  $\nabla Sh$  bo'lgan masofa) quyidagi qiymatlarga ega bo'lishi kerak:

$H = 3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,0$  m;

Agar bino ko'prik kranlar bilan jihozlangan bo'lsa, bu qiymatlar quyidagiga teng:

$H = 8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18,0$  m.

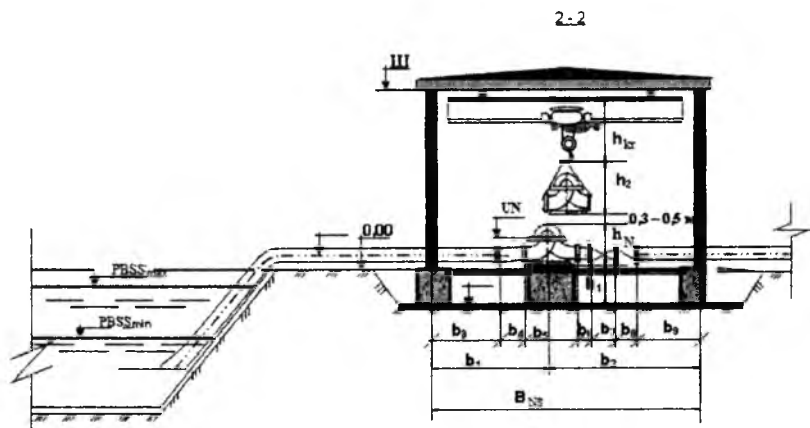
Nasos stansiyasi binosining eni va balandligi o'lchamlarini quyidagicha aniqlash mumkin:

$b_3 = 0,5 \div 0,7$  m;

$b_4 = (4 \div 5) \cdot (D_{sur} - D_1)$ , m;



- $b_5$  – nasos eni, m;  
 $b_6 = 0,15 - 0,2$  m;  
 $b_7$  – qulfak o'lchami;  
 $b_8 = 0,15 - 0,2$  m;  $b_9$  – teskari klapn o'lchami;  
 $b_9 - V_{ns}$  ning standart o'lchami bo'yicha aniqlanadi;  
 $B_{ns} = 6; 9; 12; 15; 18$  metr.



**5.11-rasm.** Nasos stansiya binosining ko'ndalang kesimi

$$H = h_1 + h_n + h_2 + h_{kr} + (0,2 \div 0,3 \text{ m});$$

$h_1$  – poydevor balandligi;  $h_1 = 0,1 \cdot N^B$  m;

$h_n$  – nasos balandligi, m;

$h_2 = h_n + (1,0 \div 1,5) \text{ m}$ ;

$h_3$  – kran o'lchami;

$h_4 = 0,15 \div 0,2 \text{ m}$ ;

### 5.2.7. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikatsiyalari

Stansiya ichki bosim kommunikatsiyalariga nasosdan bosim quvuriga bo'lgan suv oqish trakti qismlari va ularga o'rnatilgan jihozlar kiradi.

Qoida bo'yicha har bir nasos bosim quvuriga alohida bosim kommunikatsiyalari orqali suv yetkazib beradi. Bosim kommunikatsiyalari quyidagilardan iborat:

a) markazdan qochma nasoslar uchun montaj halqasi, teskari klapan, qulfak, diffuzor va quvur;

b) o'qiy nasoslar uchun bosim kommunikatsiyasi diffuzordan iborat, agar suv nasosdan keyin  $90^0$  ga burilsa, qo'shimcha olib ketish qurilmasi (отвод) ham o'rnatiladi.

Montaj halqalari nasos suv chiqarish qismi diametriga teng qilib olinadi. Ba'zi hollarda montaj halqasi o'rniga salnikli kompensator o'rnatilishi mumkin.

Teskari klapanlar bosim quvuri uzun bo'lmaganda yoki vertikal nasoslar quvurida (O va OP markali nasoslar) o'rnatilmaydi. Agar nasos suvni teskari klapaniga haydab berish bilan ishga tushirilsa va bu vaqtda qulfak ochiq bo'lishi kerak bo'lsa teskari klapan nasos bilan qulfak o'rtasida o'rnatiladi. Nasos yopiq qulfakka suv haydash yo'li bilan ishga tushirilsa, klapan qulfakdan keyin o'rnatiladi.

Qulfakni qo'llashda quyidagi tavsiyalarga e'tibor berish kerak:

– bosim kommunikatsiyasi quvuri diametri  $D_u \leq 100$  mm bo'lganda kran yoki ventil o'rnatiladi.

– bosim kommunikatsiyasi quvuri diametri  $100 \leq D_y \leq 1000$  mm da flanetsli parallel qulfaklar (затворкалар),  $D \geq 1000$  mm bo'lganda diskli, burilma darvoza (затворлар) qo'llaniladi.

– agar quvur diametri 400 mm dan kichik bo'lsa, qulfak va teskari klapan diametrlari ham shu diametrlarda qabul qilinadi.

– agar quvur diametri 400 mm dan oshiq bo'lsa o'rnatiladigan kommunikatsiya diametrlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi.

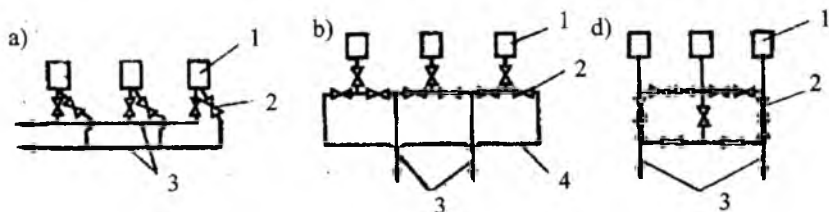
– qulfak diametri  $D_k \geq 400$  mm bo'lgan hollarda ularni boshqarish elektrlashgan yoki gidravlik uzatma orqali avtomatik ravishda bajariladi.

– bosim kommunikatsiyalaridagi diffuzor bir diametrli quvurdan kattaroq diametrli quvurga o'tishni ta'minlaydi. Uning uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\ell_q = (6 - 7)(D - d).$$

Bosim kommunikatsiyalarni bosim quvurlariga ulash (birlashtirish) sxemalari 5.12 va 5.13-rasmlarda ko'rsatilgan. Ichimlik suv ta'minoti

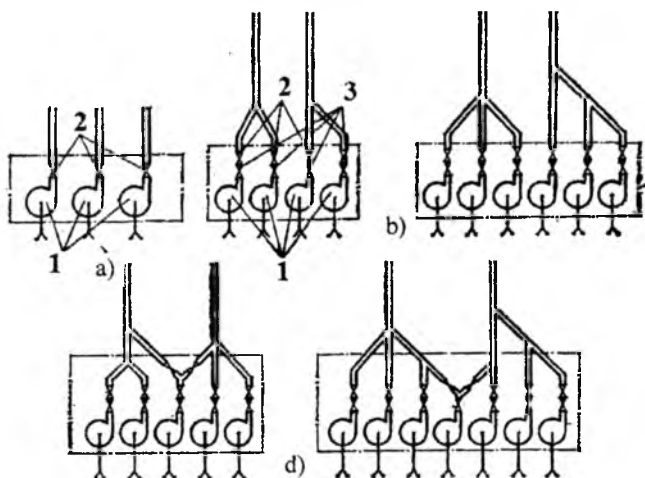
nasos stansiyalarining ishonchlilik darajasiga talab katta, shu sababli bu stansiyalarda har bir nasos barcha bosim quvurlariga suv yetkazib berish imkoniga ega bo'lishi kerak. Shu sababli bu stansiyalarda bironta nasos yoki qulfakning ishdan chiqishining boshqa nasoslar va qulfaklar ishiga ta'siri minimal bo'lishi kerakligi hisobga olinadi. Masalan 5.12, d-rasmda ko'rsatilgan sxemalar bo'yicha bitta qulfakning ishdan chiqishida faqat bitta nasos ishdan to'xtatiladi.



**5.12-rasm.** Ichimlik suv ta'minoti nasos stansiyalarining ichki bosim kommunikatsiyalarini ulash sxemalari:

1 – nasoslar; 2 – qulfak (zambop)lar; 3 – bosim quvurlari; 4 – kollektor.

Ushbu sxemalar bo'yicha kommunikatsiyalar to'liq nasos stansiyasi binosi ichida joylashadi.



**5.13-rasm.** Sug'orish nasos stansiyalarida ichki bosim kommunikatsiyalarini ulash sxemalari:

1 – nasoslar; 2 – qulfaklar; 3 – teskari klapanlar.

Sug'orish nasos stansiyalarida texnologik jarayonga talab birmuncha kichikroq bo'lganligi uchun bosim kommunikatsiyalarining sxemalari ham soddaroq. Bundan tashqari sug'orish nasos stansiyalari quvurlarida katta miqdorda suv haydab berilganligi uchun ularda gidravlik qarshilikni kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli bosim kommunikatsiyalarida  $90^{\circ}$  li burilishlar, krestovinalar, troyniklar bo'lmaydi. Ikkita nasosni bir quvurga  $60^{\circ}$  burchak ostida, uchta nasosni  $45^{\circ}$  burchak ostida birlashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Bosim kommunikatsiyalari quvurining diametri undagi chegaraviy tezlik bo'yicha aniqlanadi:

$$d_{bk} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot g_{bk}}}, M \quad (5.4)$$

Chegaraviy tezlik qiymatlari quyidagicha qabul qilinadi:

$g_{bk} = 1,5-2,0$  m/s,  $d_{bk} \leq 250$  mm bo'lganda,

$g_{bk} = 2,0-2,5$  m/s,  $d_{bk} > 250$  mm bo'lganda.

### Nazorat savollari

1. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosida qanday nasoslar o'rnatiladi?
2. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosining qanday afzalliklari bor?
3. Blokli nasos stansiya binosining nasoslari ish unumdorligi qancha bo'lishi kerak?
4. Nasos stansiya binosi qanday qismlardan iborat?
5. Nasos stansiya binosining uzunligi qanday aniqlanadi?
6. Nasoslar orasidagi gorizontaal masofa qanday aniqlanadi?
7. Nasos stansiya binosining balandligi qanday aniqlanadi?
8. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikatsiyalariga nimalar kiradi?
9. Ichki bosim quvurlarining diametri qanday aniqlanadi?
10. Teskari klapan qanday vazifani bajaradi?

### 5.3. Hidroenergetik qurilma kanallari

Kanal deb, iste'molchilarga suv keltirish yoki uzatishga mo'ljallangan sun'iy muhandislik inshootiga aytiladi.

Barcha kanallar bir maqsadga (xalq xo'jaligi alohida tarmoqlarining ehtiyojlarini qondirish uchun) va ko'p maqsadga (ikki va undan ortiq tarmoqlar ehtiyojini qondirish) mo'ljallangan bo'ladi. Birinchi guruhga quyidagi kanallar kiradi: suv quvurli (kommunal sanoat va qishloq xo'jalik suv ta'minoti), sug'orish, quritish, suvlatish, energetik, o'rmon oqizish, kema yuruvchi, baliqchilik va kanallarga bo'linadi. Ikkinchi guruhga masalan transport – energetik, baliq ovlash suv o'tkazish va boshqalar kiradi.

Energetik kanallar GEQga suv yetkazuvchi va uning agregatlaridan suv olib ketuvchilarga bo'linadi. GAES kanallarini balandlikni, balandlikdagi suv havzasini va bosimli basseynlarni bir-biri bilan bog'lovchi, tublikdagi, ya'ni GAESning pastlik byefini tublik havza bilan bog'lovchilarga bo'linadi. Bundan tashqari, kanallar boshqa xususiyatlari bilan ham tafsiflanishi mumkin: ust qoplamali va ust qoplamasiz; o'zi oquvchi va nasoslar bilan suv ko'tarilib beruvchi mashinali va boshqalarga bo'linadi. O'tkazuvchanlik qobiliyatiga ko'ra mayda (sarfi  $Q < 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), kichik ( $5 < Q < 35 \text{ m}^3/\text{s}$ ), o'rtacha ( $35 < Q < 350 \text{ m}^3/\text{s}$ ), katta ( $350 < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ ) va o'ta katta ( $Q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$ ) larga bo'linadi.

#### MDH dagi sarfi $Q = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lgan kanallar xarakteristikasi

5.2.-jadval

№	Nomi	L, km	Q, $\text{m}^3/\text{s}$	Suv ko'tarish balandligi, H, m	i, %	B, m	h, m	o'zani	Bitir. yili
1	Qoraqum	1100	820	-	0,03	110	5,0	Yerdan	1966
2	Irtish-Karaganda	458	75	418	0,06	34	6,5	--/--	1972
3	Shimoliy-Qrim	403	380	114	0,02	44,0	6,0	--/--	1963
4	Katta-Farg'ona	270	211	-	0,120	39,4	4,6	--/--	1939

5	Dnepr-Donbass	263	120	265	-	64	5,5	---/---	1975
6	Amu-Buxoro	234	112	115	0,08	-	-	Beton, qumli	1975
7	Qarshi Magistr.	165	175	132	0,09	43	6,0	Beton, qumli	1973
8	Katta Stavrap	159	180	-	0,15	56	5,1	Yerdan	1957
9	Terek-Qumskiy	150	100	-	-	15,7	4,2	Betonli	1961
10	Shimoliy Farg'ona	132	110	-	0,12	-	-	Yerdan	1940
11	Jan. Golodno stepskiy	126	300	-	0,05	63,6	7,2	---/---	1970
12	Qaxov Magistr.	125	370	24	0,004	82	8,2	Yerdan, plyonka	1970
13	Don Magistr	112	250	-	0,03	93	7,0	Yerdan	1958
14	Katta Andijon	109	330	-	0,15	-	4,5	---/---	1957
15	Volga-Don suv transporti	101	160	88	-	-	-	---/---	1952

Agar kanaldan suv xo'jalik-ichish maqsadlarida foydalanilsa, ular suvining sifatini yaxshilash, sanitariya muhofaza zonasini yaratish talab qilinadi.

Kanallarni loyihalashda tabiatga ko'rsatadigan ko'p qirrali ta'sir omillarini hisobga olish kerak. Bu ularni normal ekspluatatsiya qilishni va muhofazalashni yaxshilaydi.

### 5.3.1. Kanallarning ko'ndalang kesimi

Derivatsion kanal ko'ndalang kesimi joylashadigan relyefga va mahalliy yer materialiga ko'ra har xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin (5.14-rasm).

Energetik kanallar uchun gidravlik eng qulaylik  $b/h$  har doim ham qabul qilish mumkin emas. Bunga iqtisodiy va texnik talablar yo'l qo'ymaydi.

Qiyalik mustahkamligi, agar ular balandligi 10 m oshsa, hisoblab tekshiriladi. Loyihalashning boshlang'ich qismida qiyalik koeffitsiyenti  $m = ctg \varphi$ .

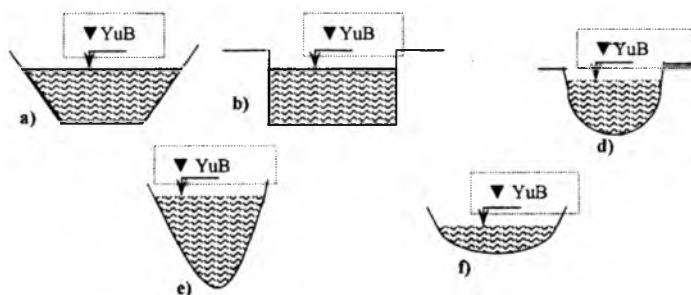
Har xil materiallar uchun qiyalik koeffitsiyentining qiymati:

5.3.-jadval.

Kanal o'zanini tashkil etuvchi materiallar	m	
	Suv ostida	Suv ustida
Chang qumlari	3,0...3,5	2,5
Supes	1,5...2,0	1,5
Mayda, o'rtacha va kattalashgan qumlar	2,0...2,5	2,0
Zich qumlar	1,5...2,0	1,5

Tosh uyumlaridan kanal yuzasi qoplangan bo'lsa,  $m=1,5$ .

Suv ustki qiyaligini suv osti qiyaligidan berma orqali ajratiladi: uning kengligi 1,5 m dan kam emas.



5.14-rasm. Kanallarning ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha ko'rinishi

Kanallar ko'ndalang kesim yuzasiga ko'ra (5.14-rasm) quyidagi turlarga bo'linadi:

- Trapetsiodal (a);
- To'g'ri burchakli (b);
- Yumaloq (v);
- Parabolik (g);

– Poligonal (d).

Eng ko'proq qo'llaniladigan kanal turi bu trapetsiodal shaklli kanallardir.

Kanallar quyidagi maqsadlarda quriladi:

1. Irrigatsiya;
2. Energetika;
3. Suv ta'minoti;
4. Suv transporti va boshqa maqsadlarda.

Kanallar vazifasiga hamda daryodan suv olish miqdoriga qarab, turli o'lchamlarda quriladi. O'lchamlariga bog'liq holda V.S. Altunin kanallarni to'rt sinfga bo'ladi (5.4-jadval).

5.4- jadval

Sinflar	Q, m <sup>3</sup> /s	Kanal tipi	Vazifasi	Foydalanish davri
IV sinf	<35	Kichik	Sug'orish yoki suv ta'minoti	Vegetatsiya
III sinf	35-350	O'rtacha kattalikdagi kanal	Sug'orish, suv ta'minoti suv transporti	Vegetatsiya
II sinf	350-800	Yirik kanallar	Sug'orish va suv ta'minoti, suv transporti, energetika	Yil davomida
I sinf	>800	Juda yirik	Sug'orish va suv ta'minoti, suv transporti, energetika	Yil davomida

### 5.3.2. Kanallardagi inshootlar

Loyihalashda iqtisodiy eng qulay derivatsion kanal trassasini tanlash maqsadga muvofiq. Bu eng qisqa yo'l hisoblanib, suv qabul qilish inshootining stansion uzeligacha bo'lgan masofadir. Kanal o'tkaziladigan relyefga asosan trassani chuqur kovlash ishlarini kamaytirib, yoki tuproqqa to'ldirish balandligini pasaytirib, trassa uzunligini oshirishga ruxsat beriladi. Bunda sarflanadigan harajatlar olinadigan iqtisodiy foydaga moslashishi kerak.



Kanal trassasini tanlashda geologik va gidrogeologik izlanishlarga, tuproq qatlamiga katta e'tibor berilishi kerak. Yer qatlami ko'chishi ro'y bermasligi ilmiy asoslanishi, aks holda maxsus tadbir ko'rilishi va ekspluatatsiya uchun qulay sharoit yaratilishi kerak.

Loyihalashda har xil kanal trassalarini bir-biri bilan taqqoslanadi va eng foydalisi tanlanadi.

Agar kanal trassasini egri chiziq ko'rinishida ko'rsatilsa, ruxsat etilgan minimal radiusi (egrilik)  $r$  kanalidagi o'rtacha tezlik  $v$  va harakat kesimi yuzasi  $\omega$  orqali topiladi:

$$r = 11 \cdot v^2 \cdot \sqrt{\omega} + 12.$$

va  $r \geq 5b$  bo'lishi talab qilinadi.

$B$  – kanal tagi (eni) kengligi.

Kanal dan muz va boshqa jismlar o'tkazilsa  $r \geq 10b$  bo'lishi va burilish burchagi  $\alpha \leq 35^\circ$ ;

$\alpha > 55^\circ$  da  $r \geq 20b$  bo'lishi zarur.

$35^\circ < \alpha < 55^\circ$  da  $r \geq 14b$  ga qabul qilinadi.

Energetik kanallarni loyihalashda (QN va Q II-50-74) ga asosan inshoot kapital klassi va (Tui N) texnik shart va normadan foydalanish tavsiya etiladi.

Kanalning har xil suv oqimlari bilan kesishishida o'tish inshooti tanlashga to'g'ri keladi. Bunda inshootni kam suv o'tkazishga qurish osonroqdir.

### 5.3.3. Energetik kanallarni qoplash jarayonlari

Kanal tub qismini (tagini) va yon qiyaligini qoplash uning yuvilib ketishini, suvda suzuvchi qattiq jism va muz qatlamlari o'pirib yubormasligini (yemirmasligini), o'zan g'adir-budurligini kamaytirishni, ekspluatatsiya sharoitini yaxshilashni va ekspluatatsion chiqimlarni pasaytirishni amalga oshirish uchun bajariladi.

Bu asosiy funksiyalardan tashqari qoplamalar mustahkam, pishiq, uzoq ishlaydigan, suv o'tkazmaydigan, muzlashga bardoshli va boshqalarga chidamli bo'lishi kerak.

Betonli qoplama – butunlay beton bilan qoplash ko‘rinishida temperatura cho‘kish chok (шов)lari orqali ajralgan holda, yoki alohida plitalardan qilinishi mumkin.

Kanalni qoplash butunlay betonlashda mashinalar yordamida amalga oshiriladi.

Qoplamalar qalinligi kanal klassiga va o‘lchamlariga, iqlim, geologik va boshqa omillarga bog‘liq bo‘lib, butunlay qoplash 10–20 sm qalinlikda tavsiya etiladi va balandligi bo‘yicha o‘zgarishi mumkin.

Suvi muzlamaydigan kanallarda qoplama qalinligi 7–15 sm bo‘lishi ratsional hisoblanadi.

Yer osti suvlari sathi kanaldagi suv sathidan ko‘p bo‘lmasligi uchun yer qatlamida drenaj qilinadi. Drenajlar – suv to‘plashga xizmat qilib, kanal o‘qi bo‘yicha uning tagida yoki parallel o‘qli qilinishi mumkin. Drenajdan suvlar kollektor orqali chiqarib tashlanadi yoki uning suvini kanalga quduq orqali chiqariladi. Bu quduqlar kanal tagida qoplama ishlarini bajarishda qoldiriladi. Quduqlar teskari filtr bilan jihozlanadi va qopqog‘i bo‘ladi. Asosan qopqoq yopiq bo‘lib, faqat drenajdagi suv bosimi oshganda ochiladi va suv kanalga quyiladi. Ayrim hollarda quduq o‘rniga klapan ishlatilishi mumkin. Ularning sifati pastroq.

AQSh da kanal qoplamasining buzilishi kuzatilgan. Bunga kanalda suv chiqarish teshigi bo‘lmaganligi sabab bo‘lgan. Jala ta‘sirida yer osti suvlari sathi ko‘tarilib, kanal qoplamasi 5 km uzunlikda butunlay buzilgan, chunki jala vaqtida kanalda suv bo‘lmagan.

Temir–beton qoplamalar g‘ovak va tez deformatsiyalanadigan tuproqlarda yoki rayonlarda qo‘llaniladi. Uning qalinligi 7–15 sm, armatura diametri 8–12 mm, yasaladigan panjara esa 20×20,...30×30 sm qilinishi tavsiya etiladi. Ko‘ndalang shov temirbetonli qoplamalarda bo‘lmasligi mumkin, agar qurilishda chok (shov) quyiladigan bo‘lsa, ular intervali 10–20 m, chok (shov) kengligi ≈50 sm olinadi. Drenaj qilib tayyorlangan joyga temir-beton qoplamalar yotqiziladi. Ayrim hollarda suv o‘tkazmaslik qobiliyatini oshirish uchun temir-betonli qoplamalarga gidroizolyatsiya rulon materiallar ishlatilishi mumkin.

Asfalt-betonli qoplamalar unchalik ko‘p ishlatilmaydi. Lekin bu qoplamalar kam g‘adir-budurlikka, suv o‘tkazmaslik va elastiklik qobiliyatiga ega. Asfalt-beton – bitum, to‘ldiruvchi, qum va tosh (graviy) lar aralashmasidan iborat. Bu aralashma 160°C–180°C tempe-

raturagacha qizdiriladi va yotqizilishida temperaturasi 140°C dan kam bo'lmashligi talab etiladi. Agar graviy va sheben aralashmada ishlatilmasa, uni asfalt (раствор) loyi deyiladi. Qoplama qalinligi 5–8 sm qilib belgilanadi va choksiz qilib ikki qatlam qilib yotqiziladi.

Bitumni kanal tagini va qiyaligini mustahkamlash uchun ham ishlatiladi. Oldin kanal o'zani sheben yotqizilib zichlanadi (трамбовка) va ustidan bitum quyiladi.

Plastik materialli qoplamalar – faqat kanaldagi suv filtratsiyasini kamaytirish uchun qo'llaniladi. Bunda tuproq, suglinok, tuproq beton (tuproq, graviy qum aralashmasi) va boshqalardan iborat bo'lishi mumkin. Qoplama qalinligi 30–60 sm qilib shag'al (graviy) qatlami bilan 0,3–0,1 m da himoyalaniishi kerak. Torf bilan III klassdagi kanal o'zani qoplanishi mumkin. Plastik materiallar qoplamasi drenaj talab qilmaydi.

Tosh materiallardan qoplama – tuzilishi jihatdan toshli, graviy yig'masi, gabion kiyimli bo'lishi mumkin. Toshlar ko'proq suv chiqaruvchi kanal qiyaligini qoplash uchun ishlatiladi. Suv chiqaruvchi derivatsiya bemaol suv filtratsiyasiga ega bo'lishi, agar beton qoplama ishlatilsa, uni panjarali qilish tavsiya etiladi. Suv chiqaruvchi kanalni daryo o'zanida qilinadigan bo'lsa, uni qoplamasiz quriladi.

Plvonkali qoplama – tuproqli himoya qatlami bilan melioratsiya qurilishida qo'llaniladi. Uning xili (tipi) va tuzilishi texnik-iqtisodiy taqqoslangan variantlardan tanlanadi. Agar taqqoslanadigan variantlar bir xil ko'rsatkichlarga ega bo'lsa, Q, N va L (SNiP) tog'da kanalni to'g'rilab tekislovchi qoplamalar bilan, yumshoq tuproqda esa betonli yoki temirbetonli qoplamalarda yig'ilgan tayyor konstruksiyalarni ishlatishni tavsiya etadi.

#### 5.3.4. Kanalning gidravlik parametrlari

Kanalning ko'ndalang kesim yuzasi quyidagicha aniqlanadi (5.15-rasm).

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h, \text{ m}^2. \quad (5.5)$$

Kanalning namlanganlik perimetri quyidagi formula bilan aniqlanadi:

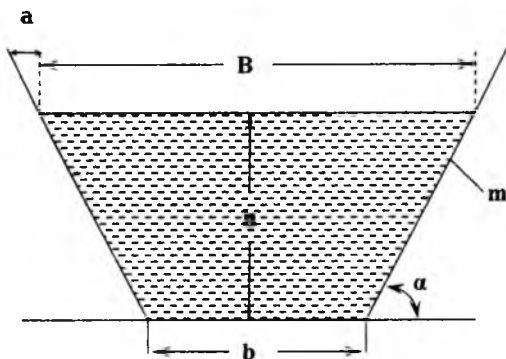
$$\chi = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = b + m' \cdot h, \text{ m.} \quad (5.6)$$

$$m' = 2 \cdot \sqrt{1 + m^2}, \text{ m.}$$

Kanalning gidravlik radiusi esa:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ m.} \quad (5.7)$$

orqali topiladi.



**5.15-rasm.** Trapetsiya shaklidagi kanalning ko‘rinishi.

*B* – kanalning suv yuzasi bo‘yicha kengligi;

*b* – kanalning o‘zan tubi bo‘yicha kengligi;

*h* – kanalning chuqurligi;

*m* – kanalning qiyalik darajasi ko‘effitsiyenti;

*α* – kanalning qiyalik burchagi;

*a* – qiyalik kattaligi.

Qiyalik kattaligi *a* ni quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$a = h \cdot \text{ctg} \alpha, \text{ m.} \quad (5.8)$$

Kanalning qiyalik darajasi ko‘effitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$m = \frac{a}{h} = \operatorname{ctg} \alpha . \quad (5.9)$$

Kanal kengligining kanal tubiga bog'liqligi:

$$\beta = \frac{b}{h} \quad (5.10)$$

orqali aniqlanadi.

Kanalning namlanganlik perimetrini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\chi = h \cdot (\beta + m'), \text{ m.} \quad (5.11)$$

Agar (5.11) formulani differensiallasak, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$d\chi = h \cdot d\beta + (\beta + m')dh = 0 . \quad (5.12)$$

Bundan,

$$d\beta = -\frac{\beta + m'}{h} dh \quad (5.13)$$

ni keltirib chiqaramiz.

Kanalning ko'ndalang kesim yuzasini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\omega = \beta \cdot h^2 + mh^2 = (\beta + m)h^2 = \operatorname{const} . \quad (5.14)$$

(5.14) differensiallab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$d\omega = h^2 \cdot d\beta + 2(\beta + m)h \cdot dh = 0 \quad (5.15)$$

(5.15) chi tenglamadagi  $d\beta$  ning o'rniga (5.13) tenglikdagi  $d\beta$  qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\beta_{z.h.} = m' - 2m = 2\left(\sqrt{1 + m^2} - m\right) \quad (5.16).$$

Gidravlik eng foydali trapetsoidal ko‘rinshni hosil qilish uchun trapetsiyaning shunday shaklini tanlash kerakki, unda kanal kengligining kanal tubiga bog‘liqligi  $\beta_{g,n}$  ga teng bo‘lishi kerak.

Kanalidagi suv tezligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$V = C\sqrt{R \cdot i}, \text{ m/s.} \quad (5.17).$$

Kanalning suv sarfi (Q) quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = V \cdot \omega, \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.18)$$

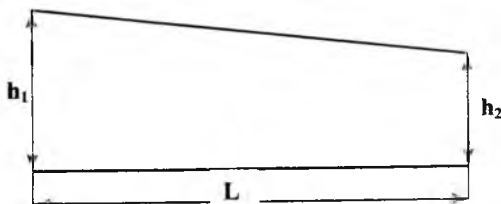
yoki

$$Q = \omega \cdot C\sqrt{R \cdot i}, \text{ m}^3/\text{s.} \quad (5.19)$$

$i$  – nishablik (5.16-rasm).

$$i = \frac{\Delta h}{L}; \quad (5.20)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2, \text{ m} \quad (5.21)$$



**5.16-rasm.** Kanalning uzunlik bo‘yicha qirgim ko‘rinishi

C-ni aniqlash uchun har xil formulalar mavjud bo‘lib, shulardan:

1) Pavlovskiy N.N. formulasi

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} \cdot (n - 0,1) \quad (5.22)$$

Hisoblash ishlarini soddalashtirish maqsadida  $y$  va  $C$  uchun maxsus jadvallar tuzilganidir:

2) Manning formulasi

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (5.23)$$

bu yerda,  $n$  – koeffitsiyent,  $g'$ adir-budurlikka bog'liq va normaga muvofiq qabul qilinadi, chiziqli o'lchamlar esa metrda olinadi.  $n$  – ning normativ qiymatlari quyidagicha tanlanadi (5.5-jadval).

5.5-jadval

Kanal xarakteristikasi	$n$
<b>Qoplamasiz</b>	
Yon va tubi qismi – tekis, silliq. Cho'kindilar o'tirmagan yoki ular bir tekis zarrachalar plyonkasi sifatida joylashgan. Tuproq zich;	0,018
O'zan notekis formaga ega. Yon qismi notekis, o'simliklar qoplangan; qum bilan qoplangan (yoki graviy cho'kindisi)	0,0225– 0,025
<b>Toshloq joyda</b>	
O'zan yuzasi ishlanmagan holda	0,025–0,035
Juda yuzasi ishlanmagan holda	0,035–0,045
O'zan qoplamaga ega	
Beton bilan shuvalgan silliq yuza	0,012–0,013
Shuvalmagan betonli yuza	0,014–0,017
<b>Torkret qoplama</b>	
Ishqalangan va metall qoplamali	0,012–0,015
Ishqalanmagan	0,015–0,020

Agar qishda kanalda muz qatlami kuzatilsa, gidravlik hisoblarda keltirilgan  $g'$ adir-budurlik koeffitsiyenti  $\bar{n}$  ishlatiladi va  $y$  L.A. Mojvitinov formulasidan topiladi:

$$\bar{n} = \left[ \frac{x}{x + x_m} \cdot n^{\frac{1}{0,5+y}} + \frac{x_m}{x + x_m} \cdot n_m^{\frac{1}{0,5+y}} \right]^{0,5+y} \quad (5.24)$$

### 5.3.5. Derivatsion kanallardagi ruxsat etilgan suv tezligi

Kanallardagi suv tezligi - uning o'zani yuvilmasligini (muz qatlami bilan) yuqori chegarada, quyi chegarada esa kanalning loyqa bosmasligi shartidan aniqlanadi.

Maksimal suv tezligi  $v_{max}$  yuvilmaslik shartiga ko'ra tuproq xususiyatiga (xossasiga) bog'liq, qoplama bo'lgan taqdirda esa - uning materialidan va ko'nadalang kesim yuzasi shakliga (formasiga) bog'liq bo'ladi.

Ruxsat etilgan suv tezligining tarkibi o'rtacha qiymatlari qoplamasiz kanallarda quyidagichadir:

Tuproq materialari xili	$v_{max}$ , m/s
Supes: (qumloq tuproqli)	
Kuchsiz	0,7-0,8
Zichlangan	1,0
Suglinki: (qumoq tuproq)	
Yengil	0,7-0,8
O'rgacha	1,1-1,2
Zich	1,1-1,2
Tuproq:	
Yumshoq	0,7
Normal	1,2-1,4
Zich	1,5-1,8
Илистый (serloyqa) graviy (shag'al)	0,5

Bu yerda,  $v_{max}$   $R=1-2$  m uchun berilgan, agar  $R > 2$  m bo'lsa, tezlikni  $\left(\frac{R}{2}\right)^{0,125}$  kattalikka oshiriladi.

Iqtisodiy foydali tezlik beton kanallarda 1,5-2,5 m/s ni tashkil etadi. Tog'da uyilgan, katta g'adir-budurlikka ega kanallarda bulardan ham kichik tezlik ruxsat etilgan.

Eng kichik  $v_{min}$  tezlik - suvda suzuvchi zarralarning kanalda (o'tirib) cho'kib qolmasligidan topiladi.

Agar kanalni suv transportida ishlatilsa, suv tezligi  $v \leq 1,5$  m/s qilib olinadi.



Shimoliy rayonlarda kanallar muzlashi tezlikning ( $v \leq 0,60$  m/s) qiymatida, janubiy rayonlarda esa  $v \leq 0,45$  m/s da kuzatiladi. Agar kanal muz bilan qoplansa, suv tezligini 1,25 m/s ga oshirish mumkin. Agar tezlik bu qiymatdan oshirilsa, muz yuvila boshlaydi.

Kanal o'zani suvga moslashgan o'simliklar qoplamasligi uchun  $h = 1,5$  m chuqurlikda  $v_{\min} = 0,6$  m/s bo'lishi kerak.

### Nazorat savollari

1. Kanal islatilishi bo'yicha qanday turlanadi?
2. Kanallar ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha qanday turlarga ajraladi?
3. Kanallarda qoplama sifatida qanday xomashyodan foydalaniladi?
4. Kanallarda suv tezligi qanday bo'lishi kerak?

---

## **VI. GIDROENERGETIK QURILMALARNING BOSIM QUVURLARI, TENGLAGICH REZERVUARLARI, GIDROTEXNIK TUNNELLARI VA BOSIM HAVZALARI**

### **6.1. Gidroenergetik qurilmalar bosimli quvurlari**

#### **6.1.1. Gidroenergetik qurilmalar bosimi quvurlarining turlari**

Gidroenergetik qurilmalarning eng muhim, mas'uliyatli inshootlaridan biri uning suv bosimi ostida ishlaydigan quvurlaridir. Bu quvurlar GESlarda turbina quvurlari, NS larda bosim quvurlari deb ataladi. Turbina yoki bosim quvurlariga qo'yiladigan talab juda katta, chunki quvurning ishdan chiqishi butun stansiyaning to'xtab qolishiga olib kelishi mumkin.

GES larda turbina quvurlari gidroagregatlarga suv keltirish uchun xizmat qiladi.

Nasos stansiyalarning bosim quvurlari nasoslar haydab bergan suyuqlikni yuqori bosim havzasiga yoki rezervuariga yetkazib berish uchun xizmat qiladi.

GES larda turbina quvurlarining quyidagi turlari mavjud:

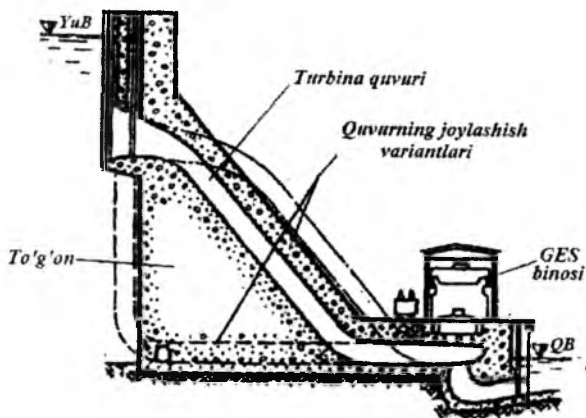
1. To'g'on oralig'iga yoki ostiga joylashgan quvurlar.
2. To'g'on orti GES larida to'g'onning yuza qismiga, derivatsion GES va GAES larda qo'llaniladigan yer sathida joylashgan erkin holatda yotqiziladigan quvurlar.

3. Ko'milgan quvurlar. Bunday quvurlar transheyalarga yotqaziladi va yengil tuproq bilan yopiladi. Shuning uchun bunday quvurlar tashqi tomondan gidroizolyatsion material bilan qoplanadi.

4. Tunnel quvurlar.

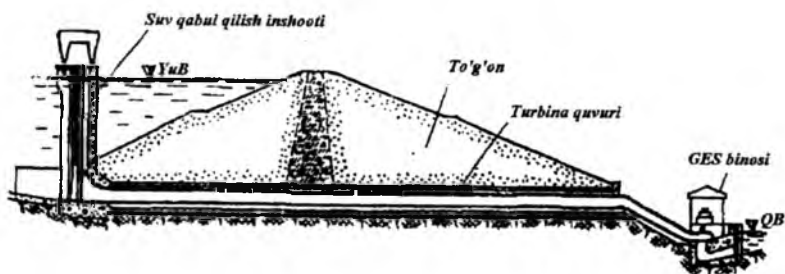
Quvurlar to'g'on oralig'iga faqat beton to'g'onlarda joylashtiriladi (6.1-rasm).

Tuproq to'g'onlarda quvurlar aksariyat hollarda to'g'on ostiga yotqizilishi mumkin (6.2-rasm). Bunday turdagi quvurlar mahkamlik bo'yicha talablarga to'la javob berishi, yaxshi himoyalanganligi va yillik foydalanish xarajatlarining kamligi kabi bir qator afzalliklarga ega.



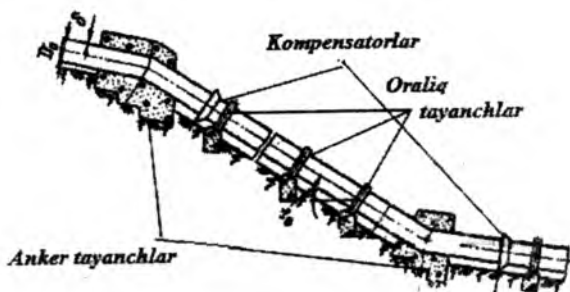
6.1-rasm. To'g'on oralig'iga joylashtirilgan turbina quvuri

To'g'on orti GES larida to'g'onning yuza qismiga joylashadigan quvurlar asosan to'g'on qurib bitkazilgandan keyin o'rnatiladi, bu esa ularni montaj qilishda, stansiya binosining qismlarini qurishda bir qancha qulayliklar tug'diradi.



6.2-rasm. Tuproq to'g'on ostida joylashgan turbina quvuri

Yer sathida ochiq, tayanch moslamalarda joylashadigan quvurlarni o'rnatish qulay va kam xarajat talab qiladi hamda ularga xizmat ko'rsatish, kuzatish ancha sodda, lekin ularda albatta atmosfera ta'siriga, temperatura o'zgarishiga dosh beradigan qo'shimcha elementlar o'rnatilishi, choralar ko'rilishi kerak (6.3-rasm).



6.3-rasm. Yer sathida joylashgan ochiq quvurlar

Shu sababli bu quvurlarda temperatura, cho‘kish ta‘sirida quvur o‘lchamlarining o‘zgarishini kompensatsiya qilish uchun maxsus kompensatorlar, siljishga qarshi anker va oraliq tayanchlari o‘rnatiladi.

Ko‘milgan quvurlarda bu qo‘shimcha ishlarni amalga oshirishga hojat qolmaydi, lekin bu quvurlarni ta‘mirlash ishlari ancha qiyinlashadi.

Tog‘li joylarda quvurlarni o‘tkazish uchun tunnellardan foydalaniladi. Bunda quvur bevosita tunnel ichiga joylashtirilib, u bilan tunnel oraliq‘iga beton yotqiziladi. Ba‘zi hollarda quvur tunnelda erkin joylashtiriladi va bu uni kuzatib turish, ta‘mirlash imkonini beradi. Tunnel quvurlarga namuna sifatida Markaziy Osiyodagi eng yirik Nurek GES ining diametri 10 m, uzunligi 1080 m bo‘lgan tog‘ oraliq‘idan o‘tgan quvurlarini keltirish mumkin.

Quvurning joylashish turi, materiali, o‘lchamlari va trassasini tanlashda maxsus texnik-iqtisodiy hisoblar bajariladi ularning natijalari asosida har xil variantlar taqqoslanadi va ulardan eng optimal varianti tanlab olinadi.

### 6.1.2. Quvur trassasi va turbinaga suv keltirish sxemalari

Quvur trassasi eng qisqa tanlanib, joy relyefi, geologik tuzilishi hisobga olinadi. Quvur uzunligini qisqartirish, uning narxini kamaytirish bilan birga, gidravlik zarba vaqtida gidrodinamik bosim tebranishining kamayishiga olib keladi. Quvur har xil ko‘chishlardan, siljishdan, qulab tushadigan jinslardan saqlanishi shart. Quvur trassasi

bo'yicha filtratsiya, yer usti suvlarini, avariya holatida hosil bo'ladigan suvlarni oqizish ko'zda tutilgan bo'lishi kerak. Ochiq quvurlar ankerli tayanchlarga mahkamlanadi. Anker tayanchlar oralig'ida quvur o'qi to'g'ri chiziqqa ega bo'lishi kerak. Dastlabki hisoblarda oraliq masofa  $l \leq 6D_q$  mos holda olinadi. Anker tayanchlar soni texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadi.

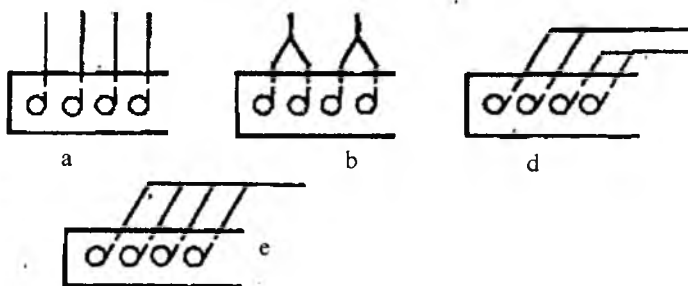
Quvurni loyihalashda ekspluatatsiya sharoitini hisobga olish zarur. Quvurni shunday joylashtirish kerakki, gidravlik zarba vaqtida vakuum hosil bo'lishining oldini olish uchun u eng past p'yezometrik sathdan pastda bo'lsin. Suv darvozalari (затворлар)dan keyin quvur to'ldirilganda havoni chiqarish vantuzlar va suv kamayganda havo berish uchun klapanlar o'rnatilishi kerak.

Quvurni ta'mirlash va tekshirish uchun eng qulay joyda teshiklar qoldiriladi. Agar quvur diametri 820 mm dan kam bo'lsa flanets qopqoqlar o'rnatiladi.

Suvni turbinaga yo'naltirish sxemalari 6.4-rasmda keltirilgan:

a - eng qulay sxema bo'lib, bunda har bir agregatga alohida quvur orqali suv keltiriladi. Bunda napor yo'qolishi eng kam bo'lib, o'rtacha naporda va katta suv sarfida qo'llaniladi.

b, d, e - sxemalarida quvurlar soni agregatlar sonidan kam qabul qilingan. Bunday hollarda quvurlarga sarf bo'ladigan xarajatlar miqdori kamayadi, lekin bitta quvur ishdan chiqsa, bir necha turbina to'xtashi mumkin.



6.4-rasm. Turbinaga suv keltirish sxemalari

### 6.1.3. Quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash

Quvur diametri oshib borishi bilan uning og'irligi, narxi va montaj xarajatlari miqdori  $Z$  ko'payadi. Shu bilan birgalikda diametr qiymatlari oshganda suv tezligi kamayadi, bu esa energiya va quvvat yo'qolishining kamayishiga olib keladi va shuning hisobiga ushbu yo'qolish xarajatlari  $P$  tejaladi. Iqtisodiy eng qulay diametr quvurni qurib bitkazishga sarf bo'lgan xarajatlarning bir yilga keltirilgan qiymati  $3$  va yillik xarajatlar miqdoriga  $P$  ko'ra aniqlanadi va bunda, ushbu shart bajarilishi kerak.

$$Z + P \rightarrow \min \quad (6.1)$$

Bir necha diametr uchun  $Z$  va  $P$  kattaliklarni hisoblab  $Z+P=f(D)$  bog'lanishni qurish va iqtisodiy eng qulay diametr  $D_i$  ni aniqlash mumkin.

$$D_i \approx \sqrt[3]{\frac{5,2 \cdot Q_{\max}^3}{H}} \quad (6.2)$$

$$D_i = 0,85 \cdot \sqrt{Q_{\max}} \quad (6.3)$$

Quvurning taxminiy, birlamchi diametrini turbina quvurlari uchun (6.2) bilan, NS bosim quvurlari uchun (6.3) formulalari bilan aniqlash mumkin. Yuqoridagi formulalar bo'yicha  $Q_{\max}$  qiymatlari oshib borishi bilan shunga mos ravishda quvur diametri ham oshib boradi. Lekin bunda shuni ta'kidlash lozimki, katta diametrli quvurlarni qurish xarajatlari haddan tashqari oshib ketadi, shu sababli bu formulalar quvurlar diametri 2, 0 m dan oshganda uncha to'g'ri kelmaydi.

Nasos stansiyalarda loyihalash tajribasiga tayangan holda bosim quvurining taxminiy diametri quyidagi 6.1-jadval orqali beriladi [16].

6.1-jadval

$Q_b,$ $m^3/s$	0,5	1,0	2,0	4,0	9,0	15,0	25,0	50,0
$D_i, \text{mm}$	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,5	3,0	4,0

Bunda,  $Q_h$  – quvurning hisobiy suyuqlik o‘tkazish unumdorligi,  $m^3/s$ . Bu qiymatni taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_h = (0,7-0,9) Q_n \cdot n \quad (6.4)$$

$Q_n$  – nasosning o‘rtacha ish unumdorligi,  $m^3/s$ ,  $n$  – bitta quvurga bir vaqtda ishlaydigan nasoslar soni.

$Q_h$  ning aniqroq qiymatini hisoblashda quvurdan o‘tadigan suyuqlik miqdorining ish davrida tez-tez o‘zgarib turishi hisobga olinadi.

$$Q_h = \sqrt[3]{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q^3 \cdot dt} \quad (6.5)$$

$Q_h$  – belgilangan vaqtdagi quvurning suyuqlik o‘tkazish unumdorligi,  $m^3/s$

$T$  – quvurning yil davomida ishlash vaqti.

Gidroenergetik qurilmalarlarning ish rejimi bosqichli grafik asosida bo‘lganligi uchun yuqoridagi formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$Q_x = \sqrt[3]{\frac{\sum Q_i^3 \cdot T_i}{\sum T_i}} \quad (6.6)$$

Quvurning ish jarayonida gidravlik qarshiliklarni yengishga sarf bo‘lgan energiya qiymati ham turbina quvurining suv o‘tkazish miqdoriga proporsional ravishda aniqlanadi.

$$E = 9,81 \cdot \eta_{GES} \int_0^T Q \Delta h dt \quad (6.7)$$

Bunda,  $\eta_{GES}$  – GES FIK,  $\Delta h$  – quvurdagi napor yo‘qolish qiymati.

$\Delta h = S \cdot Q^2$ , bunda,  $S$  – quvurning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti.

Demak,  $E = 9,81 \cdot \eta_{GES} \cdot S \int_0^T Q^3 \Delta h dt$ , bunda,  $Q_h^3 = \frac{1}{T} \int_0^T Q^3 dt$  deb qabul qilsak,

$$E = 9,81 \cdot \eta_{GES} \cdot S \cdot Q_h^3 \cdot T \quad (6.8)$$

Xuddi shuningdek, nasos stansiyalarning bosim quvurlarida yo'qolgan energiya qiymati quyidagiga teng bo'ladi.

$$E = \frac{\gamma}{102 \cdot \eta_{NS}} S \cdot Q_h^3 \cdot T \quad (6.9)$$

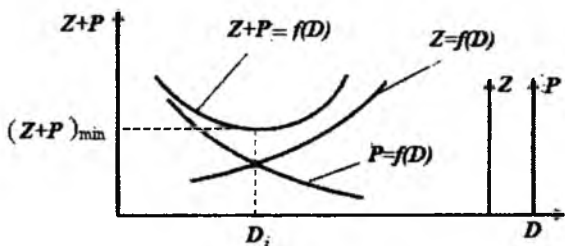
$\gamma$  - suyuqlikning solishtirma og'irligi.

Yo'qolgan energiya narxini quyidagicha aniqlash mumkin.

$P_e = E \cdot a$ , bunda,  $a$  - 1 kVt·soat elektr energiyasi narxi. Quvurning yillik xarajatlariga yo'qolgan energiyani qoplashga sarf bo'lgan xarajatlardan tashqari uni ta'mirlashga, foydalanishga sarf bo'lgan xarajatlar va amortizatsiya ajrimlari kiradi. Bu xarajatlar belgilangan me'yorlar asosida hisoblanadi.

$$P = P_e + P_t + P_a \quad (6.10)$$

Quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlashning grafik holdagi ko'rinishi quyidagicha (6.5-rasm).



**6.5-rasm.** Bosim quvurining eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash grafigi



Gidroenergetik qurilmalarning bosim quvurlari ularning muhim inshootlaridan biri hisoblanadi. Ba'zi hollarda uning xarajatlari gidroenergetik qurilmalar xarajatlaridan oshib ketishi mumkin.

Gidroenergetik qurilmalar bosim quvurlari asbest-sement, temir-beton va po'lat quvurlaridan iborat bo'lishi mumkin. Keyingi paytlarda polivinilxloriddan, polietilendan qilingan quvurlar ham ishlatilmoqda.

1. Asbest-sement quvurlar (VT-6, VT-9, VT-12) diametri  $D_i = 100-500$  mm bo'lishi mumkin. Bu quvurlar 1,5 MPa bosimgacha mo'ljallangan.

2. Yig'ma temir – beton quvurlari diametri  $D_i = 250-1500$  mm gacha bo'lib 0,5 – 15 MPa bosimga mo'ljallangan.

3. Diametri 1000 mm dan oshiq bo'lgan monolit temir-beton quvurlar o'rnatilish joyida tayyorlanadi va 0,5 MPa bosimga mo'ljallanadi.

4. Polietilen, polipropilen va polivinilxlorid kabi sun'iy materiallardan qilingan quvurlar. Bu quvurlar diametri  $D_i = 10...600$  mm bo'lib, 0,25–10 mPa bosimga mo'ljallangan.

Cho'yan quvurlarni yoki bo'ylama va spiral payvandli po'lat quvurlarni gidroenergetik qurilmalarning bosim qismida qo'llash maqsadga muvofiq emas.

Nasos stansiyasi bosim quvurlarining soni agar ularning uzunligi 100 metrdan kam bo'lsa nasoslar soniga teng qilib olinadi. Agar quvur uzunligi 100 – 300 metrni tashkil qilsa, quvurlarni birlashtirish texnik-iqtisodiy hisoblar bilan asoslanishi kerak. Bosim quvuri uzunligi 300 metrdan oshganda ular albatta birlashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Lekin shuni ham e'tiborga olish zarurki, bitta quvurga suv beradigan nasoslar soni uchta (juda kam hollarda to'rtta) dan oshmasligi kerak.

Bosim quvurlari soni bir nechta bo'ladigan bo'lsa, ular orasidagi masofani quyidagicha qabul qilish kerak:

$l=0,7$ m	agar quvur diametri	$D_{bk}<400$ mm
$l=1,0$ m	$D_{bk}=400-1000$ m	bo'lganda
$l=1,5$ m	$D_{bk}>1000$ mm	bo'lganda

## 6.2. GEQlarining tenglagich rezervuarlari (TR)

### 6.2.1. Tenglagich rezervuarlarni qo'llashning shartlari va vazifasi

GES yuklanishi tez o'zgarganda turbina quvuridagi suv tezligi va bosimi birdaniga o'zgarib gidravlik zarb hodisasi hosil bo'ladi.

Tenglagich rezervuarlar (TR) o'rnatilmagan bo'lsa, gidravlik zarb butun bosimli derivatsiya uzunligi bo'yicha tarqalishi va suv bir necha o'n va 100 marta oshishiga olib kelishi mumkin. Tenglagich rezervuar bosimli suv keltiruvchi tunnel oxiriga o'rnatilgan bo'lsa, gidravlik zarb to'liqini qaytariladi va u tunnelga o'tmaydi. Undan tashqari rezervuar hisobiga turbina quvuridagi suv bosimi kamayib o'tish jaryonida turbinani tartibga solish yaxshilanadi.

Tenglagich rezervuarining zarurligini o'tish jarayonini analiz qilish asosiga va har xil variantlarning texnik-iqtisodiy hisoblarini solishtirish natijasiga ko'ra aniqlanadi. Bu holda, albatta, GESning energiya tarmoqdagi qatnashuvi turbinani tartibga solish rejimlari hisobga olinishi kerak bo'ladi.

Dastlabki bajariladigan hisoblarda TR inshootini qurish GES bosimli suv keltiruvchi inshootidagi suv massasi inersiyasiga ko'ra aniqlanadi.

Bosimli (naporli) suv keltiruvchi tarmoq uchun inersiya vaqti  $T_v$  quyidagicha hisoblanadi:

$$T_v = \frac{Q}{gH} \left( \sum \frac{l_v}{f_v} + \sum \frac{l_{sk}}{f_{sk}} + \sum \frac{l_{so'z}}{f_{so'z}} \right) \quad (6.11)$$

bu yerda,  $Q$ ,  $H$  – hisobiy GES suv sarfi va napori;

$l_v$ ,  $f_v$  – naporli vodovod alohida uchastkalarining uzunligi va kesim yuzasi;

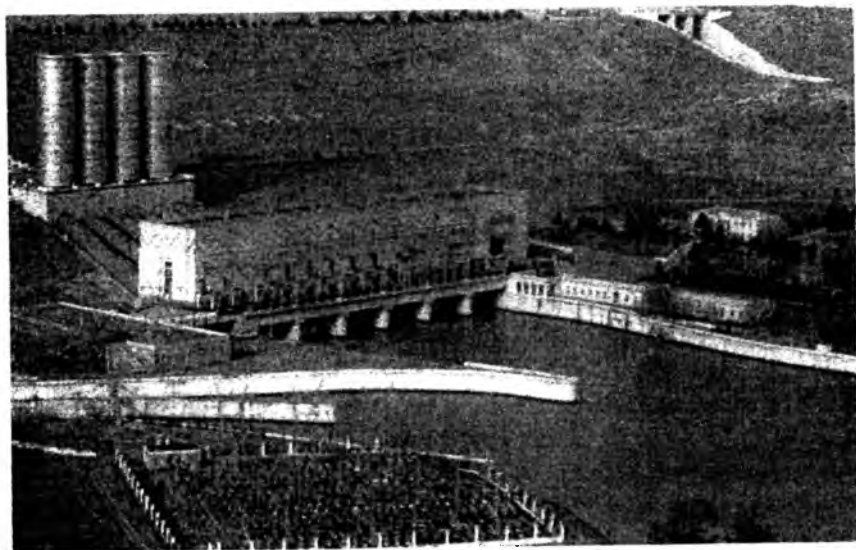
$l_{sk}$ ,  $f_{sk}$  – gidroturbina spiral kamerasi ichki uzunligi va yuzasi;

$l_{so'z}$ ,  $f_{so'z}$  – so'rish trubasi uzunligi bo'yicha vodovod uzunligi va kesim yuzasi.

$\Sigma L_v$  – turbina quvuri, spiral kamera va so'rish trubasi uzunligi va shu uzunlikdagi suv tezligi.

Katta quvvatli GESlarda TR zarurligi inersiya doimiysi  $T_v > 3-5$  s da yoki  $\Sigma L_v > (30...50)H$  ko'rinishda hisoblanadi.

O'rtacha quvvatli GESlarda  $T_v > 5-6$  s yoki  $\Sigma L_v > (50-60)H$  shartlardan aniqlanadi.



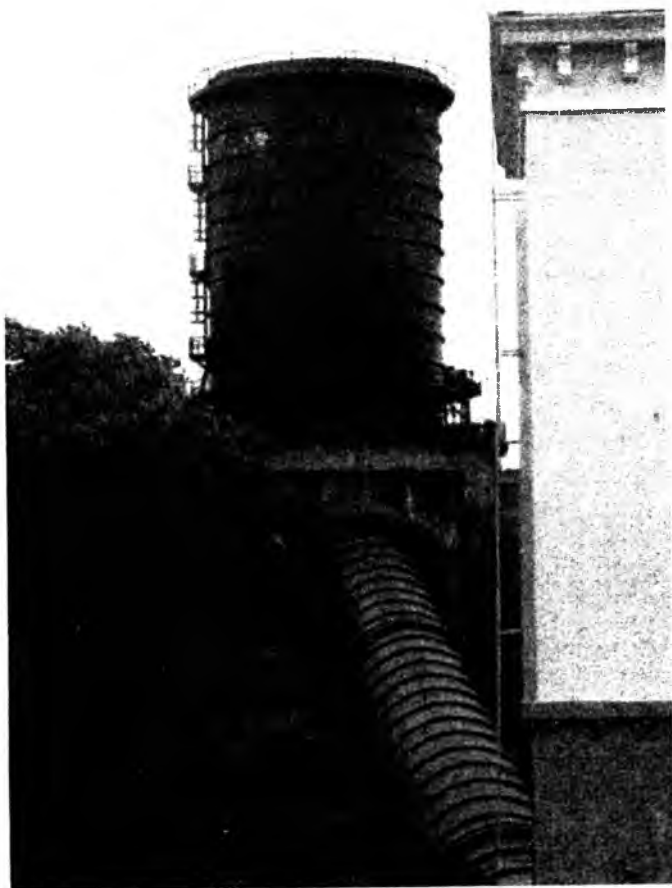
6.6-rasm. Mingechar GESi

Ayrim GESlar uchun vodovod inersiya doimiysi  $5-6 s < T_v < 10-12$  s oraliqda bo'lsa, unda rezervuar, turbina g'ildiragi oldidagi quyi befga suv chiqarib yuborishga, qulay va maqsadga muvofiqligiga qarab tanlanadi.

Uzun naporli vodovodi bo'lgan GES lar uchun  $T_v > 10-12$  s yoki  $\Sigma L_v > (100-120)H$  bo'lsa rezervuar inshooti qurish zarur hisoblanadi.

Agar GESda ortiqcha suvni chiqarish inshooti ko'zda tutiladigan bo'lsa, uning gidravlik zarbga ta'siri (baholanishi) tekshirilishi zarur.

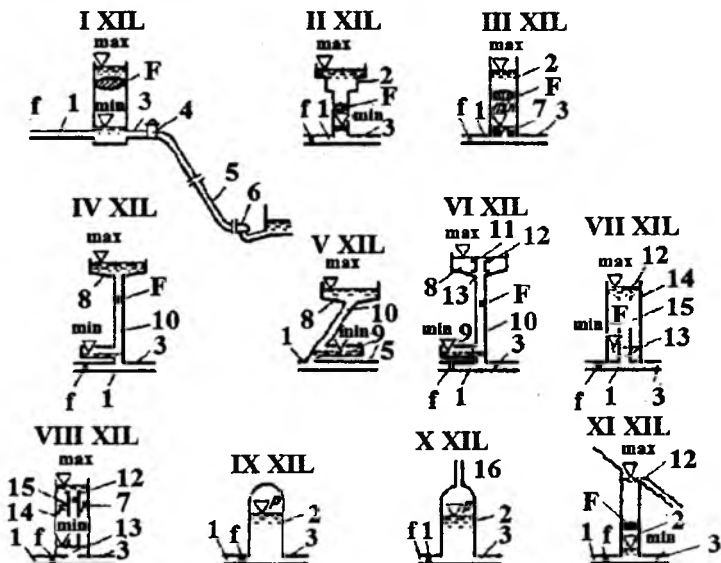
GESdan keyin suv uzun naporli derivatsiya orqali quyi befga uzatilsa, unda quyi rezervuarga zarurat tug'ilishi mumkin. Bu rezervuar to'g'ridan-to'g'ri suv uzatuvchi derivatsiya boshlanishida joylashadi. (6.6 va 6.7-rasm) larda ekspluatatsiyadagi tenglagich rezervuarlar o'rnatilgan GESlar ko'rsatilgan.



6.7 - rasm. Oqqovoq GESi tenglashtirgich rezervuari

### 6.2.2. Tenglagich rezervuarlarning turlari

GES va GAESlarda tenglagich rezervuarlar(TR)ning asosiy vazifasi turbin quvurida suv oqimi tezligi keskin o'zgarganda yuzaga keladigan gidravlik zarbaning oldini olishdan iboratdir. Tenglagich rezervuarlari bosim quvuri (tunneli)ning oxirida o'rnatiladi, agar ular bo'lmasa, gidravlik zarba paytidagi bosim keskin oshib ketadi va bu holat katta talafotga olib kelishi mumkin. TR 12 xil ko'rinishda bo'lishi mumkin(6.8-rasm).



6.8-rasm. Tenglagich rezervuar xillari

**I.** Silindr (dumaloq) ko‘rinishdagi rezervuar. Bu rezervuar shaxta ko‘rinishda bo‘lib, bir xil yuzaga ega. Konstruksiyasi eng sodda hisoblanadi va past naporda ishlatiladi. Eng qulay tomoni turbina tezlik regulatori ishini boshqa xildagilarga nisbatan asta-sekinlik bilan o‘zgarishiga olib keladi va sekin ta’sir qiluvchi regulatorlar zarur quvvatni ta’minlaydi.

**II.** Balandlikka kengayuvchi rezervuarlar past va o‘rtacha naporli GESlarda qo‘llanilishi mumkin. Yuklanish kamayganda napor derivatsiyasida suv sathini kamaytirish uchun ishlatiladi.

**III.** Qo‘shimcha qarshilikli rezervuar. Bunday rezervuarlar silindrik shaklda bo‘lib qo‘shimcha qarshilik orqali napor derivatsiyasi bilan ulanadi. Bunda gidravlik qarshilik zarb to‘lqinini pasaytiradi. Shuning uchun umumiy ko‘rinish kattaligi I xildagi rezervuardan kichik bo‘ladi. Bunday rezervuarlar uchun tez harakatlanuvchi tezlik regulatorlari kerak bo‘ladi. Ular o‘rtacha naporli GESlarda qo‘llaniladi.

*IV.* Ikki kamerali rezervuar yuqorigi va pastki kameralardan iborat bo'lib, shaxta (10) orqali bir-biri bilan birikadi shaxta qiyshiq, to'g'ri shaklda bajarilishi mumkin. Bunday rezervuar katta naporli GES larda ishlatiladi.

GES yuklanishi to'xtaganda shaxtadagi suv sathi tezda ko'tariladi; suv yuqorigi kamerani to'ldirayotganda, sath ko'tarilishi sekinlashadi. Derivatsiyadagi suv kinetik energiyasi potensial energiyaga o'tadi. Bir xil suv sathida suv hajmi og'irlik markazi yuqorigi kamerada silindrik rezervuarga nisbatan balandda joylashadi. Shuning uchun bu kameraning hajmi silindrik rezervuarga nisbatan kichik bo'ladi. Yuklanish oshganda shaxtada suv sathi va pastki kamera ishlay boshlaydi.

*V.* Ikki kamerali oqova novli rezervuar. Bunday rezervuarda yuqorigi kamera o'lchamlarini kamaytirish uchun oqova nov aylana shaklida qo'shimcha ravishda quriladi. GES yuklanishi kamayganda shaxtada suv sathi tezda ko'tarilib oqova nov uchigacha boradi va yuqorigi kamera to'la boshlaydi. Oqova novli yuqorigi kamera hajmi har doim oqova novsiz kameradan kichik.

Yuqori kameradan suv chiqarish uchun tik ushlagich (11) da teshiklar (13) qilinadi. Katta naporli GESlarda tenglagich rezervuarlar oqova novli bo'lsa, eng yaxshi konstruksiya hisoblanadi. Bunda oqova nov o'tish jarayoni payti bir xil napor hosil qiladi va turbina tezligini tartibga solishni yengillashtiradi. Pastki kamera GES yuklanishi (нагрузка) oshirilganda ikki kamerali rezervuar kabi ishlay boshlaydi.

*VI va VII.* Tenglagich differensial rezervuar. Ular tashqi kameradan va uning ichida joylashgan tik silindrdan iborat bo'lib, u napor derivatsiya bilan tutashgan. Ichki silindr teshiklarga ega bo'lib, tepa qismi ochiq va suv sathi ko'tarilganda, suv tashqi (14) silindrni to'ldira boshlaydi. Yuklanish to'xtatilganda VI rezervuar oqova novli rezervuar kabi ishlaydi, yuklanish oshganda qo'shimcha qarshilik (III kabi) sifatida ishlaydi. Qarshilik hosil qiladigan diafragma silindrning tepa qismida joylashishi mumkin (VII kabi). Agarda differensial rezervuarlarni yer yuzasida qurishga to'g'ri kelganda hamda ekspluatatsiya sharoitiga ko'ra to'liqsiz tez turbina ochilishi ko'zda tutilganda.

Bunda GES quvvati oz-moz oshishi to'lig'icha yoki birdaniga quvvat to'liq qiymatidan nolgacha o'zgara oladigan holat kuzatiladi.

Bunda turbina tezlik regulatori ishi yengillashadi, GES yuklanishi oshirilganda sezilarli tez harakat talab qilinmaydi.

**VIII.** Pnevmatik tenglangich rezervuarlar yopiq havo o'tmaydigan kameradan iborat bo'lib, uning ichki qismida suv yuza qismidagi bosim havo bosimidan oshiq,  $R > R_h$ .

GES yuklanishi yo'qolganda suv sathi pnevmatik rezervuarda ko'tarilib, havo qisiladi va suvning ko'tarilishga qarshilik ko'rsatadi. Napor tarmog'ida suv massasining tebranma harakatida havo bosimning o'zgaruvchan siqilishi kuzatilib, qisman havo bosimini tekshirib turish yoki kerak hollarda pnevmatik rezervuarga qayta havo to'ldirib turish talab qilinadi.

**IX.** Yarimpnevmatik tenglagich rezervuarlar yopiq kameradan va uning tepa qismidagi teshikdan iborat. Bu kichik teshik havoning pnevmatik rezervuardan chiqishi yoni unga kirishi uchun qarshilik bo'lib xizmat qiladi. Suv sathi tepasidagi siqiladigan havo borligi turbinani tezlik regulatoridan tez harakat qilishni talab qilinadi. MDHdagi GESlarda yarimpnevmatik rezervuarlarni ishlatish tajribalari ularning suv bosimi tebranishini sezilarli so'ndira olishi kuza-tilgan.

**X.** Suv tashlovchi rezervuar. Rezervuar balandligini kamaytirish maqsadida va inshoot narxini nisbatan pasaytirish uchun ayrim hollarda suv tashlovchi rezervuarlar qo'llanilishi mumkin. Bu holda gidroqurilmada elektrenergiyasi yo'qolishi va suv tashlovchi inshoot qurilishidagi mablag' sarfi kuzatiladi. Bunday rezervuar qurilishi nihoyatda aniq texnik-iqtisodiy hisoblar orqali amalga oshirilishi zarur.

**XI va XII.** Suv uzatuvchi derivatsiyadagi rezervuarlar. Quyi rezervuarlar tunnel ustida emas, vodovoddagi kabi, balki suv uzatuvchi tunnel trassasida joylashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Nisbatan katta bo'lmagan quyi byef sathi tebranishida rezervuarni uzun kamera ko'rinishida balandligi bo'yicha kattalashadigan qilib derivatsiyada o'rnatish taklif qilinadi (XI xil).

Tebranish amplitudasini kamaytirish maqsadida ayrim hollarda rezervuar diafragma ega bo'lishi mumkin (bir yoki ikki teshikka ega holda). Har bir teshik yuzasi suv uzatish vodovod kesim yuzasidan kichik bo'lmasligi kerak. Aks holda o'tish jarayoni vaqtida suv bosimi uzatish tunnelida va uzatuvchi truba oldida oshib ketishi mumkin. Agar rostlagich kamera uzun bo'lsa, kamerani qurish hajmini

kamaytirish uchun, diafragma o'rniga kamera tubi otmetkasini suv uzatuvchi tunnel tubi otmetkasidan ko'tarish taklif etiladi.

### 6.2.3. TRlar parametrlarini aniqlash

Tenglagich rezervuarlarini hisoblashda aniqlanishi zarur kattaliklarga:

1) gorizontaal kesimining kritik  $F_{kr}$  yuzasi (tebranishni so'ndiradigan);

2) GES yuklanishi «0» ga tenglashgandagi rezervuardagi eng katta suv sathi;

3) GES yuklanishi tezda oshganda rezervuardagi eng past suv sathi kiradi.

IV va V tipdagi rezervuarining tutashtiruvchi shaxtalari yuzasi tebranish to'liqin turg'unligi shartiga ko'ra tanlanadi. Bu shaxta balandligi esa eng chetki (pastki va yuqorigi) sathlardan aniqlanib, bu zonada kichik tebranishlar GES turg'un ishiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bunday sathlar eng baland statik sathdan barqaror GES rejimidagi  $Q=\max$  eng past sath esa suv omboridagi minimal sathiga to'g'ri keladigan vaqtda tanlab olinadi.

Yuqori otmetka tutashtiruvchi shaxtada eng baland statik sathdan teparoqda, pastkisi esa GES barqaror rejimidagi rezervuar qo'zg'almas sathidan kamroq olinadi.

Differensial rezervuarlar uchun (VI va VII tip) (5) va (6) shartlar tashqi silindrga tegishli bo'lib, ichki silindr maydoni ham hisobga olinadi.

Differensial VI va VII rezervuarlar va I va III tipdagi silindrik rezervuarlar kesimi yuzasi (7) shartdan beriladi va iqtisodiy hisoblarga ko'ra GES yuklanishsiz shartlarga asosan eng so'nggi  $F$  qiymati aniqlanadi.

Eng (katta) baland suv sathi, GES birdaniga yuklanishsiz qolganda, suv omboridagi sath eng yuqori otmetkadagi holda kuzatiladi. Suv oqib tushishi rezervuar tepa qismidan ruxsat etilmaydi. Shuning uchun rezervuar tepa qismi otmetkasi eng baland suv sathidan yuqoriroq olinadi.

Eng past sath suv omboridagi sath qo'zg'almas sathdagi holda kuzatiladi. Bunda avariya holati bir yoki ikki agregatlarning boshqalari qatoriga qo'shilishi va maksimal yuklanishda GES rejimini



(oʻrnatish) belgilash mumkin. Agregatlar FIK  $\eta = \max$  boʻlishi taʼminlanadi.

Chetki sathlarni ( $Z_{\max}$  va  $Z_{\min}$ ) hisoblashda gʻadir-budurlik koeffitsiyentining mumkin boʻlgan (chetlanish) farqlanishiga koʻra tuzatish kiritiladi. Tenglagich rezervuarni yuklanish pasayishiga hisoblashda naporli derivatsiya gʻadir-budurlik koeffitsiyentini kamroq (0,001 ga) qilib olinadi. Masalan, 0,013 oʻrmiga 0,012 olinishi kerak.  $Z_{\min}$  ni topishda esa pastki kamera hajmi oshganda gʻadir-budurlik koeffitsiyenti 0,001 ga oshirilib topiladi.

Hisoblash quyidagicha bajariladi:

Birinchisi  $F_{kr}$  topiladi va  $F > F_{kr}$  bir necha kattaliklar I, III, VI va VII tipdagi rezervuarlar uchun beriladi. IV va V tipdagi rezervuarlar uchun birlashtiruvchi shaxta kesimi yuzasi ( $F_{kr}$ ) dan topilib, bir necha kamera kesimi uchun kattalik beriladi. Har bir variant uchun  $Z_{\max}$  va  $Z_{\min}$  topiladi.

Rezervuarining optimal parametri texnik iqtisodiy hisoblarga koʻra rezervuar oʻlchamlarining napor, derivatsiya va turbina quvuriga xarajatiga taʼsiridan aniqlanadi. Iqtisodiy asoslangan derivatsiya va truboprovod diametri aniq boʻlsa, optimallik mezoni boʻlib kapital xarajatlarning minimum qiymati rezervuarga, derivatsiyaga va turbina quvurning bir qismiga nisbatan olinishi mumkin. Quvur qobigʻi qalinligi rezervuardagi maksimal suv sathiga koʻra oʻzgaradigan qismi olinadi.

Inguri GES ida togʻ jinsida oʻyib qilingan rezervuar balandligi 140 m ga teng

$$X_{\min} + X_{zah} \Rightarrow \min \quad (6.12)$$

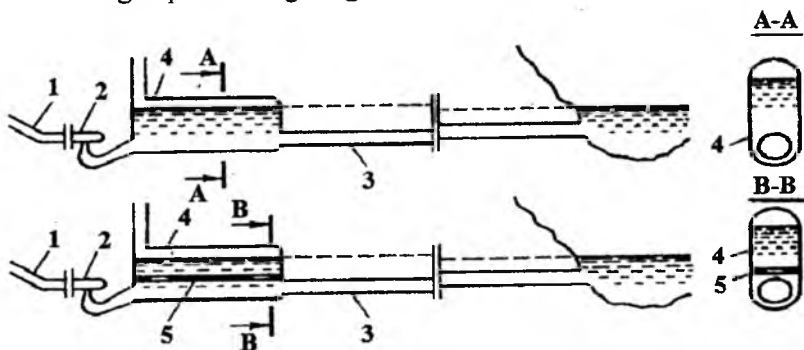
Kamerali tenglagich rezervuar uchun  $X_{\max}$  ning koʻpayishi yuqorigi kamera hajmini kamaytiradi va quvur narxini pasaytiradi.  $Z_{\max}$  oshganda derivatsiyada suv bosimi oshib, uning narxi oshishiga olib keladi.

Agar  $Z_{\max} = 1$  m boʻlsa, yigʻindi xarajatlar 3-grafikka asosan  $Z_{\max} = 4$  m ligini koʻrsatadi. Iqtisodiy tan olingan  $Z_{\max} = 3 - 5$  m ekanligi isbotlangan. Xuddu shuningdek,  $X_{\min}$  ni aniqlash mumkin.

Quvurni tanlashda aniqlovchi omil (faktor) boʻlib, suv havzasidan foydalanish chuqurligi  $h$ , m derivatsion vodovod uzunligi va kesim yuzasi va maksimal suv oʻtqazish kattaligi xizmat qiladi.

## 6.2.4. Tenglagich rezervuarlarda suv sathi o'zgarishining asosiy tenglamasi

GES yuklanishi birdaniga o'zgarganda turbina quvurida gidravlik zarb hosil bo'lib, tenglagich rezervuar va naporli derivatsiyada harakatlanayotgan suv massasining beqaror tebranma harakati vujudga keladi. Boshlang'ich, qisqa vaqt davrida, ikkala jarayon bir xilda kuzatiladi, so'ngra gidravlik zarb hodisasi juda tez so'nadi, suv massasining napor tarmog'idagi tebranishi davom etadi. (6.9-rasm).



**6.9-rasm.** Suv olib ketuvchi derivatsiyadagi tenglashtirgich rezervuar:  
 1 – turbinaga suv keltiruvchi vodovod; 2 – turbina; 3 – bosimli suv olib  
 ketuvchi derivatsiya; 4 – tenglashtirgich rezervuar;  
 5 – diafragma.

Tarmoqdagi suvning tebranma harakati quyidagicha yoziladi.

1. Tenglagich qo'shimcha qarshilikli rezervuar uchun suvning notekis harakati tenglamasi:

$$-Z = h + h_r + \frac{L}{g} \frac{d\theta}{dt} \quad (6.13)$$

bunda,  $z$  – suv omboridagi va rezervuardagi suv sathlari o'rtasidagi farq;

$h$  – p'yezometrik naporlar derivatsion vodovod uzunligidagi farqi;

$h_r$  – qo'shimcha qarshilikdagi napor yo'qolishi;

$L$  – naporli derivatsiya uzunligi (suv omboridan rezervuargacha);

$\vartheta$  – suvning naporli derivatsiyadagi o‘rtacha tezligi;

$\frac{Ld\vartheta}{gdt}$  – inersiya nabori hisoblanadi.

2. Suv oqimining uzluksizlik tenglamasi  $Z$  o‘qi yuqoriga yo‘nalganda tenglamaning ko‘rinishi:

$$Q_{TR} = \vartheta f - F \frac{dz}{dt} \quad (6.14)$$

bu yerda,  $Q_{TR}$  – quvurdagi suv sarfi;

$f$  – naporli derivatsiya ko‘ndalang kesimi yuzasi;

$\frac{dz}{dt}$  – rezervuardagi suvning (vertikal) tik ko‘tarilish tezligi.

3. Beqaror rejim davrida turbina napor tenglamasi

$$N_t = H_{st} + z + h_r - \Delta h_{quv} \quad (6.15)$$

bu yerda,  $N_t$  – turbina nabori;

$H_{st}$  – gidroturbinaning statik nabori;

$\Delta h_{quv}$  – quvurdagi napor yo‘qolishi.

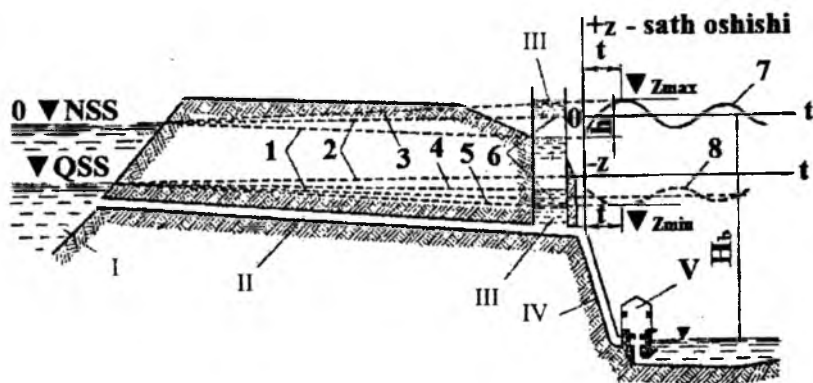
4. GES quvvati o‘zgarishi tenglamasi

$$N = N(t). \quad (6.16)$$

### 6.2.5. «Suv ombori - derivatsiya -tenglagich rezervuar» tarmog‘idagi suv massasi tebranishi

Tenglagich rezervuarli GESlarda yuklanish o‘zgarishi suv masasining naporli derivatsiyada va rezervuardagi tebranishini hosil qiladi. GES yuklanishi butunlay (yo‘qolganda) kamayganda quvurda suv harakati to‘xtaydi, lekin naporli derivatsiyada inersiya hisobiga bir necha vaqt davom etadi. Tenglagich rezervuarga quyiladigan suv, unda sath ko‘tarilishiga olib keladi va derivatsiyada suv tezligi sekinlashadi.(6.10-rasm). Rezervuardagi va suv omboridagi suv sathlari tenglashganda, derivatsiyada suv inersiya hisobiga ozgina vaqt davom etadi. Rezervuar to‘lganda, naporli derivatsiyadan unga suv tushishi to‘xtaydi. So‘ngra, suv teskari yo‘nalishda - rezervuardan suv qabul qiluvchi inshoot tomon harakatlanadi va rezervuardagi sath pasaya boshlanadi. «Naporli derivatsiya-tenglagich rezervuar» tarmo-

g'ida tebranma harakat vujudga kelib, ishqalanishga sarflanadigan energiya hisobiga so'nadi. Natijada rezervuarda gidrostatik sathlar bir xilligi yuzaga keladi (2-chiziq).



**6.10-rasm.** Tenglagich rezervuarda suv sathini tebranishini ko'tsatuvchi sxema:

*I – suv ombori; II – bosimli tunnel; III – tenglagich rezervuar;  
IV – turbina quvuri; V – GES binosi;*

*1 –  $Q_{max}$  dagi p'yezometrik chiziq; 2 – gidrostatik sath; 3 –  $Z_{max}$  dagi p'yezometrik chiziq; 4 –  $\nabla QSS$  va  $Q < Q_{max}$  dagi p'yezometrik chiziq; 5 –  $Z_{min}$  dagi p'yezometrik chiziq; 6 – barqaror suv sathining holati; 7 – yuklanish kamaygandagi suv sathi tebranishi; 8 –  $Q_{max}$  gacha yuklanish oshgandagi suv sathi tebranishi.*

Birdaniga GES yuklanishi ortsa, turbinadagi suv sarfi ko'payib, rezervuardagi suv sathi kamaya boshlaydi, naporli derivatsiyadagi suv tezligi osha boradi va rezervuardagi 8 - chiziq ko'rinishidagi tebranma harakat hosil bo'ladi.

Rezervuardagi suv tebranishi kattaligini va uning so'nish xarakterini bilish uchun (6.13)-(6.14) tenglamalarni birgalikda yechish kerak.

Tenglagich rezervuarlarning gidravlik hisobi EHMLlarda bajariladi. Bu hisoblashlarda gidravlik, mexanik va elektr mexanik jarayonlar GES va energiya tarmoq uchun hisobga olinadi.

## 6.2.6. Tenglagich rezervuardagi tebranishlar turg'unligi

GES ning beqaror ish rejimi uning gidravlik, mexanik va elektr-mexanik (bo'linmalarida) qismlarida o'tish jarayonlarini keltirib chiqaradi.

Gidravlik o'tish jarayonlariga naporli quvurda gidravlik zarb natijasida suv tezligi va bosimining o'zgarishi va suv massasining «derevatsiya-rezervuar tarmog'ida turbina yuklanishining tez o'zgarishiga qarab tebranishi kiradi.

Mexanik o'tish jarayonlari turbina aylanishlar sonining nominal qiymatidan farqi hisobiga hosil bo'ladi. Aylanishlar sonining «p» o'zgarishi har xil mexanizmlarning suv sarfi va turbina aylanishini o'zgartirishga olib keladi.

Elektr mexanik o'tish jarayonlari rotorning tebranishiga va natijada elektr yurituvchi kuch va kuchlanish o'zgarishi hisobiga vujudga keladi.

O'tish jarayonlarining oldini olish uchun maxsus elektr mexanik qurilmalar yoki tenglagich rezervuar o'lchamlarini qulay tanlash orqali erishish mumkin.

GEQlarning normal ekspluatatsiyasi uchun har qanday beqaror jarayon uning har qanday tarmog'ida tezda so'nadigan va barqaror harakatga o'tadigan bo'lishi shart.

GEQlarning ekspluatatsiyasida beqaror jarayonlarni so'ndirish shartini aniqlash masalasi, elektrstansiya turg'un ish rejimini ta'minlash masalasi deyiladi.

Turg'unlikning umumiy nazariyasi tenglagich rezervuarli GES barqaror rejimda «kichik» va «katta» turg'unlikka ajratiladi, bu esa elektr texnikada «statik» va «dinamik» turg'unlik deb yuritiladi.

Kichik turg'unlik deganda tarmoqqa ta'sir qilayotgan boshlang'ich qo'zg'alishga (to'liqinlanishga) aytiladi.

Katta turg'unlikni tekshirish (o'rganish) butun tarmoq turg'unligini har qanday oxirgi barqaror harakat qo'zg'alishidagi turg'unligini aniqlashdan iborat. Bunda tebranish so'nishi bilan tarmoq boshlang'ich barqaror harakat rejimiga yoki yangisiga o'tishi mumkin.

### 6.2.7. Alohida GES ishining kichik boshlang'ich tebranishdagi turg'unligi

Masalan, GES silindrik tenglagich rezervuar bilan alohida tarmoqda ishlayotgan bo'lsin. GES da tez harakat qiluvchi avtomatik tezlik turbina regulatori o'rnatilgan bo'lsin va u eng kichik tartibga solish parametri o'zgarishini hisobga olsin. FIK beqaror harakatda doimiy deb qabul qilamiz va GES quvvati o'zgarimas kattalikda turadi.

GES quvvati  $N_0$  suv sarfi  $Q_0$  va napor  $H_0$  da, qandaydir sabab bilan rezervuarda suv sathi  $\Delta Z$  ga kamaysa, unda agregat nabori kichik kattalikka kamayadi. Tezlik regulatori quvvatni  $N_0$  o'zgarimas qilishi uchun suv sarfi  $\Delta Q$  kattalikka oshiriladi. Napor derivatsiyasida suv tezligi ham  $\Delta$  ga oshadi va bu naporning uzunlikda sarflanishiga (yo'qolishga) olib keladi.

Quvvatning  $N_0$  va  $N$  (sarf va napor o'zgarishidagi) tenglik shartidan tenglama hosil qilamiz. Bu tenglamaning matematik analizi kichik tebranishlar so'nishi ikkita turg'unlik shartiga ko'ra aniqlanishini ko'rsatadi.

1. Rezervuar gorizontol kesimi yuzasi  $F$  kritik yuzasidan  $F_{kr}$  katta bo'lishi kerak.

$$F > F_w = \frac{L \cdot Q_0^2}{2gfh_0(H_w - h_0 - 3h_{10})h_0} \quad (6.17)$$

2. Tunnel  $h_0$  va truboprovoddagi  $h_{10}$  napor yo'qolishi yig'ilishi ( $Q_0$  max.da) statik napor  $H_{st}$  ning uchdan bir qismidan kichik bo'lishi kerak.

$$h_0 + h_{10} < 1/3 N_{st} \quad (6.18)$$

bu yerda,  $L$ —uzunlik,  $f$ —tunnel ko'ndalang kesimi yuzasi.

Agar turbina FIK o'zgarishini hisobga olsak, suv omborida va suv uzatuvchi kanaldagi to'liqiniy hodisalar rezervuar yuzasini  $F$  5% ga oshirish kerak bo'ladi.

Katta tebranishlar turg'unligini ta'minlash uchun GES yuklanishi o'zgarganda tenglagich rezervuar maydoni 1,05.  $F_{kr}$  bo'lishi aniqlangan. Agar real sharoitda loyiha kattaligining o'zgarishi ham hisobga olinsa:

$$F = (1,1-1,15) \cdot F_{kr} \quad (6.19)$$

ekanligi qabul qilinadi.

GES boshqa ES lar bilan elektr energetika tarmog'ida ishlayotgan turg'unlik sharti quyidagidan aniqlanadi.

$$F = \left( \frac{1,5N_k}{N_{EET}} - 0,5 \right) F_{kr} \quad (6.20)$$

$N_k$  – GES kafolatlangan quvvati;

### 6.2.8. Derivatsiya tarmog'idagi tenglagich rezervuarlar va bir necha rezervuarlarning birgalikdagi ishi

Naporli suv uzatuvchi derivatsiyada rezervuar suv uzatuvchi trubadan keyin joylashadi. Rezervuar o'rnatilishi suv uzatuvchi trubada vakuum ( $N_v > B-10$ ) qiymati gidravlik zarb fazasida kuzatilgan hollarda ruxsat etiladi. B - barometrik bosim turbina o'rnatilgan otmetkada olinadi (6.11-rasm).

Vakuum qiymati

$$H_0 = H_n + \frac{L_i(q_i \cdot g^2) - L_v(q_v \cdot g^2)}{2g} (1 + \Delta h) - h_w + \Delta h H_0 \frac{L_{svr} \cdot g_{svr}}{\sum L \cdot g} \quad (6.21)$$

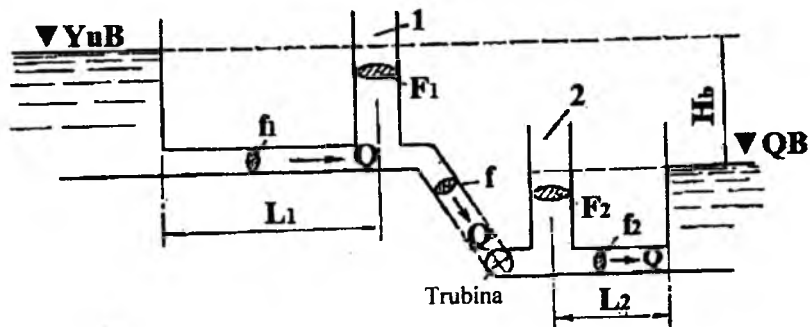
bunda,  $H_{si}$  – i kesimda suv tortish balandligi;

$v_i$  va  $v_v$  – i kesimda va suv uzatuvchi trubadan chiqishdagi kesimdagi suv tezliklari ( $H_0$  – naporda va  $q_{i0}=1$  ξ suv sarfida);

$L_i$  va  $L_v$  suv tezligining notekis taqsimlanganlik koeffitsiyentlari;  
 $h_w$  – suv uzatuvchi trubadagi napor yo'qolishi.

Agar GES da bitta rezervuar o'rnatilgan bo'lsa, ularning turg'unligini ko'rsatadigan tenglamalar o'z kuchini yo'qotmaydi. Bunda L va f – naporli suv uzatuvchi derivatsiya uzunligi va kesimi yuzasi;  $h_0$  – shu uzunlikdagi napor yo'qolishi barqaror rejimda va  $Q_0 \max$  da topiladi.

GES ishi turg'unlik sharti ikkita rezervuar qo'llanilganda anchagina qiyinlashadi.



**6.11-rasm.** Ikki tenglashtirgich rezervuarli GES sxemasi:  
 1 – suv keltiruvchi derivatsiadagi rezervuar; 2 - suv olib ketuvchi  
 derivatsiadagi rezervuar.

### 6.3. GES va GAESning gidrotexnik tunnellari

#### 6.3.1. Gidrotexnik tunnellarning turlari

Gidrotexnik tunnellar suv o'tkazish uchun mo'ljallangan bo'lib, ularni loyihalash qurilish norma va qoidalariga mos bo'lishi shart.

GEQ larning gidrotexnik tunnellari vazifasiga ko'ra 1) derivatsion; 2) suv tashlovchi; 3) turbinaga oid xillarga bo'linadi. Suv keltiruvchi va suv (uzatuvchi) chiqazuvchi tunnellar GEQ larida napor hosil qiladi. Suv tashlash tunnellari suv omboridagi ortiqcha suvni o'tkazish uchun mo'ljallanadi. Bunday tunnellar ekspluatatsiya va qurilish tunnellariga ajratiladi.

Chorvoq GESi shaxtali suv tushirish ( $\varnothing 11$  m) inshooti  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  suvni 150 m naporda o'tkazish qobiliyatiga ega. Turbina tunneli diametri 9 m. MDH dagi hamma tunnellar uzunligi 500 km ga yaqin. Hozirgi davrda tunnelli derivatsiyali GES larda 50 ga yaqinini qurish mo'ljallanmoqda. Ulardan ayrimlarida gidroagregatlar yer ostida joylashadi.

Gidrotexnik tunnellar naporli, naporsiz va o'zgaruvchan rejimda ishlaydigan xillarga bo'linadi. Naporli tunnellarda ichki suv bosimi ortiqcha bo'ladi. Napor tunnellarini suv omboridan suv chuqurligi katta hollarda qo'llaniladi. Suv olish teshiklari yuqori byef eng past sathidan 1,5–2 m chuqurlikda joylashtiriladi.



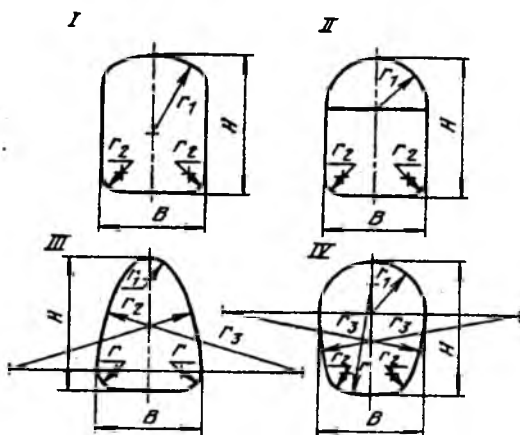
Naporsiz tunnellar yuqori baf suv sathi o'zgarmas yoki kam o'zgaradigan hollarda va yer qatlami tuzilishi nisbatan kuchsiz jinsli bo'lganda ishlatiladi.

Naporsiz tunnel oxirida sutkalik taqsimlashni amalga oshirish maqsadida maxsus havza qilinadi. Naporsiz tunnel (formasi) shakli yerning geologik sharoitiga bog'liq ravishda olinadi.

Qattiq toshlarda to'g'ri burchakli qirqimda tik devorli, kuchsiz jinslarda esa taqasimon qirqim olinadi. Dumaloq shaklli qirqim naporsiz tunnellarda shitli kovlash ishlarida qabul qilinadi. Naporli tunnel qirqimining dumaloq bo'lishiga sabab, silindr ishlov berish ichki suv bosimini yaxshi qabul qilishidir (6.12 - rasm).

Suv keltiruvchi va chiqaruvchi tunnellar uchun har xil parametrlri qirqim qatorlari qabul qilingan bo'lib, tunnel diametrlari 2–6 m gacha 0,5 m dan; 6–15 m intervalda esa 1 m dan olinadi.

Ko'ndalang kesim tunnellar uchun ish bajarish shartiga ko'ra tanlanadi: yumaloq kesim uchun minimal diametr 2 m. boshqa qirqimlar uchun kenglik 1,5 m va balandligi 1,8 m olinadi. Turbina tunnellari turbinaga suv keltirish uchun mo'ljallanib, har doim naporli qilib quriladi.



**6.12-rasm.** Bosimsiz tunnelning ko'ndalang kesimi:

*I – botiq yoysimon to'g'ri burchakli; II – yarim aylanasimon to'g'ri burchakli; III – tuxumsimon; IV – taqasimon.*

### 6.3.2. Derivatsion tunnel yo'lini tanlash

Injener-geologik izlanishlar natijasiga ko'ra derivatsion tunnel trassasi tanlanadi. Bu izlanish natijalariga qarab, uzunlik va ko'ndalang geologik qirqimlar har bir trassa variantiga tuziladi.

Suv olish inshootidan stansiya uzelligacha tunnel o'qi eng qisqa yo'nalishda o'tkazilishi kerak.

**To'g'ri chiziqli tunnel:** tog' massiviga yo'nalganda ikkala tomonidan boshlab qaziladi.

Oxirgi paytda tunnel qazishda kombayn usulidan foydalanilmoqda. Qazish tezligi  $100 \text{ m}^2$  kesimda  $400 \text{ m/oy}$ ,  $10 \text{ m}^2$  yuzada  $2 \text{ km/oy}$  ga teng bo'lishi mumkin.

Asosiy derivatsion tunnel trassasi har tomonlama texnik-iqtisodiy analiz orqali qabul qilinadi.

Inguri GES ida naporli suv keltiruvchi tunnel ichki diametri  $9,5 \text{ m}$ . Tunnel uzunligi  $15 \text{ km}$ . Yer osti binosida  $1,3 \cdot 10^6 \text{ kVt}$  quvvatli agregat joylashgan. Hisobiy suv sarfi  $Q_h = 450 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suv chiqaruvchi tunnel kesimi shu sarfga mo'ljallangan bo'lib,  $116 \text{ m}^2$  ni tashkil etadi, uning uzunligi  $3,15 \text{ km}$ . Ko'p uchastkasida uchraydigan monolit beton qoplamasi qalinligi  $0,5-0,7 \text{ m}$ .

Agar derivatsion tunnel egri chiziqli trassa bo'yicha loyiha qilinayotgan bo'lsa, burilish burchagi  $60^\circ$  dan oshmasligi va egrilik radiusi  $5$  diametrdan kam bo'lmasligi kerak. Boshlang'ich va oxirgi uchastkalarda kovlash oralig'iga teng, lekin  $6 \text{ m}$  dan kam bo'lmagan ravishda trassa o'qi to'g'ri chiziqli bo'lishi kerak.

To'lig'icha geologik-qidiruv bajarilmaganligi juda katta xatoliklarga va trassani o'zgartirishga olib kelishi mumkin. Bu GES qurilishining qimmatlashuviga va uzoq muddatda bajarilishiga majbur qiladi.

### 6.3.3. Gidrotexnik tunnellingning ichki qismini mahkamlash

Tunnellarni vaqtincha mustahkamlashni kovlash vaqtida (kreplar) ushlab turgichlar yordamida amalga oshiriladi. Kovlashni mustahkamlash va tunnelga ichki qiyofa berish uchun mo'ljallangan konstruksiyani ishlov berish yoki qoplama qilish deyiladi.

Ishlov berish konstruksiyalari tutib (ko'tarib) turuvchi va to'g'rilovchi (ko'tarmaydigan) xillarga ajratiladi. Gidrotexnik tunnel-

larga ishlov berish tog' bosimini qabul qilishga, suvning ichki bosimini, tog' jinsini suv va havo ta'siridan himoya qilishga, suv chiqishining oldini olishga, g'adir-budurlikni kamaytirishga mo'ljallanadi.

Pardoz beruvchi qoplamalar – mustahkam, uzoq turadigan, suv o'tkazmaydigan bo'lishi kerak. Ishlov berish parametrlariga qalinlik, g'adir-budurlik va boshqalar kiradi. Bu parametrlar texnik-iqtisodiy hisoblarga asoslanadi. Ishlov berish shakli va konstruksiyasi yer osti inshooti gabariti, nimaga mo'ljallangani, injener-geologik sharoitlari va kuch ta'sirlariga qarab aniqlanadi.

Napor tunnelini qoplamasiz mustahkam toshli yerlarda loyihalash mumkin. Bunda tunnel chuqurligi ichki suv napori qiymatining yarmidan katta bo'lishi talab qilinadi. G'adir-budurlikni kamaytirish uchun tunnelda silliq portlatish ishlari amalga oshiriladi. Qoplama material bo'lib beton, temir-beton, po'latlar ishlatiladi. Bu materiallarning modifikatsiyalangan turiga purkalma-beton, armaturalangan purkalma-beton, torkret, temir-betonlar kiradi.

#### **6.3.4. Derivatsion tunnel parametrlarini tanlashda gidravlik va iqtisodiy hisoblash**

Derivatsion tunnel parametrlarini tanlashda texnik-iqtisodiy taqqoslash natijasiga ko'ra asosiy variantlar qabul qilinadi.

Buning uchun ishlar hajmi, qoplamalar mustahkamligi, gidravlik rejim, filtratsiya va boshqa hisoblarini bajarish va uning natijalariga ko'ra, kapital mablag' -K, yillik ekspluatatsiya chiqimlari -I va hisobiy xarajatlar topiladi -X,

$$- X = E_N K + I.$$

##### **A. Naporsiz tunnel.**

Gidravlik va iqtisodiy hisoblar derivatsion kanallarnikiga o'xshash.

Qiyalik  $t = \frac{Q_h^2}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R}$  formuladan tunnelning maksimal sarfi tinch rejimdagi holatida olinadi.

Iqtisodiy qulay tunnel kesimi keltirilgan xarajat  $X_t$ , aralash inshootlar  $X_s$ , yo'qolgan energiya va quvvat hisobiy narxi P xarajatlari hisoblanadi.

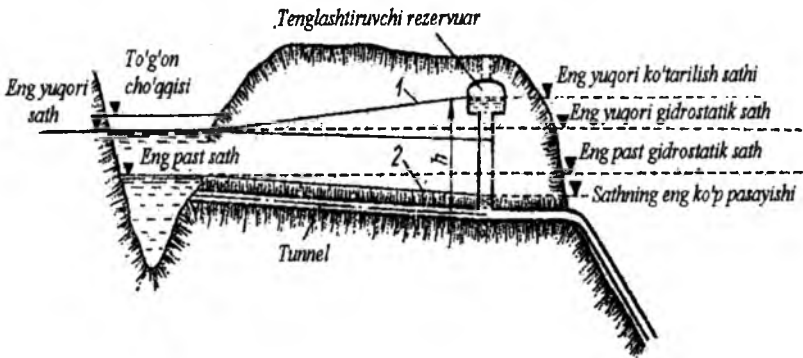
Tunnel ishlari ochiq kanal ishidan qimmat bo'lganligi uchun eng qulay suv tezligi naporsiz tunnelda 2,5–3,5 m/s olinadi.

### B. Naporli tunnel.

Naporli tunnel gidravlik jihatdan quvurga o'xshash. Suvning tunneldagi barqaror harakatida p'yezometrik qiyalik

$$i = \frac{g^3}{C^2 R} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad \text{formuladan aniqlanadi.}$$

P'yezometr chiziq 1 ning eng baland nuqtasi beqaror suv harakati hisoblaridan topiladi. Shunda tunnel qoplamasi mustahkamligini hisoblashga napor topiladi. 2-liniya eng past suv sathida qo'shilgan yuklanishida aniqlanadi. Bulardan tashqari tunnelga kirish va chiqish otmetkasini belgilash kerak, chunki tunnelda vakuum bo'lmashligini va havo so'rilishni oldini olish kerak bo'ladi (6.13-rasm).



6.13-rasm. Bosimli derivatsion tunnel uchun p'yezometr chiziqlari

Iqtisodiy foydali tunnel diametri tenglagich rezervuar optimal parametrlarini aniqlash orqali va suv qabul qilish inshooti va turbina quvuri narxining o'zgarishi orqali olinadi.

Napor tunneli to'liq kesimda ishlagani uchun, o'rtacha yillik energiya yo'qolishi  $E_{yo'q}$ ,  $Q$  ga proporsional bo'ladi:

$$E_{yo'q} = 9.81 \cdot \eta \int_0^T Q \cdot \Delta h \cdot dt \quad \text{kVt·soat/yil,}$$

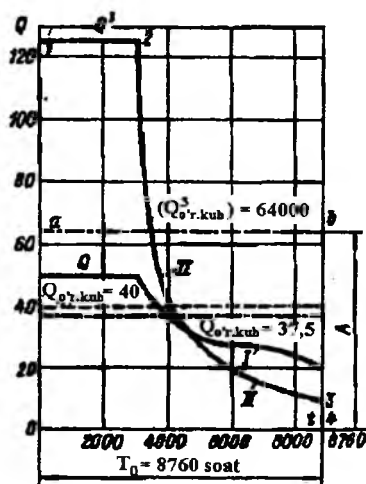
bunda,  $\eta \approx 87\%$

$$\Delta h = a \cdot g^2 = B \cdot Q^2 = \frac{L \cdot Q^2}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R}, \quad (6.22)$$

$$E_{yo'q} = \frac{9,81 \cdot \eta \cdot L}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R} \cdot T \cdot Q_{o'k}^3 = m \cdot \overline{Q_{o'k}^3} \cdot T, \quad (6.23)$$

$Q_{o'k}^3$  – o'rtacha kubik suv sarfi;  $T$  – tunnel o'rtacha yillik ishlash soati.

Agar tunnel sarfi grafigi aniq bo'lsa, sutkalik taqsimlashda (1-egri chiziq), unda hamma ordinatalarni (suv sarfini) kubga ko'tarib II - egri chiziqni olamiz (6.14-rasm):



6.14 - rasm. Suv sarfining davomlilik grafiglari

$$Q_{o'k} = \sqrt[3]{\frac{1}{T} \int_M Q^3 \cdot dt} = \sqrt[3]{A}, \quad (6.24)$$

bu yerda,  $A$  – to'g'ri burchak Oab-4 ordinatasi ( $m^9/s^3$ )

Tunnel kesimi maksimal tezlikka  $Q_{max}$  da tekshiriladi.  $v_{max}=2,5-5$  (4-6) m/s olinib, u GES ning turg'un ish rejimi bo'yicha mumkin bo'lishi kerak.

Turg'un ishlash shartiga ko'ra,  $Q_{max}$  da turbina quvuridagi va tunneldagi napor yo'qolishi  $h_{\Sigma}=(h_{tum}+h_{quv})$  statik naporning uchdan bir qismidan kichik bo'lishi kerak.

$$h_{\Sigma} < \frac{1}{3} H_{st}, \quad h_{\Sigma} = h_{tun} + h_{quv} \quad (6.25)$$

A.A. Morozov taklifiga ko'ra tunneldagi maksimal tezlik

$$v_{max} = (0,7-0,8) \cdot v_{chegara}$$

yoki

$$g_{max} = (0,4-0,45) \sqrt{\frac{H_0 C^2 R}{L}}$$

kattalikda ruxsat etiladi.

Energo-iqtisodiy hisoblardan  $D_{iq}$  aniqlanadi. Dastlabki hisoblarda  $D_{iq} = 0,85 \sqrt{q_{quv}}$ ,  $q_{quv}$  - 1 p.m. (Pogon.metr) quvur uzunligidagi o'rtacha kubik suv sarfi.

## 6.4. GEQlarning bosim havzalari

### 6.4.1. GEQlarning bosim havzalari jihozlari va inshootlari kompanavkasi

Naporsiz derivatsiyani (kanal, tunnel, lotok) GES turbina quvuri bilan tutashtirishda bosim havzasi qo'llaniladi.

Demak, bosh funksiya – bosim havzasi uchun naporsiz oqimni naporli oqimga o'tkazishdir. Bundan tashqari bosim havzasidan sanoatga, kommunal xo'jaligiga, qishloq xo'jaligi suv ta'minotiga suv olinishi mumkin. Suvda suzuvchi zarrachalar kanalda uchrasa avankamera qo'shimcha ravishda tindirgich vazifasini bajaradi.

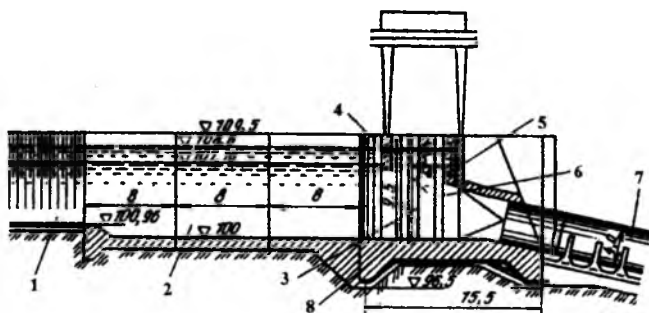
Inshoot joylashishi tabiiy, texnik va iqtisodiy omillardan aniqlanadi. Planli kompanovka GES turbinasiga suv berish vazifasiga ko'ra frontal, yondan, qiyshiq xillarga ajratiladi.

Bosim havzasida avankamera (2) kengaygan va chuqurlashtirilgan oxirgi uchastkasiga va suv olish inshootiga (4) ajratiladi. Bu oraliqda suv oqimi GES turbina quvurlariga taqsimlanadi. Agar suv qabul qilish inshooti bir tomonlama suv bosimiga uchrasa, uni naporli devor deb ataladi (6.15-rasm).

Agar avankamera kesimi yuzasi derivatsiya kesimidan 1,5–2 marta katta bo'lsa, bosim havzasi frontal qisqa deyiladi. Qisqa napor frontli avankamerada o'rtacha suv tezligi 0,6–0,8 m/s bo'lishi kerak.

Agar yuzalar nisbati (2,6–8) ga teng bo'lsa, keng napor frontli deyiladi.

Avankamera tubi va qiyaligi silliq qilib derivatsiya bilan tutash-tiriladi. Ular beton bilan qoplanadi, bu qoplama suv filtratsiyasini kamaytiradi.



**6.15 - rasm.** Bosimli havza elementlari:

- 1 – derivatsion kanal; 2 – avankamera; 3 – ta'mirlash to'sig'i pazlari;  
 4 – suv qabul qiluvchi kamera; 5 – havo o'tkazuvchi quvur;  
 6 – avariya to'sig'i pazlari; 7 – turbina quvuri; 8 – chiqindi ushlovchi panjara pazlari.

Suv olish inshooti bir necha suv oluvchi kameradan iborat. Bu kameralar zatvor va qaytaruvchi balka bilan jihozlanadi. Bu balkaning uchi suv sathidan 0,5–1,5 m chuqurlikda joylashadi.

#### 6.4.2. Bosim havzasi gidravlik hisoblari

Bosim havzasi o'lchamlari, shakli va kattaligi gidravlik hisoblardan, model tekshirishlaridan va har xil variantlarni texnik-iqtisodiy taqqoslashdan aniqlanadi.

Gidravlik hisoblash natijasida quyidagilar aniqlanadi:

- 1) GES ish rejimiga mos avankameradagi suv sathi;
- 2) napor havzasi chegarasida napor yo'qolishi va bu kattalikning suv o'tkazuvchi trakt elementlari bo'yicha tashkil etuvchilari;
- 3) cho'kindilarning harakatlanishini;
- 4) muz harakatini;
- 5) tezlik taqsimlanishining uzunlik va ko'ndalang oqimdagi xarakterini va boshqalar.

Suvga botmaydigan sathni bosim havzasi suv oluvchi qismida GES yuklanishini butunlay to'xtatganda hisoblanadi.

Bu holda avankamera va naporsiz derivatsiyada beqaror suv harakati kuzatiladi. Agar suv sathining maksimal ko'tarilishini  $\Delta h_{\max}$  dastlabki hisoblashda

$$\Delta h_{\max} = \frac{Q}{B}(C - g) \quad (6.26)$$

formuladan olinadi.

$B$  – avankameradagi normal yuklanishdagi suv sathi kengligi;

$g$  – yuklanishda avankamera oxiridagi suv tezligi;

$Q$  – to'xtatiladigan turbina suv sarfi.

Taqrriban hisoblashda yetarli aniqlikda  $C$  ushbu formuladan topiladi:

$$C = \sqrt{g \cdot h_a}, \quad (6.27)$$

bu yerda,  $h_b$  – avankamera oxirida barqaror harakatdagi suv chuqurligi.

Suvga cho'kmaydigan devor sathi  $d$  avankamerada maksimal sathdan  $\Delta Z$  balandlikda belgilanadi. Uning kattaligi

$$\Delta Z = h_g + \delta, \quad (6.28)$$

bu yerda,  $h_b$  – shamoldan hosil bo'lgan to'liq balandligi;

$\delta$  – shamol to'liqini ustidagi qo'shimcha sath.

Sarfi  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  dan ortiq napor havzasi uchun  $\delta=0,40-0,75 \text{ m}$ ,  $Q < 30 \text{ m}^3/\text{s}$  da  $\delta=0,25-0,35 \text{ m}$  ruxsat etiladi.

Gravitatsion shamol to'liqini balandligi  $h_g$  QNvaQ (СНнП) II-57-75 dan aniqlanadi.

GESning hamma agregatlari ishlaganda (1-tasi ishlamasligi mumkin), va  $T_0$  vaqtda shu agregat to'liq quvvatiga ishlasa, eng past suv sathi  $-\Delta h_{\max}$  taqrriban topilishi mumkin:

$$-\Delta h_{\max} = \frac{Q_1}{C \cdot B}, \quad (6.29)$$

bu yerda,  $Q_1$  – 1 ta agregat suv sarfi,

$-\Delta h_{\max}$  – hisoblanib  $Z_{\min}$  topiladi. Keyin turbina quvurning yuqori qismini cho'ktirish balandligi belgilanadi va havo so'rilishga yo'l



qo'yilmaydi. Qo'shimcha  $\Delta Z$  balandlik 0,5 m qilib olinadi va quyidagi formula orqali tekshiriladi:

$$\Delta Z = 3 \cdot \frac{g_{\text{qim}}^2 - g_{\text{kir}}^2}{2g} \quad (6.30)$$

Suv oluvchi kamera ko'ndalang oqim bo'yicha shunday qabul qilinadiki, bunda panjaradan tezlik kattaligi ruxsat etilgandan katta bo'lmasligi va bir tekis turbina quvuriga suv berish ta'minlangan bo'lish kerak.

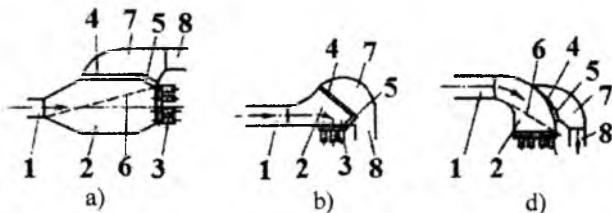
### 6.4.3. Sutkalik tartibga solish bosim havzalari

Sutkalik tartibga solish bosim havzalar (STSBH) sun'iy ravishda hosil qilinib, suv hajmini to'plashga mo'ljallanadi va GES ishini sutkalik tartibga solish imkonini beradi. Havza foydali hajmi va suv olinish chuqurligi energiya-iqtisodiy hisoblardan aniqlanadi. Havza asosan, naporsiz derivatsiya oxirgi uchastkasida yaratiladi.

Birinchi sxema qulay hisoblanadi va toshqin suv davrida STSBH loyqa bosishi tezlashadi. Boshqa sxemalarda toshqin suv davrida sutkalik basseyn SB ajratib qo'yilishi mumkin.

STSBH ning derivatsion kanalda joylashgani 6.16-rasmda ko'rsatilgan.

- a) STSBH to'g'ridan - to'g'ri kanalda joylashgan;
- b) STSBH kanalning bir tomonida;
- d) STSBH aylanma kanal bilan.



6.16 - rasm. Suv qabul qilish kamerasiga suv keltirish sxemasi:  
*a* – frontal; *b* – yon tomonlama; *d* – egri; 1 – derivatsion kanal;  
 2 – avan-kamera; 3 – turbina quvuri; 4 – oqova nov; 5 – muz  
 tashlagich; 6 – yo'naltiruvchi devor; 7 – tez oqimni qabul qiluvchi  
 lotok; 8 – tez oqim.

Naporsiz derivatsiya past o'tmetkali joylarda ko'llarni, chuqurliklarni kesib o'tsa, ularni SB yaratishga foydalanish kerak. U holda derivatsiya kompanovkasi ikki uchastkaga bo'linadi: yuqorigi-tartibga solinmaydigan kanal ko'rinishida va quyi-tartibga solinadigan kanal ko'rinishida, uni pik kanal deb ataladi.

STSBH joylashishi suv keltiruvchi derivatsiya gidravlik rejimiga ta'sir ko'rsatadi.

STSBH su'niy suv havzasi bo'lgani uchun u yer osti suvlarining tabiiy rejimini buzadi. Shuning uchun loyihalashda filtratsiya hisoblariga katta ahamiyat beriladi.

STSBHni loyqa bosishi qo'zg'almas suv sathini belgilashda hisobga olinadi. Cho'kindilarni yuvuvchi qurilmalar mavjud bo'lganda qo'zg'almas suv sathi balandligi 1 m (Rion va Krasnopolyansk GES lari).  $V_f^{SB}=258000 \text{ m}^3$  Krasnopolyansk GESi da foydali hajm 6 m chuqurlikka ishlatilganda  $F=48000$  dan  $38000 \text{ m}^2$  gacha o'zgaradi.

STSBH ni loyihalashda, undan kompleks foydalanish vazifasi qo'yiladi. Masalan: STSBH da suvda suzuvchi qushlarni ko'paytirish, baliqlarni urchitish yoki dam oluvchilar uchun sport bazasi yaratish maqsadga muvofiqdir. STSBH ni xo'jalik uchun ishlatilsa, qo'shimcha inshootlar ko'zda tutiladi.

Suv energetika hisoblarini STSBH uchun bajarishda bug'lanishga suv yo'qolishini, sovuq iqlim sharoitida muz hosil bo'lishini hisobga olinadi.

Ekspluatatsiya qilinishiga ko'ra STSBH muzlaydigan va muzlamaydigan xillarga ajratiladi.

Sutkalik havza hajmi:

$$V = \frac{367 \cdot E}{H}, \text{ m}^3$$

bu yerda, H – napor;

E – SBH hisobiga ishlab chiqiladigan energiya.

### Nazorat savollari

1. GESlarda turbina quvurlarining qanday turlari mavjud?
2. Quvurlarda temperatura, cho'kish ta'sirida bo'ladigan o'zgarishlarga qarshi qanday chora qo'llaniladi?

3. Quvurlardagi anker tayanchlar qanday joylarga o'rnatiladi va ular orasidagi masofa qancha bo'lishi kerak?
4. Quvurning eng iqtisodiy qulay diametri nimaga asoslanib aniqlanadi?
5. Quvurda napor yo'qolish qiymati qanday aniqlanadi?
6. Quvurdan o'tadigan hisobiy suv sarfi qanday aniqlanadi?
7. Quvurdan suv o'tish mobaynida energiyaning bir qismi nima uchun yo'qoladi?
8. Bosim quvurlari qanday materiallardan ishlab chiqariladi?
9. Bosim quvurlarida qanday qo'shimcha moslama, uskuna va asboblardan o'rnatilishi mumkin?
10. Sun'iy materiallardan qilingan quvurlar qanday diametrga va bosimga mo'ljallangan?
11. Tenglagich rezervuarlar nima maqsadda qo'llaniladi?
12. Tenglagich rezervuarlarni qanday turlarini bilasiz?
13. Gidrotexnik tunnelling qanday turlari mavjud?
14. GEQ larning bosim havzalari nima maqsadda quriladi?
15. Suv qabul qilish kamerasiga suv keltirish qanday sxemalarini bilasiz?
16. Sutkalik tartibga solishda bosim havzalari nima uchun xizmat qiladi?

---

## VII. GIDROAKKUMULYATSIYA ELEKTR STANSIYALARI VA KICHIK GESLAR

### 7.1. Gidroakkumulyatsiya stansiyalarining turlari

**GAESning vazifasi va sinfiy guruhlari.** GAESning asosiy vazifasi (2.3 bobda ko'rsatilgandek) unda o'rnatilgan nasoslar yordamida suv energiyasini to'plab, undan zarur bo'lganda elektr energiyani ishlab chiqarish uchun foydalanishdir.

Nima uchun elektr energiyasi ishlab chiqarishning shunday usulidan foydalanishga zaruriyat tug'ilmoqda?

Ma'lumki, elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun hozirgi paytda aksariyat issiqlik elektr stansiyalaridan (chet ellarda atom elektr stansiyalar ham) foydalanmoqda. Respublikamizda issiqlik elektr stansiyalar (IES) yordamida barcha energiyaning 85% i ishlab chiqarilmoqda. IESlar ish rejimining o'ziga xos hususiyatlaridan biri ularning nominal (o'rnatilgan) quvvatining kechalari talab qilinadigan minimal quvvatdan anchagina farq qilishidir. Shu sababli kechasi IES quvvatini 25 – 50 % gacha kamaytirish, ba'zi agregatlarni to'liq to'xtatishga to'g'ri keladi. Buning ko'pgina salbiy tomonlari bor, masalan, agregatlarni tez-tez to'xtatish va ishga tushirish, ularning quvvatini o'zgartirish jihozlarning nosoz holatga kelishi, belgilangan muddatdan oldin ishdan chiqishiga olib keladi.

Masalan, [12] da keltirilgan manbalarga qaraganda IES quvvatining 20% ga o'zgarishi jihozlar xizmat vaqtining 15 – 20 % ga qisqarishiga olib keladi. Shu sababli, GAESlardan kechasi energiya iste'moli kam bo'lganda iste'molchi, kunduzgi energiya tig'iz bo'lgan soatlarda ishlab chiqaruvchi sifatida foydalanish katta samara beradi.

GAESlar shu vazifani bajaruvchi boshqa qurilmalarga (gaz turbinali, bug' gaz turbinali) qaraganda ancha arzon, samarali va istiqbolli ekanligi bilan ajralib turadi.

Ba'zi hollarda, GAES nafaqat sutkalik energiya taqsimotida, balki haftalik energiyani akkumulyatsiya qilishda ham qatnashishi mumkin.

Bunda ikki dam olish kunlarida (energiya iste'moli kam bo'lgan kunlar) suv energiyasi to'planadi, qolgan besh kunda unda elektr energiyani ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

GAESning quyidagi sinfiy guruhlari mavjud:

1. Napor qiymati bo'yicha – past naporli ( $N \leq 100$  m) yuqori naporli ( $N \geq 700$  m), o'rta naporli ( $N = 100 - 700$  m)

2. Qurilma turi bo'yicha – sof GAES, GES – GAES, GES – NS.

3. Quvurlar yo'lida GAES binosining joylashish sxemasi bo'yicha – boshda joylashgan, oraliqda joylashgan, oxirida joylashgan.

4. Suv to'planadigan omborlar soni bo'yicha - bir omborli, ikki omborli, uch omborli.

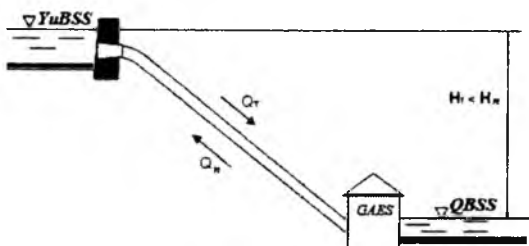
5. GAES binosi turi bo'yicha – yer ustida joylashgan, yer ostida joylashgan, yarim yer ostida joylashgan.

6. Agregatlar sxemasi bo'yicha – ikki mashinali, uch mashinali va to'rt mashinali.

Ko'rinib turibdiki, GAES larda napor qiymati boshqa gidroenergetik qurilmalarga nisbatan anchagina katta. Masalan, Avstriyada joylashgan Reyssek-Kreysek GES-GAESning napori 1772 metrni tashkil qiladi.

**GAESlarning asosiy sxemalari.** Yuqorida ta'kidlangandek qurilmalar turi bo'yicha GAES sof, GES-GAES, GES-NS kabi sxemalarga ega bo'lishi mumkin.

Sof GAES yoki buni oddiy akkumulyasiyalash ham deb ataladi (7.1-rasm).



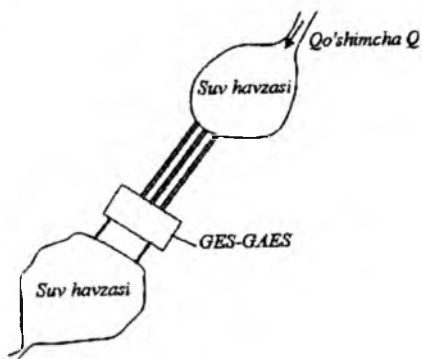
7.1-rasm. Sof GAES sxemasi

Bu sxema eng keng tarqalgan sxema bo'lib, qurilmada suv aylanish unda o'rnatilgan nasoslar yordamida yuqori havzaga haydab berilishi va undan turbinalar orqali quyi havzaga berilishi orqali amalga oshiriladi.

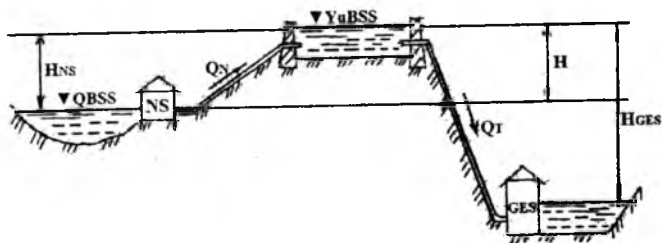
Bu sxemaning o'ziga xos xususiyatlaridan biri yuqori havzaga boshqa manbadan suv berilmasligidir. Bug'lanish, filtratsiyaga sarf bo'ladigan kichikroq suv hajmi quyi byefda to'ldiriladi.

GES-GAES sxemasi bo'yicha GAES binosida odatdagi agregatlardan tashqari GES rejimida qo'shimcha energiya ishlab chiqaradigan turbinalar o'rnatiladi. Bu turbinalar yuqori suv havzasiga oqib keladigan qo'shimcha suv miqdori hisobiga ishlaydi (7.2-rasm).

GES-NS sxemasida an'anaviy ikki suv havzasidan tashqari uchinchi suv havzasi ham energiya ishlab chiqarishda qatnashadi. Buning uchun yuqori suv havzasidan ma'lum miqdordagi suv NS yordamida yanada yuqorida joylashgan uchinchi havzaga beriladi. Natijada quyi havza oldida joylashgan GES uchun qo'shimcha oshirilgan napor  $N$  hosil qilinadi (7.3-rasm).



7.2-rasm. GES – GAES sxemasi



7.3-rasm. GES-NS sxemasi

## 7.2. GAESning asosiy parametrlari

GAESning asosiy parametrlari sifatida uning naporini, quvvatini, sutkalik ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori foydali ish koefitsiyentini ko'rsatish mumkin.

**GAES nabori.** Yuqori byef suv sathi bilan quyi byef suv sathi orasidagi farq geometrik napor deb ataladi. GAESning to'la nabori uning geometrik napor deb ataladi. GAES ning to'la nabori uning geometrik nabori bilan quvurlaridagi napor yo'qolish qiymatiga bog'liq. To'la nabori qiymati nasos rejimida turbina rejimidagi qiymatga qaraganda katta, ya'ni  $H_N \geq H_{tur}$ .

Buning sababi nasos stansiya va GAES to'la naporini aniqlash formulalaridan bilib olish mumkin,  $H_N = H^G + \sum \Delta h_k$  va  $H_{TUR} = H^G - \sum \Delta h_k$

**GAES quvvati.** Quvvat qiymati agregatdan o'tayotgan suv sarfi va napor qiymatiga bog'liq. Kechasi T vaqt ichida  $Q_H$  suv sarfi bilan nasos agregatlari ishlaydi va  $N_{NR}$  quvvati iste'mol qiladi. Kunduz kuni tig'iz paytlarda turbina  $N_{TR}$  quvvatga ega bo'ladi.

$$N_{NR} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_N \cdot H_N}{\eta_{NR}}; \text{ Vt} \quad (7.1)$$

Bunda  $\eta_{NR}$  – nasos rejimdagi GAES FIK.

GAES [12] da ta'kidlanganidek  $Q_N = (0,75-0,8)Q_T$ , napor qiymatlari esa yuqorida ko'rsatilganidek.  $N_N \geq N_T$

Shu sababli ikkala rejimda quvvat qiymatlari har xil bo'ladi.

$$N_{TR} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_T \cdot H_T}{\eta_{TR}}; \text{ Vt} \quad (7.2)$$

Bunda,  $\eta_{TR}$  – turbina rejimidagi FIK.

GAESning sutkalik ishlab chiqaradigan energiya miqdori quyidagi tartibda aniqlanadi:

$$E_{T,R} = N_T \cdot T_T = \frac{V \cdot H_T \cdot \eta_{TR}}{367}; \text{ kVt. soat} \quad (7.3)$$

Bunda,  $V$  – yuqori havzadagi turbina rejimida ishlatiladigan suv hajmi,  $m^3$ .

$N_T$  – turbina o‘rtacha napori, m.

$\eta_{T,R}$  – turbina rejimdagi FIK.

$N_T$  – GAESning turbina rejimidagi o‘rnatilgan quvvati, kVt.

$T_T$  – GAESning elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun bir sutkada sarflangan vaqti, soat, [12] da  $\eta_{T,R} = 0,86-0,87$  ga  $T_T = 3-5$  soatga tengligi ko‘rsatib o‘tiladi.

**GAES foydali ish koeffitsiyenti.** GAES FIK ishlab chiqariladigan va iste‘mol qilinadigan elektr energiya qiymatlariga bog‘liq holda aniqlanadi.

$$\eta = \frac{\mathfrak{E}_{TR}}{\mathfrak{E}_{NR}}; \quad (7.4)$$

Bunda,  $\mathfrak{E}_{NR}$  – nasos rejimidagi iste‘mol qilinadigan elektr energiyasi, [kVt·soat]

$$\mathfrak{E}_{NR} = N_N \cdot T_N = \frac{V \cdot H_N}{367 \cdot \eta_{NR}}; \quad (7.5)$$

Bunda,  $N_N$  – GAESning nasos rejimidagi o‘rnatilgan quvvati, kVt

$T_N$  – GAESning nasos rejimida bir sutkada ishlagan vaqti, soat

Hozirgi zamon yirik GAESlarida FIK qiymati 75 - 78% ni tashkil qiladi GAES FIK ko‘pgina boshqa faktorlarga ham bog‘liq, shu sababli uning qiymatini umumiy holda quyidagicha topish mumkin:

$$\eta_{GAES} = \eta_T \cdot \eta_N \cdot \eta_{GEN} \cdot \eta_{ED} \cdot \eta_{Sh,Z} \cdot \eta_K \cdot \eta_{YU.V.L} \quad (7.6)$$

$\eta_T$  – turbina FIK;

$\eta_N$  – nasos FIK;

$\eta_{GEN}$  – generator FIK;

$\eta_{ED}$  – elektrodvigatel FIK;

$\eta_{Sh,Z}$  – shaxsiy zaruriyatlar FIK;

$\eta_K$  – quvurlar FIK.

$\eta_{YU.V.L}$  – yuqori voltli liniya FIK;



### 7.3. Kichik quvvatli GESlar, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi

Jahonning ko'pgina mamlakatlarida keyingi paytda kichik quvvatli GESlarga e'tibor kuchayib ketdi. Buning asosiy sabablari sifatida quyidagilarni keltirsa bo'ladi:

- elektr stansiyalardan uzoqda joylashgan, borish qiyin bo'lgan joylarda lokal, mahalliy energiya ta'minotini yo'lga qo'yishning afzalligi;

- kichik quvvatli GES larni qurishning nisbatan yengilligi, arzonligi;

- kichik quvvatli GES larni faoliyat ko'rsatayotgan gidrotexnik inshootlarga kam xarajat sarf qilib o'rnatish mumkinligi;

- energiya resurslari bozorida markazlashgan holda beriladigan energiya bahosining oshib borishi.

Respublikamizda ham kichik quvvatli GES larni barpo qilishga keyingi yillarda e'tibor berilmoqda, hozirgi kunda kichik gidroenergetik resurslar va ularni o'zlashtirish bo'yicha hukumatning bir qator dastur va qarorlari qabul qilingan.

Kichik quvvatli GESlar quyidagi turlarga bo'linadi:

a) mikro GES lar. Ularning quvvati 0,1 MVt gacha;

b) mini GES lar. Ularning quvvati 0,1 – 2 MVt;

v) kichik GES lar. Ularning quvvati 10 MVt gacha (bu quvvat qiymatlari bir agregat uchun berilgan).

Kichik GESlar napor bo'yicha ham turlarga bo'linadi:

a) past naporli  $H = 20$  metrgacha;

b) o'rta naporli  $H = 20 - 100$  m;

v) yuqori naporli  $H > 100$  m.

Hozirgi paytda kichik GESlarda o'rnatilayotgan turbinalar quyidagi ko'rsatkichlarga ega:

Napor – 2 – 400 m

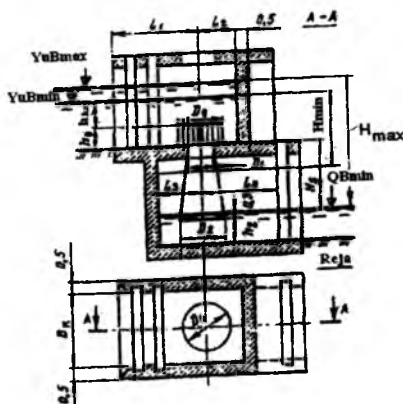
Quvvati – 10 – 8000 kVt

Ishchi g'ildirak diametri –  $D_1 = 0,2 - 2,0$  m

Kichik GESlarni foydalanilayotgan irrigatsiya inshootlariga o'rnatish ancha qulay. Chunki kichik GESlar binolari murakkab emas, katta qurilish ishlarini talab qilmaydi.

O'zanda joylashgan GES binolari uchun ishchi g'ildirak diametri  $D_1 = 0,5$  m bo'lgan radial-o'qiy turbinali binoni tavsiya qilish mumkin (7.4-rasm).

Shunday turbinani  $H = 2 - 4$  m bo'lgan hollarda qabul qilish maqsadga muvofiqdir. Bu konstruksiyada turbina kamerasi ochiq, so'rish quvuri esa to'g'ri o'qli konussimon shaklga ega, turbina esa vertikal holatda joylashgan.



7.4-rasm. O'zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0)D_1; \quad L_2 = 1,5 \cdot D_1; \quad L_3 = (1,5 - 2,0)D_1; \quad L_4 = (3,5 - 4,0) D_1;$$

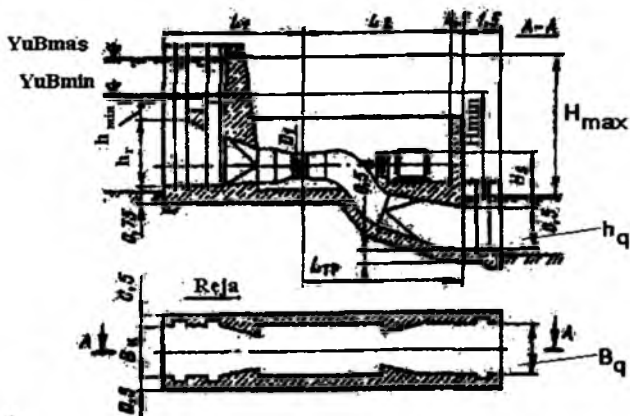
$$h_{kr} = 1,2 D_1; \quad h_0 = 0,9 \cdot D_1; \quad h_2 = D_1; \quad D_0 = 1,8 \cdot D_1; \quad B_k = 3 \cdot D_1.$$

Napor qiymati 2 – 6 m bo'lgan inshootlarda ham diametri  $D_1 = 1$  m bo'lgan ochiq turbina kamerasiga va konussimon to'g'ri so'rish quvuriga ega bo'lgan vertikal agregatlarni qo'llasa bo'ladi, shu bilan bir qatorda S shakldagi so'rish quvuriga ega bo'lgan gorizontal o'qiy agregatlarni tanlash maqsadga muvofiqdir (7.5-rasm).

Ishchi g'ildirak diametri  $D_1 = 1,0$  m ga teng turbinalarni bundan tashqari napor qiymati 6 – 10 m ga teng bo'lgan spiral turbina kamerali, egilgan so'rish quvurli va vertikal agregatli GES binolarida o'rnatish mumkin (7.6-rasm).

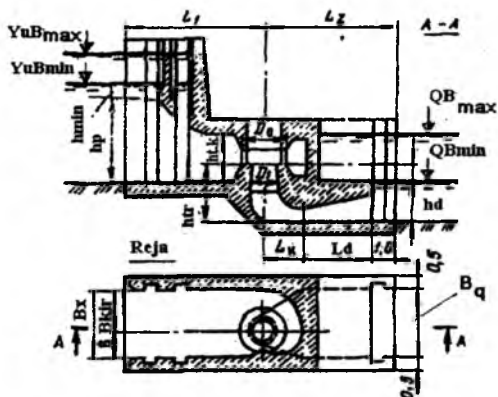
Ishchi g'ildirak diametri 2,0 – 3,0 metr, napor qiymati 4 – 12 m bo'lganda beton kam sarf bo'lishi jihatidan shubhasiz eng yaxshi variantlardan biri gorizontal to'g'ri o'qli va kapsulali agregatlar bilan jihozlangan GES binolaridir. Lekin bu binolarda metall ko'p sarf

bo'lishini, agregatlarni ishlatish ancha murakkabligini hisobga olib, ushbu sharoitlar uchun 7.5-rasmdagi variant tavsiya etiladi.



7.5-rasm. Gorizontali turbinali o'zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (5 - 6) D_1; \quad L_2 = (6 - 7) D_1; \quad L_q = (6 - 6,5) D_1; \quad h_{min} = D_1; \\ h_p = (2,5 - 3,0) D_1; \quad h_q = (1,5 - 2,0) D_1; \quad B_k = B_q = 2D_1.$$



7.6 - rasm. O'zanda joylashgan kichik GES binosi:

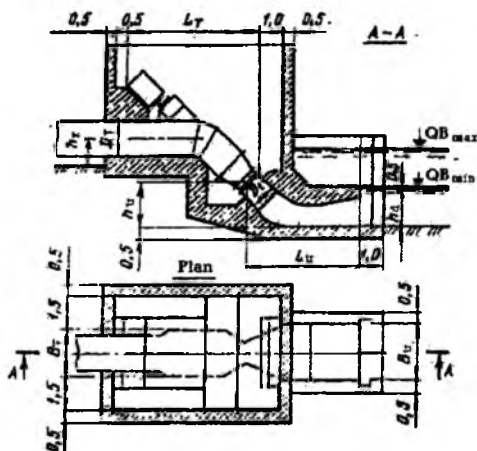
$$L_1 = (5 - 6) D_1; \quad L_2 = (5 - 6) D_1; \quad L_k = (1,5 - 1,8) D_1; \quad L_d = (2,5 - 3,0) D_1. \\ h_{min} = 0,75 D_1; \quad h_p = 3 \cdot D_1; \quad h_{tk} = (1,8 - 2,0) D_1; \quad h_q = (2,0 - 2,5) D_1; \\ h_d = (1,2 - 1,4) D_1; \quad B_k = B_q = (2,8 - 3,0) \cdot D_1; \quad B_{vx} = 1,7 \cdot D_1.$$

Napor qiymatlari 10 – 15 m ni tashkil qilsa, birinchi navbatda 7.6-rasmda keltirilgan variantni ko‘rib chiqish o‘rinlidir.

Katta naporlarda o‘rnatiladigan turbinalar o‘lchamlari kichrayadi. 10 – 30 m naporlarda ishchi g‘ildirak diametri  $D_1 = 0,5$  m bo‘lgan o‘qiy vertikal va burchak ostida joylashgan turbinalarni kojuxli frontal suv berish kamerasi va egilgan so‘rish quvuri bilan o‘rnatish maqsadga muvofiqdir (7.7-rasm).

Naporning shu qiymatlariga, ya‘ni  $N = 10 - 30$  m ga xuddi shunday, lekin ishchi g‘ildiragi diametri  $D_1 = 1,5$  m bo‘lganda o‘qiy gidroturbinalar ham to‘g‘ri keladi. To‘g‘onli GESlar uchun napor diapazoni 50 – 150 m bo‘lganda diametri  $D_1 = 0,5$  m bo‘lgan gorizonta radial – o‘qiy turbinalarni qo‘llash talablarga javob beradi (7.8-rasm).

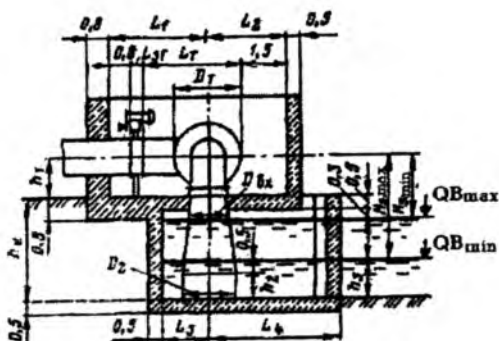
Bu holda turbina metall kojuxli kameraga va to‘g‘ri o‘qli konussimon so‘rish quvuriga ega bo‘ladi.



7.7-rasm. Egilgan o‘qiy turbinali kichik GES binosi:

$$L_r = 6,0 \cdot D_1; \quad L_{tr} = 5 \cdot D_1; \quad h_{tr} = 2 \cdot D_1; \quad h_d = (1,2 - 1,4) D_1; \quad B_T = 2 \cdot D_1; \\ B_{tr} = (2,5 - 3,0) D_1.$$

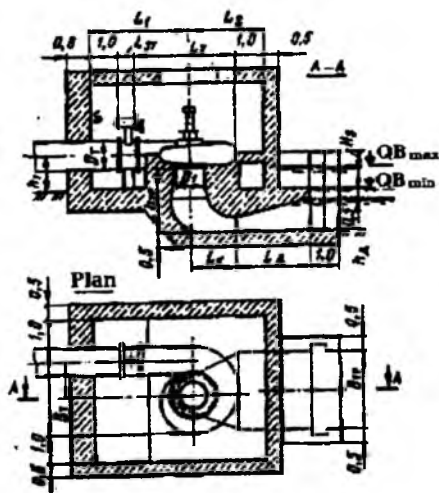
Napor yanada yuqori qiymatlarga ega bo‘lsa, ya‘ni  $N = 100 - 400$  m ga teng bo‘lganda ham GES binosida gorizonta radial-o‘qiy ( $D_1 = 0,5$  m) turbinalarni qo‘llash o‘rinlidir.



7.8-rasm. To'g'onli kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad L_2 = 3 \cdot D_1; \quad L_r = (3,5 - 4,0) D_1; \quad D_r = 2,5 \cdot D_1; \\ D_{vx} = 1,4 \cdot D_1.$$

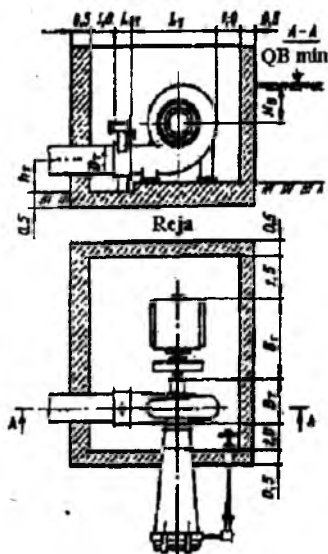
Pastki kamera o'lchamlari 7.4-rasmdagi o'lchamlar kabi olinadi. Bunda, turbina metall spiral kamera va konussimon gorizontol so'rish quvuri bilan jihozlanadi (7.9-rasm).



7.9-rasm. Gorizontol radial-o'qiy turbinali kichik GES binosi:

$$L_1 = 3,5 \cdot D_1; \quad B_1 = 1,5 \cdot D_1.$$

Har qanday napor qiymatlarida vertikal radial-o'qiy turbina, metall spiral kamera va tirsaksimon so'rish quvuri bilan jihozlangan GES binosini qo'llash maqsadga muvofiqdir (7.10-rasm).



7.10-rasm. Vertikal radial-o'qiy turbinali kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0)D_1; \quad L_2 = (2,5 - 3,0)D_1; \quad L_3 = 3,5 D_1; \quad L_n = (1,5 - 2,0)D_1; \\ L_d = (2,5 - 3,0)D_1; \quad h_{TR} = (2,0 - 2,5)D_1; \quad h_d = (2,5 - 3,0)D_1; \quad B_i = (3,0 - 3,5)D_1; \quad B_{TR} = 3 D_1.$$

### Nazorat savollari

1. GAESning asosiy vazifasini aytib bering.
2. GAESning qanday turlari bor?
3. GAESning asoiy sxemalarini ko'rsating.
4. GAESning asosiy parametrlari nimalardan iborat?
5. Qanday GESlar kichik quvvatli GESlar deyiladi?
6. Kichik quvvatli GESlar qanday turlarga bo'linadi?
7. Napor qiymati 10 – 30 m bo'lganda qanday GES jihozlari va binosini qo'llash maqsadga muvofiqdir?
8. Kichik GESlarda o'rnatiladigan agregatlar ishchi g'ildiragi diametrlil qanchagacha bo'lishi mumkin?

## VIII. GIDROENERGETIK QURILMALARNING TEXNIK- IQTISODIY HISOBLARI

### 8.1. Gidroenergetik qurilmalarda kapital mablag'lar, yillik chiqimlar, mahsulot tannarxi tushunchalari

Hozirgi zamonda sanoati rivojlangan mamlakatlar iqtisodiyoti – bu aralash iqtisodiyotdir. Bunda ishlab chiqarishni rivojlantirish – maxsus bozor kuchlari orqali amalga oshiriladi, natijada ishlab chiqaruvchilar aktivligi oshadi. Bu jarayonlarni davlat tartibga soladi, biznesning asosiy qoidalarini ishlab chiqadi va ularga amal qilishni ta'minlaydi, nazorat qiladi hamda sotsial, iqtisodiy va siyosiy rejalarni amalga oshiradi.

Aralash iqtisodiyot sharoitida gidroenergetik obyektlarga ajratiladigan investitsiyalar mikroiqtisodiyot yo'nalishiga tegishlidir. Katta va ulkan GEQlarni qurish ayrim hollarda mamlakat makroiqtisodiyotiga tegishli bo'lishi mumkin.

Investitsiya – kelajakda foyda yoki boshqa ijobiy natijalarni beradigan loyihalar uchun ajratiladigan pul tushumlaridir.

Investorlar sifatida davlat kompaniyalarini, katta hissadorlik jamiyatlarini, banklarni, xususiy firmalarni hisoblash mumkin.

Zaruriy investitsiya hajmi bitta yoki bir nechta investorlar yordamida hosil bo'lishi mumkin. Bunda har bir investor o'zining hissasiga muvofiq uzoq muddatli kreditlar beradi va buning uchun xususiy foyiz stavkasini belgilaydi.

**Investitsiya umumiy hajmi** (kapital sarf)  $K_{INV}$  quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{INV} = K_{ILI} + K_{QUR} + K_{YORD} + K_{K.MT.} + K_{SOS} + K_{EK} \quad (8.1)$$

Bunda,  $K_{ILI}$  – ilmiy tadqiqot, loyiha - izlanish ishlariga;

$K_{QUR}$  – GEQ qurilishiga;

$K_{YORD}$  – yordamchi obyektlar, yo'l, EUL va bosh.;

$K_{K.MT.}$  – qurilish mashinalari, transportga;

$K_{SOS}$  – sotsial obyektlarga;

$K_{EK}$  – ekologik va tashkiliy ishlarga ajratilgan investitsiyalar.

Yordamchi obyektlar, qurilish mashinalari va transportlar, sotsial va ekologik maqsaddagi obyektlar keyinchalik boshqa tashkilot va firmalarga sotilib, olingan pul –  $K_P$  investorlar o‘rtasida taqsimlanishi mumkin.

Bunday holatda kapital sarf gidrouzel bo‘yicha  $K_P$  qiymatga kamayadi:

$$K_G = K_{INV} - K_P \quad (8.2)$$

Agar GEQ inshootlari yoki uning qurilishi tufayli yuzaga kelgan obyektlar boshqa maqsadlarda ham ishlatilsa, unda investitsiyaning faqat gidroenergetikaga qarashli ulushini belgilab olish zarur.

$$K_{GEQ} = \alpha_E \cdot K_G \quad (\alpha_E \leq 1,0) \quad (8.3)$$

bu yerda,  $\alpha_E$  – gidrouzel qurilishi uchun ajratilgan investitsiya tarkibidagi gidroenergetika hissasi.

**GEQlarda yillik chiqimlar**  $I_{GEQ}$  (sum/yil), foydalanish xarajatlari  $I_{EKS}$ , amortizatsiyaga ajratiladigan  $I_{AM}$ , mehnat haqi fondi  $I_{MHF}$ , soliqlar  $I_S$ , banklarga to‘lov  $I_B$  va gidrouzelga ajratiladigan chiqimlardan ( $I_G$ ) hosil bo‘ladi:

$$I_{GEQ} = I_{EKS} + I_{AM} + I_{MHF} + I_S + I_B + \beta_E I_G \quad (8.4)$$

bunda,  $\beta_E \leq 1,0$  – gidroenergetikaning gidrouzelni ishchi holatida saqlab turishga ajratiladigan yillik chiqimlardagi hissasini belgilovchi koeffitsiyent.

Foydalanish xarajatlari yillik chiqimlarning taxminan 10 – 20% ini, amortizatsiya xarajatlari esa 50 – 60 % ini tashkil qiladi

$$I_{EKS} = (10+20\%) \cdot I_{GEQ}; \quad I_{AM} = (50-60\%) I_{GEQ} \quad (8.5)$$

Bank kreditlari yoki investitsiya foizlarini to‘lash tartibi yillik chiqimlar miqdori va tarkibiga katta o‘zgartirishlar kiritadi. Shu sababli  $I_B$  xarajatlariga bog‘liq holda qolgan xarajatlar belgilanadi.



GEQ tomonidan ishlab chiqarilgan elektroenergiya tannarxi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta E = \frac{I_{GEQ}}{E_{yil}} \text{ so'm/kVt.soat} \quad (8.6)$$

bunda,  $E_{yil}$  – bir yilda GEQ dan berilgan elektr energiyasi miqdori, kVt.soat

Nasos stansiyalarda iqtisodiy ko'rsatkichlar sifatida  $1 \text{ m}^3$  haydab berilgan suv tannarxi, iste'mol qilingan elektr energiyasining  $1 \text{ m}^3$  haydab berilgan suv miqdoriga keltirilgan solishtirma qiymati aniqlanadi.

$$\Delta W = \frac{I_{GEQ}}{W} \text{ so'm/m}^3; \quad \Delta N = \frac{E_{ist}}{N_{ist}} \text{ (kVt.soat)/m}^3 \quad (8.7)$$

$E_{ist}$  – yillik iste'mol qilingan elektr energiya.

## 8.2. Kapital mablag'larning umumiy iqtisodiy samaradorligi

Kapital mablag'larning umumiy iqtisodiy samaradorligini aniqlash investitsion loyihalarni moliyaviy baholash uchun amalga oshiriladi.

Obyektning umumiy iqtisodiy samaradorligini (UIS) xarakterlovchi kattalik *rentabellik koeffitsiyenti* deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{P}{K}; \quad (8.8)$$

bu yerda, P– yillik foyda (kirim);

K – kapital sarf.

Ekspluatatsiyadagi korxonalarda yillik kirim  $P_{yil}$  - ning asosiy  $F_{as}$  va aylanma fond (mablag')  $F_{ayl}$  yig'indisiga nisbatan topiladi:

$$R = \frac{P_{yil}}{F_{ayl} + F_{as}} \quad (8.9)$$

Asosiy mablag'larga uskuna jihozlar, asosiy va yordamchi inshootlar bahosi va boshqalar kiradi. Aylanma fondlarga – korxonada aktiv va xomashyo resurslari bahosi kiradi (bu resurslar tovar ishlab chiqarishda qatnashishi kerak).

R ga teskari kattalik kapital sarfni qaytarish davri deyiladi.

$$T_q = \frac{K}{P}, \text{yil} \quad (8.10)$$

Qaralayotgan hamma variantlardan optimali  $R \rightarrow \max$  va  $R \rightarrow \min$  ga ega bo'lishi kerak.

GEQ da  $R_{GES}$  ajratilgan kapital sarf va yillik chiqimlar hisobiga aniqlanadi:

$$R_{GEQ} = \frac{P_{GES}}{K_{GES}} \quad (8.11)$$

Oldingi yillarda R kattaligi normativ  $R_n$  bilan taqqoslangan. Xalq xo'jaligi bo'yicha o'rtacha umumiy kapital sarf samaradorligi normativi  $R_n = 0,14$  qabul qilingan.

R va  $T_q$  vaqt omili hisobiga aniqlanishi mumkin. Buning uchun R ni  $\tau$  yilga keltirilgan kattaligini hisoblashga quyidagi formula ishlatiladi:

$$R_{GES} = \frac{\sum_{t=1}^{T_2} \Delta P_t (1+d)^{\tau-t}}{\sum_{t=1}^{T_1} K_t (1+d)^{\tau-t}} \quad (8.12)$$

bu yerda,  $\Delta P_t$  – t yilda (t-1)ga nisbatan kirim oshishi;

$t_e$  – GEQ ekspluatatsiya boshlanish yili.

$T_1$  – investitsiyani kiritish davri.

$T_2$  – GEQ to'liq quvvatini o'zlashtirish yillar soni;

d – diskontlash koeffitsiyenti, u foydaning minimal qiymatini ko'rsatadi.

Diskontlash koeffitsiyenti kapital bozoridagi investorlar berishi mumkin bo'lgan uzoq muddatli qarz (zayyom)ning stavka(foiz) miqdorini belgilovchi ko'rsatkich. GEQ qurilishi tufayli olinadigan daromadning eng kichik miqdori (foizi) diskontlash koeffitsiyentidan kichik bo'lmasligi kerak, shundagina investor loyihani moliyalashtirishi mumkin.

### 8.3. Iqtisodiy samaradorlikni taqqoslash usuli

Kapital sarfni va yillik chiqimlarni har xil texnik variantlar uchun ko'riladi va qo'shimcha kapital sarf bo'yicha taqqoslash samaradorligi ko'rsatgichi aniqlanadi:

$$E = \frac{I_2 - I_1}{K_1 - K_2} \quad (8.13)$$

bu yerda,  $K_1$  va  $I_1$  – ko'proq mablag' talab qiladigan variant bo'yicha kapital sarf, so'm, va yillik chiqim, sum/yil;

$K_2$  va  $I_2$  – xuddu shunday mablag' talab qiladigan variant bo'yicha.

Taqqoslanadigan texnik yechim variantlari bir xil shartga keltirilgan bo'lishi shart; energetikada – chiqarayotgan elektr energiya sifat va soni; irrigatsiyada – bir xil qishloq xo'jaligi mahsuloti yetishtirish; suv ta'minotida – kerakli miqdorda va sifatda suv berish va boshqa.

Kapital mablag' ko'p talab qiladigan variant iqtisodiy samarali bo'lishi uchun ushbu shart bajarilishi kerak.

$$E = \frac{I_2 - I_1}{K_1 - K_2} = \frac{\Delta I}{\Delta K} \geq E_N \quad (8.14)$$

bu yerda,  $E_N$  – qo'shimcha kapital sarfning taqqoslash samaradorligi normativ koeffitsiyenti. Oldingi yillari  $E_N=0,12$  qabul qilingan.

Taqqoslash samaradorligi ko'rsatgichi bo'lib qo'shimcha kapital sarfni qaytarish davri  $T_q$  hisoblanadi.

$$T_q = \frac{K_1 - K_2}{I_2 - I_1} \quad (8.15)$$

$T_q$ - ning normativ kattaligi.  $T_q$  ni quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$T_q = \frac{1}{E_n} \quad (8.16)$$

Ko'p variantlarni taqqoslashda umumiy ko'rsatgich - keltirilgan xarajatlar  $X$  qabul qilinadi.

$$X = E_N \cdot K + I, \text{ so' m / yil} \quad (8.17)$$

Eng optimal variantda:

$$X \rightarrow \min \quad (8.18)$$

bo'lishi shart.

#### 8.4. Hidrouzel parametrlarini asoslash va GES samaradorligini aniqlash

Energetik gidrouzellarning asosiy parametrlariga normal suv sathi (NSS), suv ombori hajmi  $V$ , GES nominal quvvati  $N_G$  va o'rtacha yillik energiyasi  $E_G$  kiradi. Bosh parametr NSS hisoblanib, u suv bosadigan va yer osti suvi ko'tariladigan maydon yuzasini va gidrotexnik inshoot hamma parametrlarini aniqlaydi.

NSS ga yuqoridagi  $V$ ,  $N_G$ ,  $E_G$  va boshqa NSS kattaliklar bog'liq holda oshishi bilan suv omboriga va gidrouzelga kapital sarf ko'payadi hamda suv ombori hajmi  $V$  va  $N_G$  oshadi.

GES nominal quvvati  $N_G$  texnik-iqtisodiy hisoblardan topiladi. Umumiy iqtisodiy ko'rsatkich solishtirma kapital sarf  $A_G$  bo'lib nominal quvvatni xarakterlaydi.

$$A_G = \frac{K_G}{N_G} \text{ yoki } A_G = \frac{J_e}{N_G}, \text{ (so'm/kVt)} \quad (8.19)$$

bu yerda,  $K_G$  – energetikaga ajratilgan kapital sarf.

$A_G$  1 kVt nominal quvvatga ajratilgan o'rtacha solishtirma kapital sarfni bildiradi.

Berilgan NSS da nominal quvvat oshganda  $A_G$  kamayadi, bunga sabab o'zgarmas kapital sarf  $K_0$  miqdorining to'g'on va suv ombori bo'yicha GES nominal quvvatining katta qiymatlariga bo'linishidir.

Ko'p hollarda  $K_G = 1(N_G)$  bog'lanishi.

$$K_G \cong K_0 + a_G N_G \quad (8.20)$$

ko'rinishda yozilishi mumkin.

bu yerda,  $K_0$  – gidrotexnik inshootlar va suv ombori bo'yicha;

$N_G = 0$  dagi kapital sarf;

$a_G$  – oshiqcha kapital sarf solishtirma kattaligi yoki qo‘shimcha kVt bahosi.

GES berilgan quvvati  $N_g = N_{g1}$  bo‘lsa, unda suv omborli gidrouzel kapital sarfi  $K_{g1}$  ga teng bo‘ladi.

Nominal quvvati  $\Delta N_G$  ga oshirsak  $K_G$  ham  $\Delta K_G = a_G \Delta N_G$  ga oshadi.

Unda:

$$a_G = \frac{K_{G2} - K_{G1}}{N_{G2} - N_{G1}} = \frac{\Delta K_G}{\Delta N_G} \quad (8.21)$$

$a_g$  bahosiga GES binosini kengaytirish, jihozlar bahosi va boshqa inshootlar kapital sarf o‘zgarishi kiradi.

Daryo o‘zani GESlarida tik quvvat joylashtirilsa, qo‘shimcha kapital sarf quyi byef sezilarli rol o‘ynab qish oyida suv sathi ko‘tarilishiga bog‘liq bo‘ladi.

Derivatsion GESlarda qo‘shimcha quvvat kapital sarfiga suv qabul qilish inshootini derivatsiyani, napor basseynini, tenglagich rezervuarini, turbina truboprovodini, GES binosi va jihozlarini hamda suv chiqarish kanalini va boshqa kengaytirish kiradi.

GES nominal quvvati  $N_G$  berilgan NSS va V hajmda aniqlangani uchun  $N_G$  oshirilganda suv ombori bo‘yicha kapital sarf o‘zgarmaydi. Aniq hisoblarda  $a_G$  kattaligi  $N_G$  ni GESning bitta agregatida oshirilganda aniqlanadi.

$N_G$  oshishi bilan  $E_G$  GESda oshadi, lekin  $\Delta E_G$  ko‘payishi kamayuvchan xarakterga ega rasmda bu o‘zgarish tartibga solingan o‘rtacha oylik GES quvvati bo‘yicha berilgan NSS va V uchun ko‘rsatilgan.

GES qo‘shimcha kvt quvvatdan foydalanish soati quyidagi ko‘rinishga ega:

$$t = \frac{\Delta E_G}{\Delta N_i}$$

GESlar uchun asosiy xarakteristikalaridan biri nominal quvvatidan foydalanish soati hisoblanadi:

$$T = \frac{E_G}{N_i} \quad (8.22)$$

$T_n^{\text{naz}} = 8760$  s. ga teng.

## 8.5. Gidrouzel normal suv sathini tanlash

Gidrouzel normal suv sathini NSS tanlashda har bir NSS varianti uchun dastlabki hisoblarda suv ombori ishlatilish chuqurligi, GES nominal quvvati va suv miqdorini tartibga solish rejimi optimal kattaliklarda qabul qilingan deb shart qo'yiladi.

NSS ni o'zgartirish pog'onadagi boshqa gidrouzellarga ta'sir qiladi. NSS ni oshirilsa napor, quvvat va elektr energiyasi yuqori gidrouzelda kamayadi.

Aksincha NSS ko'payishi suv ombori tartibga solish hajmini yaxshilaydi va quyida joylashgan gidrouzel energetik ko'rsatkichlarini ko'taradi.

Bunda ekologik muammolar hosil bo'lib, katta shaharlarni suv bosishdan saqlash, sanoat korxonalarini ko'chirish, qishloq xo'jaligi yerlarini ta'sirsiz qoldirish va boshqalarni hal qilishni talab qiladi.

NSS tanlashda optimallik me'zoni bo'lib

$$HX_{GES} < HX_{IES}$$

bu yerda,  $HX_{GES}$  va  $HX_{IES}$  – hamma hisobiy xarajatlarni GES va almashinuvchi IES bo'yicha oshirish.

Dastlabki hisoblashda NSS ning bir nechta variantlari belgilanib EETda gidrouzelni ishga tushirishda xarajatlar oshishi  $\Delta HX$ , boshqa gidrouzel pog'onasida xarajatlar  $\Delta HX_{pog}$  va EETda almashinadigan (KES) elektr stansiya xarajati aniqlanadi.  $\Delta HX_{eul}$  va  $\Delta HX_{ze}$  kattaliklariga EUL va podstansiya bo'yicha qo'shimcha xarajatlar kiradi. Hisoblashga  $\Delta HX_{gq}$  va  $\Delta HX_{zq}$  – ya'ni qo'shimcha obyektlarga yoki boshqa tadbirlarga, GES va KES enegetik effektini tenglashtirishga xarajatlar ham kiradi.

NSS otmetkasini ketma-ket oshirish ikkita aralash otmetka bo'yicha taqqoslashda xarajatlar oshish tenglashguncha bajariladi.

$$\Delta HX_g + \Delta HX_{gq} \pm \Delta HX_{pog} \approx \Delta HX_{ze} + \Delta HX_{zq} \quad (8.23)$$

Keyingi NSS otmetkasini oshirish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas, chunki qo'shimcha xarajatlar qaralayotgan va boshqa gidrouzellar bo'yicha xarajatlar almashinuvchi elektr stansiya xarajatidan katta bo'ladi.

NSS otmetkasi quyidagi shart bajarilganda iqtisodiy asoslangan bo'ladi.

$$\Delta HX_k \pm \Delta HX_{\text{pog.}} + \Delta HX_{\text{gq}} \approx \Delta HX_{\text{ze}} + \Delta HX_{\text{ar}} + \Delta HX_{\text{zq}} \quad (8.24)$$

bu yerda,  $\Delta HX_{\text{ar}}$  – kompleks foydalaniladigan gidrouzelda xarajat-larning oshishi;

$\Delta HX_k$  – kompleks suvdan foydalanuvchilar xarajati iqtisodi.

NSS otmetkasini oxirgi tanlash gidrouzeldan energetik va komp-leks foydalanilgan holda amalga oshiriladi, ya'ni sotsial, tabiat muho-fazasi, mudofaa, suv va elektr ta'minoti ishonchliligi, suv va energiya sifati va boshqalar.

## 8.6. GES va GAES nominal quvvatlarini tanlash asoslari

GES nominal quvvatini asoslashda uning ish rejimini va regionini aniqlash zarur. Katta GES quvvatlarini tanlashda hozirgi va kelajakdagi (15–20 y.) EET talabni o'rganish zarur.

GES joylashadigan hudud tanlanganda, texnik iqtisodiy asoslash orqali  $N_{\text{nom}}$  aniqlashda EET rivojlanishi variantlari taqqoslanadi:

- 1) GES quvvatini ko'paytirishda;
- 2) EET boshqa elektr stansiya quvvatini oshirishda.

Xarajatlar minimumi sharti bajarilishi GES  $N_G$  quvvatini  $\Delta N_G$  ga oshirganda quyidagi tenglik bajarilishi kerak:

$$\Delta HX_{\text{GES}} < \Delta HX_{\text{iqt}} \quad (8.25)$$

bu yerda,  $\Delta HX_{\text{GES}}$  – GES bo'yicha hamma xarajatlar ko'payishi;

$\Delta HX_{\text{iqt}}$  – hamma xarajatlar (ekonomiyasi) iqtisodi.

Xarajatlar iqtisodi GES nominal quvvatini oshirishda EET da eng zarur (qishki) oylarda ta'minlanganligiga bog'liq.

## 8.7. GES ning ta'minlangan siqib chiqaruvchi va dublyor (zaxira) quvvati

GES o'rtacha oylik ta'minlangan quvvati deb ko'p yillik davrda hisobiy ta'minlanganlikka  $P_{\text{taq}}$  ega tartibga solingan o'rtacha sutkalik quvvatiga aytiladi.  $\bar{N}_{\text{sut}}$  – ta'minlangan o'rtacha sutkalik quvvat haftaning EET da eng katta yuklanishli kunlarida aniqlanadi. Haftalik tartibga solishda

$$N_{sut}^t > N_{oy}^t \quad (8.26)$$

GES ta'minlangan pik quvvati deb uning maksimal quvvatiga  $N_{max}^t$  aytiladi va u pik soatlarida  $E_t = N_{sut}^t \cdot 24$  ga teng energiya ishlab chiqaradi. Sutkalik tartibga solish imkoniyati bo'lganda  $N_{max}^t$  tahliliy egri chiziqqa  $E_t$  kattaligini joylashtirish orqali topiladi.

**Siqib chiqaruvchi quvvat** deb, GESning EETda boshqa elektr-stansiyalari nominal quvvatini o'rmini qoplaydigan kattaligiga aytiladi.

$$N_{s.ch} = \overline{N}_{max}^t + \overline{N}_{suv.omb}^{ky} \quad (8.27)$$

tenglikdan topiladi. Bunda  $\overline{N}_{suv.omb}^{ky}$  – suv omboridagi yig'ilgan suv hisobidagi GES rezerv quvvati.

GESning  $N_{s.h}$  dan katta quvvati mavsumiy quvvat deyilib, faqat daryoda ko'p suv bo'lganda foydalaniladi. EETda remont rezervi talab qilinmasa mavsumiy quvvatni dublyor quvvat deb ataladi va u KES nominal quvvatini o'rmini qoplay olmaydi. GES dublyor quvvat bilan atalganda boshqa elektr stansiyalar yuklanishi kamayadi (m.n KES).

EETda remont rezervi talab qilinsa, mavsumiy GES quvvati remont rezervi sifatida ishlatiladi. Bunday holatda 1kVt mavsumiy GES quvvati  $t_m/10$  kVt KES nominal quvvatini o'rmini qoplashi mumkin, bu yerda,  $t_m$ –hisobiy kam suvli davrda GES mavsumiy quvvatida ishlash oylari soni.

GES nominal quvvatini  $\Delta N_d$  ga oshirganda hisobiy xarajatlar ham  $\Delta HX_d$  ga oshadi.

$$\Delta HX_d = (R_O a_G + I_G) \Delta N_G HX_{sol} \quad (8.28)$$

bu yerda,  $R_O$  – bank foizi;  $a_G$ –1 kVt qo'shimcha GES nominal quvvatiga solishtirma kapital sarf (quyi byef, podstansiya, EUL kapital sarf bilan);  $I_G$  – solishtirma yillik chiqimlar  $D_G$  dagidek;

$HX_{sol}$  – solishtirma hisobiy xarajatlar:

$$HX_{sol} = R_O a_G + I \quad (8.29)$$

GES quvvati KES quvvati o'rmini qoplasa hisobiy xarajatlar iqtisodi



$$\Delta HX_E = (R_O a_T + I_T) \Delta N_G + S_b \Delta E_T \quad (8.30)$$

bu yerda,  $a_T$  – KES qo‘shimcha 1kvt nominal quvvati solishtirma xarajatlari (potstansiya va EUL kapital sarfi bilan);  $I_T$  –  $a_T$  ga mos yillik chiqimlar (yoqilg‘i chiqimisiz); sum;  $S_b$  – 1 kVt. s energiya ishlab chiqarishga yoqilg‘i tashkil etuvchisi

$$S_b = VS$$

bu yerda,  $V$  – yoqilg‘i solishtirma sarfi, kg/kVt-soat;

$S$  – yoqilg‘i bahosi, so‘m/kg.

(8.29) va (8.31) tenglamalar o‘ng tomonlari tengligi shartidan va hamma hadlarini  $\Delta N_G$  ga bo‘lib GES optimal quvvatini iqtisodiy asoslashning asosiy bog‘lanishini topamiz:

$$R_O a_G + I_G \cong S (R_O a_T + I_T) + \emptyset S_b t_b \quad (8.31)$$

bu yerda,  $t_b = \frac{\Delta E_G}{\Delta N_G}$  – 1kvt qo‘shimcha quvvatdan foydalanish soati (IESda yoqilg‘i iqtisodi hisobida).

Aniq sharoitlarda GES nominal quvvatini asoslashda, unda qulaylik bo‘lishi uchun quyidagi uchta holat bo‘lishi shart:

- 1) ta‘minlangan pik quvvat;
- 2) mavsumiy dublyor quvvat;
- 3) EET da remont rezervi.

### Nazorat savollari

1. Hidroenergetik qurilmalarda kapital mablag‘lar deb nimaga aytiladi?
2. Hidroenergetik qurilmalarda yillik chiqimlar deb nimaga aytiladi?
3. Hidroenergetik qurilmalarda mahsulot tannarxi deb nimaga aytiladi?
4. Investitsiya umumiy hajmi qanday aniqlanadi?
5. Rentabellik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
6. Solishtirma kapital sarf deb nimaga aytiladi?
7. GES va GAES nominal quvvatlarini tanlash qanday amalga oshiriladi?
8. Siqib chiqaruvchi quvvat deb nimaga aytiladi?
9. Dublyor quvvat deb nimaga aytiladi?

## XULOSA

Hozirgi davrda energetik resurslarning insoniyat hayotida va ishlab chiqarish jarayonidagi o'рни beqiyosdir. Shuning uchun qayta tiklanuvchan energiya manbalari ichida eng ko'p ishlatilayotgan gidravlik energiyaga e'tibor qaratish, uni rivojlantirish qayta tiklanmaydigan energetik manbalar (ko'mir, neft, gaz va b.)ni ishlatilishini cheklash atrof-muhit muhofazasiga ulkan hissa qo'shadi.

Suv energiyasidan keng miqyosda foydalanish tabiiy boyliklarni optimal ishlatib sotsial-iqtisodiy jihatdan mamlakatni rivojlantirishni nazarda tutadi.

Gidroenergetik qurilmalar (GES, GAES, STES) elektr energetika tizimida eng asosiy o'rinni egallaydi, chunki ularda energotarmoq yuklanishini tezda qoplash imkoniga ega manevrchan gidroagregatlar ishlatiladi.

Suv manbalaridan kompleks foydalanilganda hamma suvdan foydalanuvchilar va suv iste'molchilari qiziqishini zamonaviy texnik-iqtisodiy, sotsial-ekologik nuqtayi nazardan qarash kerak bo'ladi.

Ilmiy-texnik taraqqiyot davom etayotgan XXI asrda bu darslikda keltirilgan ma'lumotlar kengayishi, ko'paytirilishi mumkin. Ma'ruzalarda talabalarga ana shunday yangiliklar, gidroenergetikadagi muvaffaqiyatlar to'g'risida axborot berib boriladi. Darslikdan tashqari talabalar internet yangiliklari, maxsus jurnallar bilan tanishib borishlari lozim.

GEQ darsligidan olinadigan bilimlarni talabalar gidroenergetik obyektlarni amaliy loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish sharoitlarida qo'llaydi deb umid bildiramiz.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Штрэнлихт Д.Б. Гидравлика – М.: «Энергоатомиздат», 1984.
2. Использование водной энергии: Учебник для вузов/ Под ред. Ю.С. Васильева. СПб – Т.: Энергоатомиздат, 1995.
3. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов/ Под ред. В.Ф. Чебаевского. – М.: Колос, 1990.
4. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Muxammadiev M.M., Urishev B.U. Hidroenergetik qurilmalar. Darslik. Toshkent: «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2013.
6. Muhammadiyev M.M., Urishev B.U. Nasos stansiyalarni loyihalash: O'quv qo'llanma. –Т.: TDTU, 1997.
7. Muhammadiyev M.M., Urishev B.U. va boshqalar. Hidro-texnik inshootlarni loyihalash: O'quv qo'llanma. –Т.: TDTU, 1997.
8. Muhammadiyev M.M., Urishev B.U. va boshqalar. Hidro-energetik qurilmalar: O'quv qo'llanma. –Т.: ToshDTU, 2007.
9. Vasilev Yu.S., Muhammadiyev M.M., Tashmatov X.K. Hidroenergetik obyektlar ekologiyasi. O'quv qo'llanma. – ToshDTU, 2004.
10. Muxammadiev M.M. и Потоенко К.Д. Возобновляемые источники энергии. Учеб.пособ – ТашГТУ, 2005.
11. Елистратов В.В. Гидроэлектростанции малой мощности. Уч. пособие. СПб. – Т.: Изд. Политехника, 2004.
12. Bakiyev M., Nosirov B., Xo'jaqulov R. Gidrotexnika inshootlari. O'quv qo'llanma. –Т.: O'MKTM, «Bilim» nashriyoti, 2004.
13. Muhammadiyev M.M., Nizamov O.X. Gidroturbinalar. O'quv qo'llanma. –Т.: ToshDTU, 2006.
14. Василев Ю.С., Саморуков И.С., Хлебников С.Н. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Учебное пособие. СПб – Т.: ГТУ, 2002.
15. <http://www.gidrav1.narod.ru>
16. <http://www.ges.ru>
17. <http://www.nasos.ru>
18. <http://www.allpumping.ru>
19. <http://tstu.uz>

## GLOSSARIY

**Gidroturbina** – suyuqlik oqim energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi gidravlik mashina.

**Nasos** – quvurlarda suyuqlikning bosimli oqimini yuzaga keltiruvchi gidravlik mashina.

**Gidroelektrostansiya** – maxsus binoda joylashgan suyuqlik oqimi mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi, gidroturbina, gidrogenerator, energetik, mexanik va boshqa jihozlarning hamda gidrotexnik inshootlarning majmuasidir.

**Nasos stansiyasi** – maxsus binoda joylashgan suv berish grafigi asosida ishlaydigan nasos qurilmalarining, energetik, mexanik va boshqa jihozlarning hamda gidrotexnik inshootlarning majmuasidir.

**Gidroturbina va nasos nabori** – yuqori va pastki byeflar suv sathlarining farqi va quvurlar tizimida yo‘qolgan nabor qiymatining yig‘indisi.

**Kanal** – sun‘iy ravishda barpo etilgan o‘zan bo‘lib, uzoq masofalarga suvni yetkazib berishga mo‘ljallangan gidrotexnik inshoot.

**Gidroakkumulyatsion elektrostansiya** – GES va NS rejimlarida ishlash xususiyatiga ega bo‘lgan gidroenergetik qurilma bo‘lib, elektr energetika tarmog‘ida pik vaqtda elektr energiyasiga bo‘lgan ta‘labni qoplashda katta samaradorlik keltiradi.

**Suv to‘lqin elektr stansiyasi** – okean yoki dengizlarda quriladigan gidroenergetik qurilma bo‘lib, sutka mobaynida okean yoki dengiz suv sathining o‘zgarishi hisobiga elektr energiya ishlab chiqaradi.

**Nasos suv berish unumdorligi** – nasosning bosim quvuri ko‘ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida o‘tgan suv miqdori.

**Sutkalik yuklanish grafigi** – elektr energetika tarmog‘ida sutka soatlari bo‘yicha elektr energiyasiga bo‘lgan talabni ko‘rsatib beruvchi grafik.

**Nasosning foydali ish koeffitsiyenti** – nasosga berilgan energiyaning foydali ishga, ya‘ni ma‘lum miqdordagi suvni ma‘lum balandlik yoki masofaga haydab berishga sarf bo‘lganligini baholovchi ko‘rsatkich.

**Parrak** – nasos ishchi g‘ildiragining asosiy ish bajaruvchi organi.

**Kavitatsiya** – suyuqlik oqimida ish jarayonida ko‘p miqdorda havo pufakchalarining paydo bo‘lishi.

**Kavitatsiya zahirasi** – nasosda kavitatsiya hodisasining oldini olish uchun so‘rish balandligini aniqlashda qo‘llaniladigan ko‘rsatkich.

**Qulfak (zatvor)** – nasos quvurida suv sarfini rostlovchi moslama.

**Teskari klapan** – bosim quvurda suyuqlik oqimining orqaga oqishining oldini olish uchun qo‘llaniladigan jihoz.

**Vakuu yo‘qotish klapani** – bosim quvurining sifonida nasos to‘xtab qolganda suvning orqaga oqishining oldini olish maqsadida havo kiritish yo‘li bilan vakuumni yo‘qotadigan moslama.

**Gidravlik zarba** – quvurda suv tezligi to‘satdan keskin o‘zgaranda yuzaga keladigan zarba.

**Tenglagich rezervuar** – gidravlik zarbni oldini olishga mo‘ljallangan qurilma.

**Napor xarakteristikasi** – nasos nabori bilan suv berish qobiliyatini bog‘laydigan grafik

**Ishchi nuqta** – nasos napor xarakteristikasi bilan quvurlar tizimi xarakteristikasining kesishgan nuqtasi.

**Nasos ish rejimi** – ish jarayonida nasos ko‘rsatkichlarining ma‘lum talablarga mos holga keltirilishi.

**Nisbiy tezlik** – nasos ishchi g‘ildiragi parraklari oralig‘idagi kanalda suv oqimining parrakga nisbatan markazdan qochma kuch ta‘sirida yo‘naltirgan tezligi.

**Aylanma tezlik** – nasos ishchi g‘ildiragining aylanishi natijasida uning diametriga urinma holda yo‘naltirilgan tezlik.

## ILOVALAR

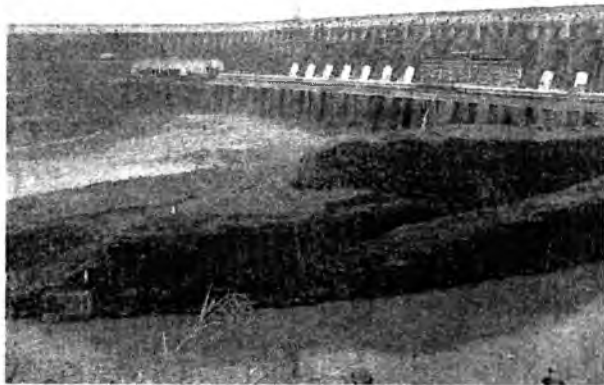
1–ILOVA

### YER YUZIDAGI ENG KATTA QUVVATLI 10 TA GIDROELEKTR STANSIYALAR



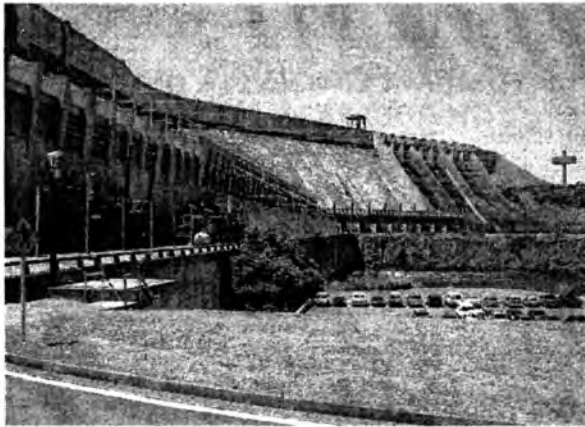
1. Uch g'or GES – quvvat 22,4 GVt bo'lgan, hozirgi vaqtda Xitoyning Yanszi daryosida qurilayotgan dunyodagi eng katta quvvatli gidroelektr stansiya hisoblanib, uning qurilishi 1992 yilda boshlangan.

Uch g'or GESida 26 ta agregat o'rnatilgan bo'lib, har biri 700 MVt quvvat ishlab chiqaradi.



2. Itaypu GES – quvvati 14 GVt bo'lgan, Brazilyaning Fos-du-Iguasu shahridan 20 km uzoqlikdagi Parana daryosida joylashgan eng katta GES hisoblanadi.

Itaypu GESida 20 ta agregat o'rnatilgan bo'lib, har biri 700 MVt quvvat ishlab chiqaradi.



3. Simon Bolivara nomli yoki «Guri» GES – quvvati 10,3 GVt bo‘lgan, Venesuelaning Bolivar shtatidagi Karoni daryosida joylashgan eng katta GES hisoblanadi.

GES qurilishi 1963 yilda boshlangan. 2000 yilda rekonstruksiya ishlari olib borilgan va GES mashina zalli devorlari venesuelalik rassom Karlos Kruz-Diez tomonidan bezatilgan.



4. Cherchill – Fols derivatsion GESi - quvvati 5,43 GVt bo‘lgan, Kanadaning Nyufaundlend va Labrador shaharchalaridagi (provin-

siyasidagi) Cherchill daryosida qurilgan. GES balandligi 75 m bo'lgan Cherchill sharsharasida qurilgan.

Daryo, sharshara va GES larga nom Britaniya Bosh vaziri U.Cherchill sharafiga qo'yilgan.



5. Tukuruy GES - quvvati 8,30 GVt bo'lgan, Braziliyaning Tokantins shtatidagi, Tukuruy grafligidagi Tokantins daryosida joylashgan GES hisoblanadi. Katta quvvatiga qaramasdan Cherchill-Fols GESiga qaraganda yiliga kamroq elektr energiya ishlab chiqaradi, ya'ni 35 mlrd. kVt-soat o'rniga 21 mlrd. kVt-soat elektr energiya ishlab chiqaradi.

Qurilish davrida suv bosish zonasiga Tukuruy shahri tushib qolgan va shu sababli GES ga shahar nomi berilgan. Hozirda Tokantins daryosining pastki irmog'ilda Tukuruy shahri qayta barpo etilgan.





6. P.S. Neporojniy nomli Sayano – Shushensk GES – quvvati 6,40 GVt bo‘lgan Rossiyadagi eng katta GES, u Sayanogorsk yaqinidagi, Cheryomushka (Xakasiya) qishlog‘idagi Yenisey daryosida joylashgan. 2009 yildagi avariya dan so‘ng GES 1,28 GVt quvvat bilan ishlamoqda.

Sayano – Shushensk GES 18 yil qurilgan, yani 1970 yilda qurilish boshlanib 1988 yilda tugatilgan.



7. Krasnoyarsk GES – Krasnoyarskdan 40 km uzoqlidagi Yenisey daryosida joylashgan, quvvati bo‘yicha Rossiyada ikkinchi o‘rinda

turadi, yani quvvati 6,00 GVt va u Enisey GESlar kaskadi tarkibiga kiradi.

GESni qurishda ekologik xatoliklarga yo‘l qo‘yilgan, ya‘ni suvning 20 km uzunlikdagi qismi muzlamasligi taxmin qilingan edi, haqiqatda esa bu qiymat 200 km ga yaqin uzunlikni tashkil etadi. Bu esa hududning ekologiyasiga va iqlimiga katta ta‘sir ko‘rsatdi. Krasnoyarsk hududida Enisey daryosi muzlamaydigan holatga keldi. Shu bilan birga GES qurilishida ko‘p miqdordagi aholi yashash joylari va ahamiyatga ega bo‘lgan katta yerlar maydonlari suv bilan bostirilgan.



8. Buyuk Oktabrning 50 yilligi nomli Bratsk GES - quvvati 4,50 GVt bo‘lib, Irkutsk viloyatining Bratsk shahridagi Angara daryosida joylashgan. Angara GESlar kaskadida Irkutsk GESidan keyingi pog‘onada joylashgan.

Bratsk suv omborini suv bilan to‘ldirish natijasida 100 dan ortiq qishloq va 70 dan kam bo‘lmagan xo‘jalik sifatida o‘zlashtirilgan orolchalar suv bilan cho‘ktirilgan.



9. Ust – Ilimsk GES - quvvati 3,84 GVt bo'lib, Irkutsk viloyatining Ust – Ilimsk shahridagi Angara daryosida joylashgan. Angara GESlar kaskadida Irkutsk va Bratsk GES laridan keyingi pog'onada joylashgan.

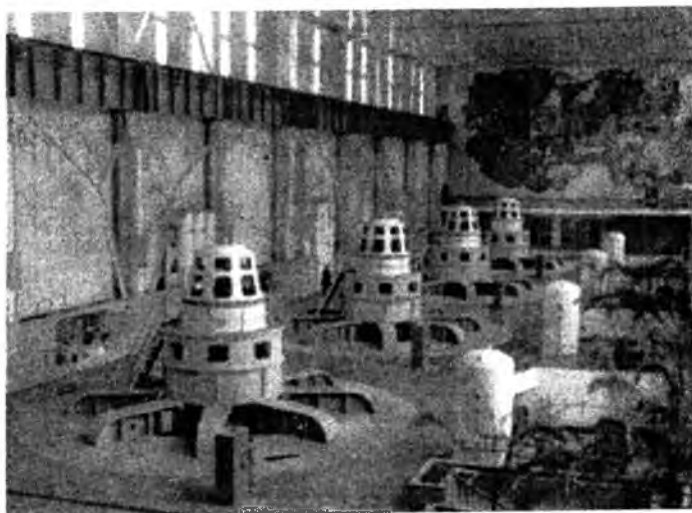
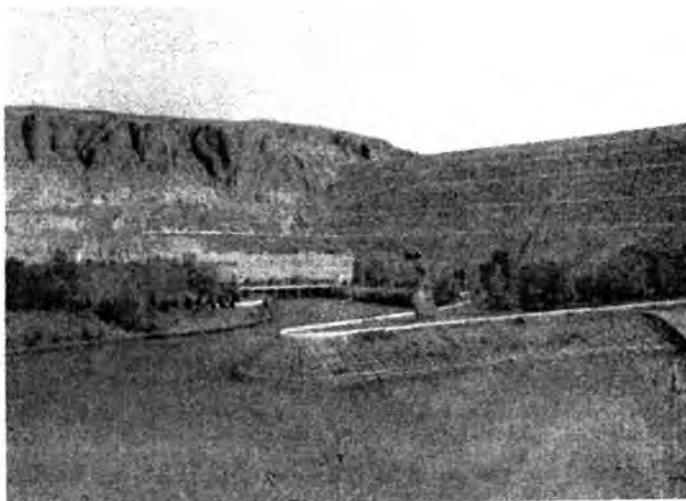
GES da suv transportini o'tkazish inshootlari mavjud emas, ammo kelajakda suv transportlarini o'tkazish inshootini qurish rejalashtirilgan.

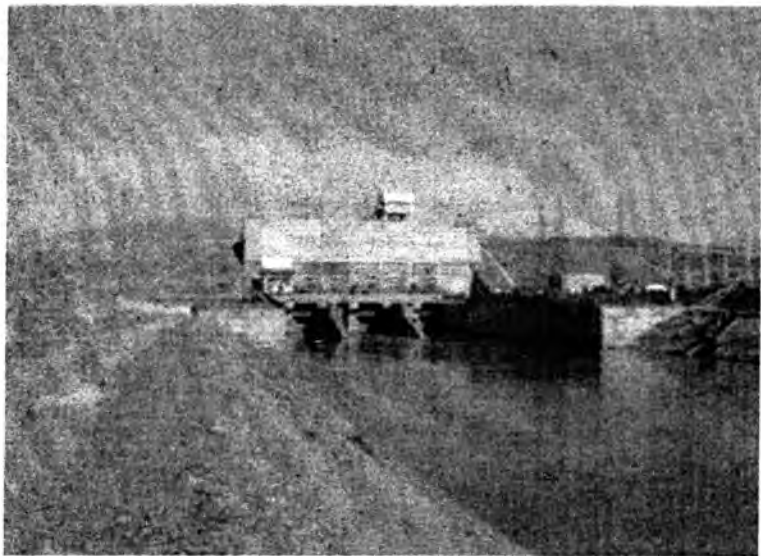
Quvvati 3,84 CVt. Yuqori byefning dengiz sathidan balandligi (NKS)



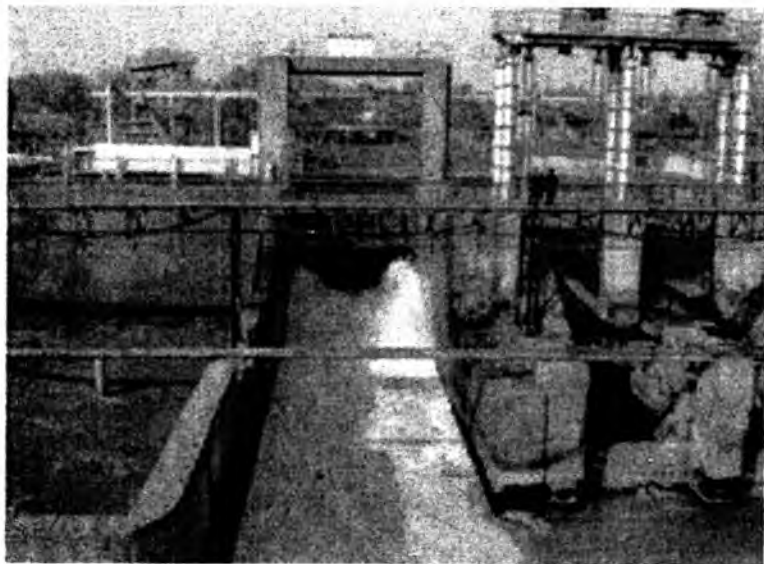
10. Boguchansk GES – Krasnoyarskning Kodinsk shahri Kejemsk tumanidagi Angara daryosida qurilayotgan quvvati 3,00 GVt li GES hisoblanadi va Angara GESlar kaskadining to'rtinchi pog'onasida joylashgan, Ust – Ilimsk GES idan 367 km uzoqlikda qurilgan.

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA QURILGAN  
GIDROELEKTR STANSIYALAR**





**Chirchiq daryosidagi O'rta-Chirchiq GES lar kaskadi**

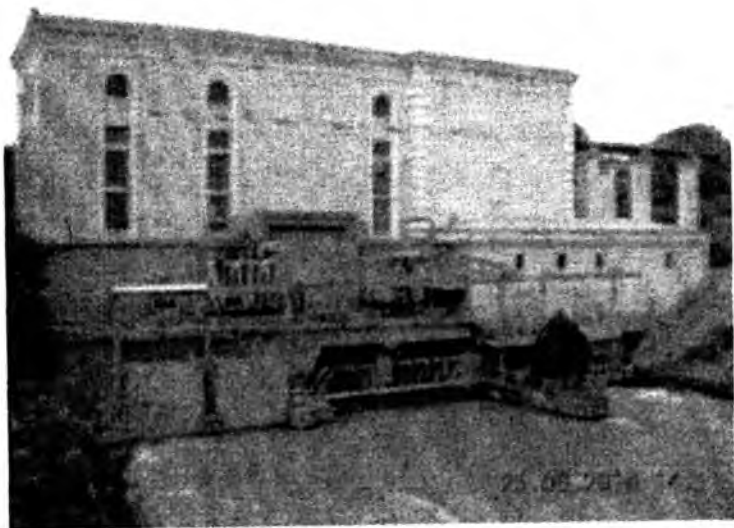




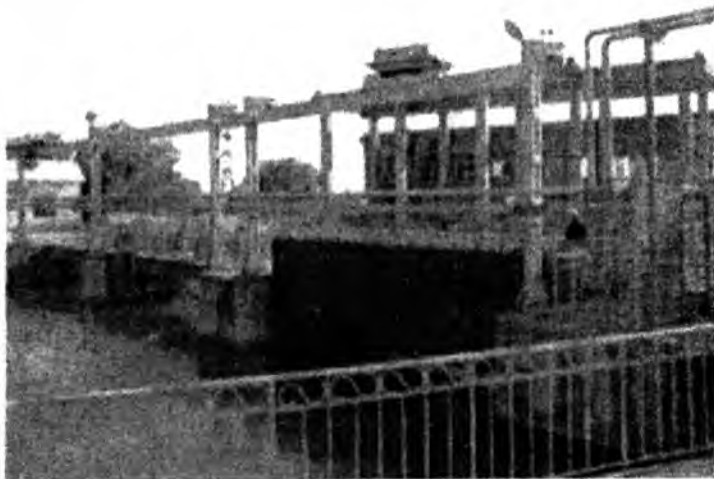
**Chirchiq-Bo'z-suv traktidagi Komolot GES**



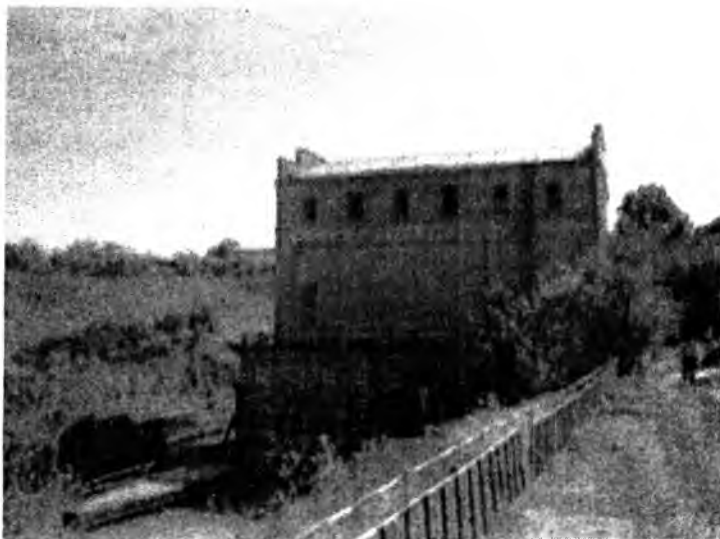
**Tovoqsoy GESi (1941 – 1956 yillarda qurilgan)**



**Oq-Qovoq 1 GESi (1941 – 1953 yillarda qurilgan)**



**Oq-Qovoq 2 GESi (1946 yilda qurilgan)**

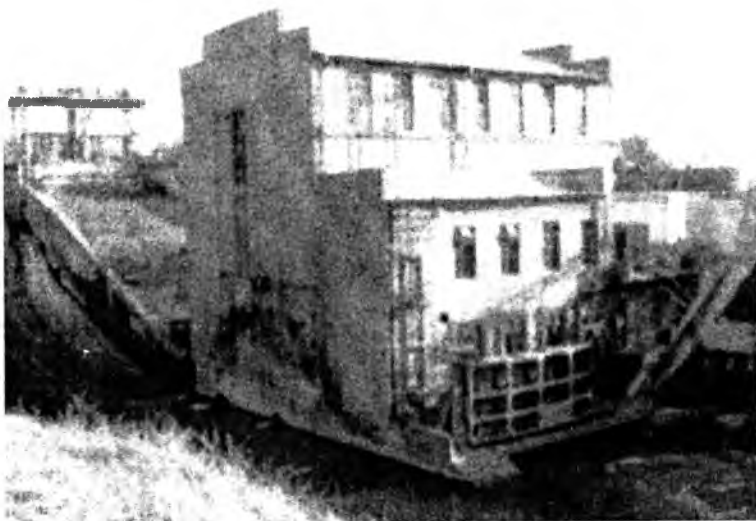


**Qibray GESi (1943 yilda qurilgan)**





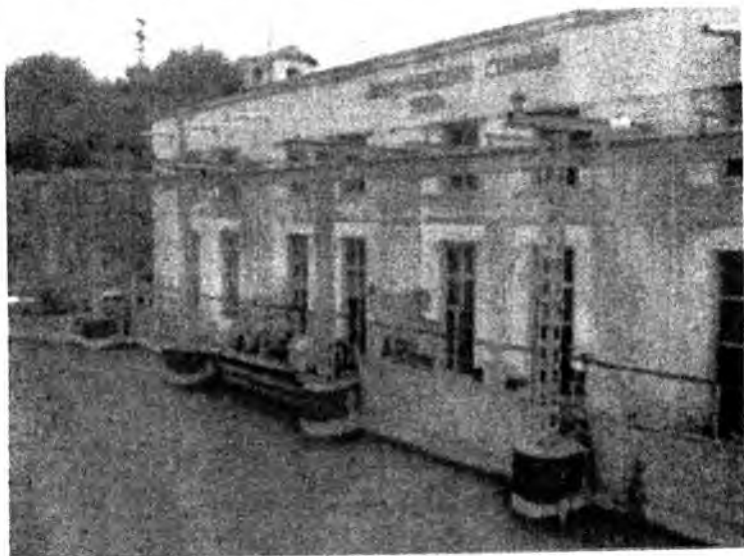
**Qodiriya GESi (1933 – 1936 yillarda qurilgan)**



**Salar GESi (1944 yilda qurilgan)**



**Tovoqsoy GESi (1941 – 1956 yillarda qurilgan)**



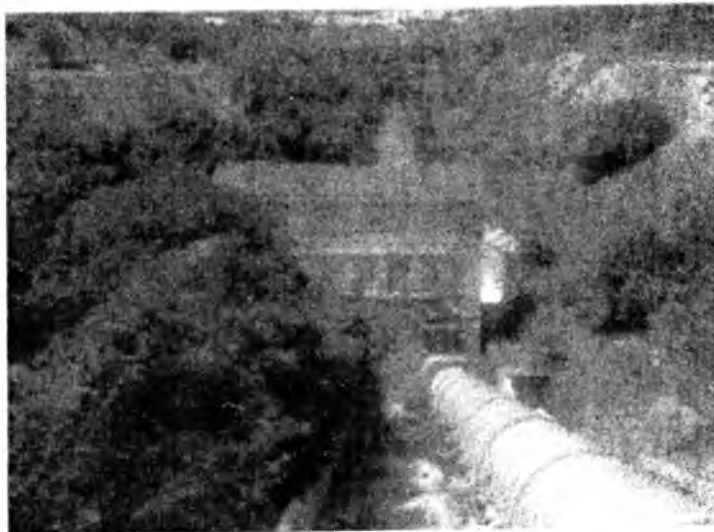
**O'zbekistonda birinchi qurilgan Bo'z-suv GESi (1926 yil)**



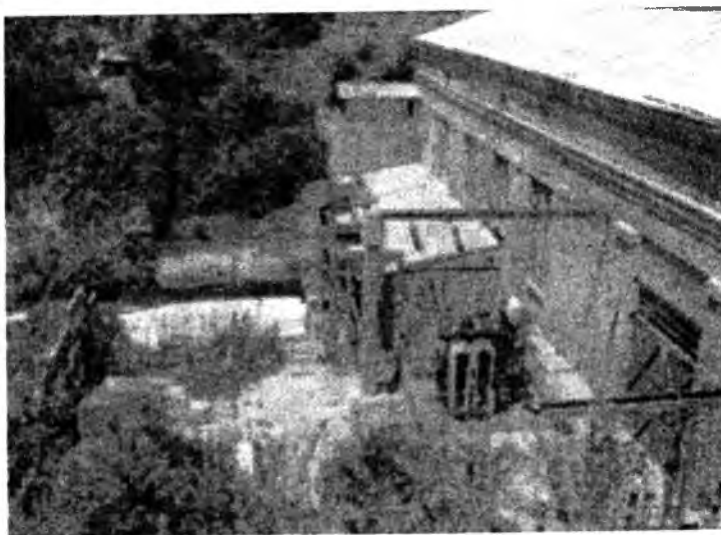
**Shayxontohur GESi (1951 – 1954 yillarda qurilgan)**



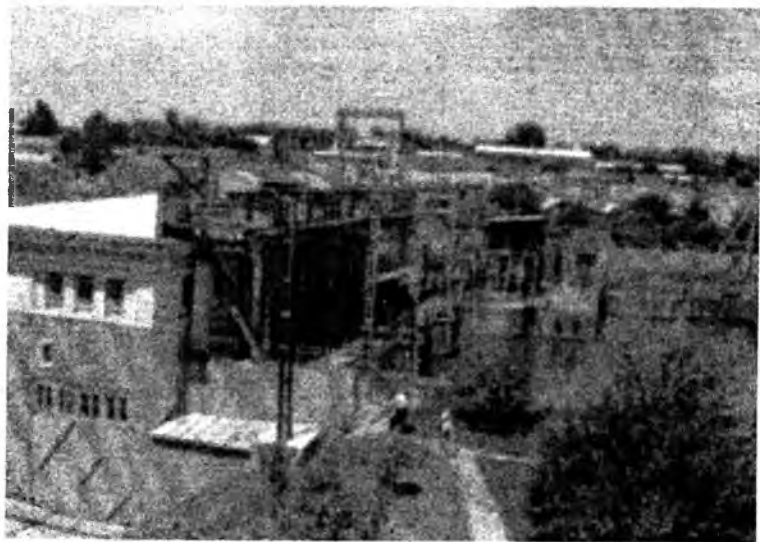
**Bo'ri-jar GESi (1936 – 1992 yillarda qurilgan)**

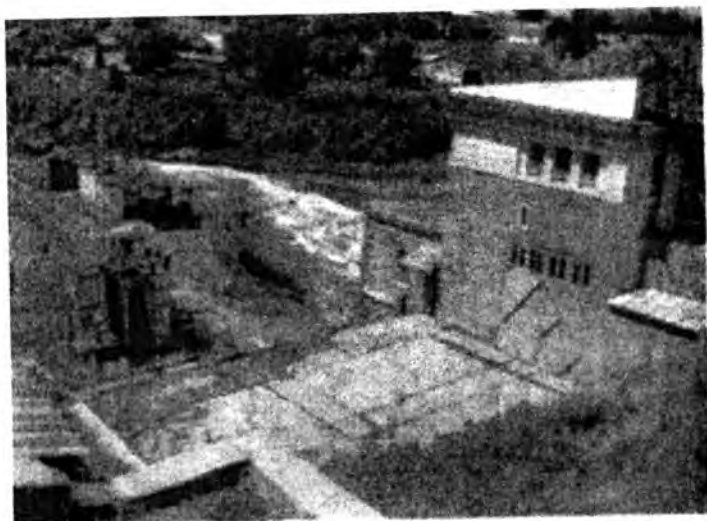


**Oqtepa GESi (1943 yilda qurilgan)**



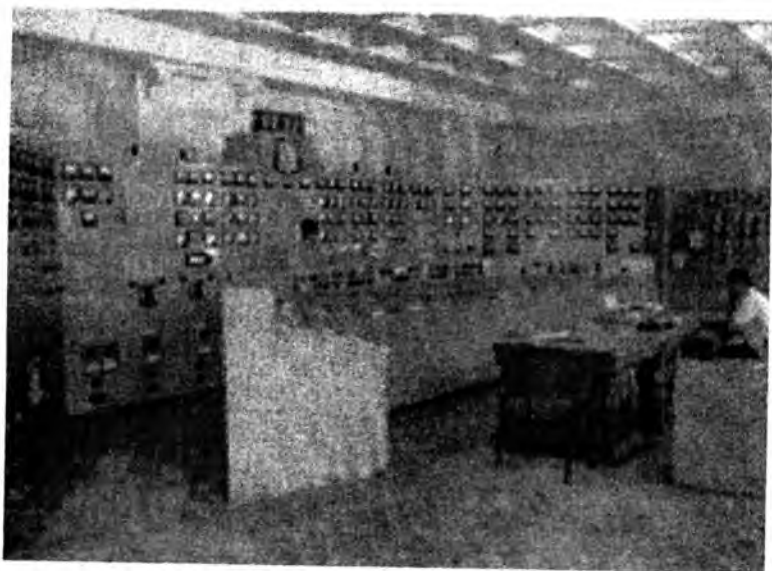
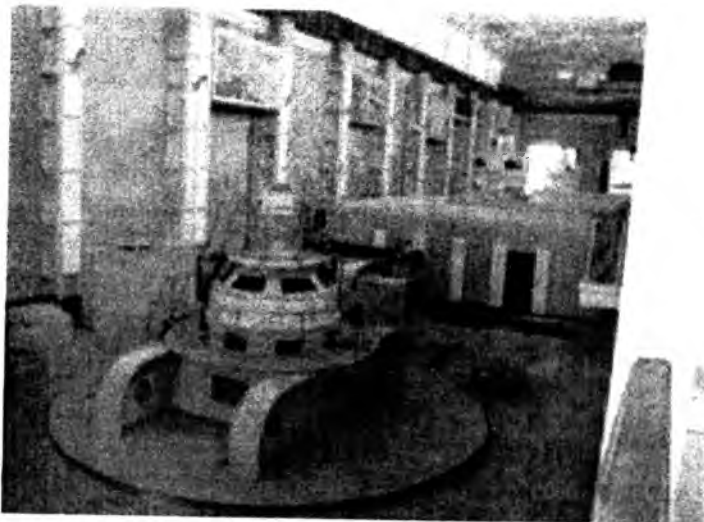
**Quy-Bo‘z-suv 1 GESi (1944 yilda qurilgan)**



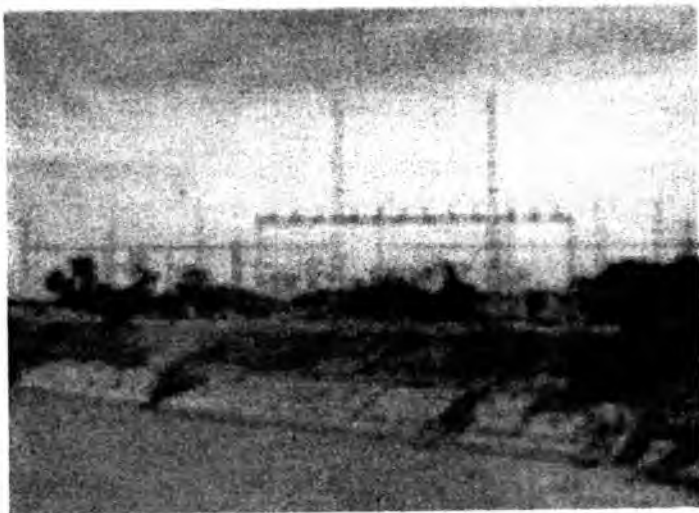


**Quyi-Bo'z-suv 2 GESi (1949 yilda qurilgan)**

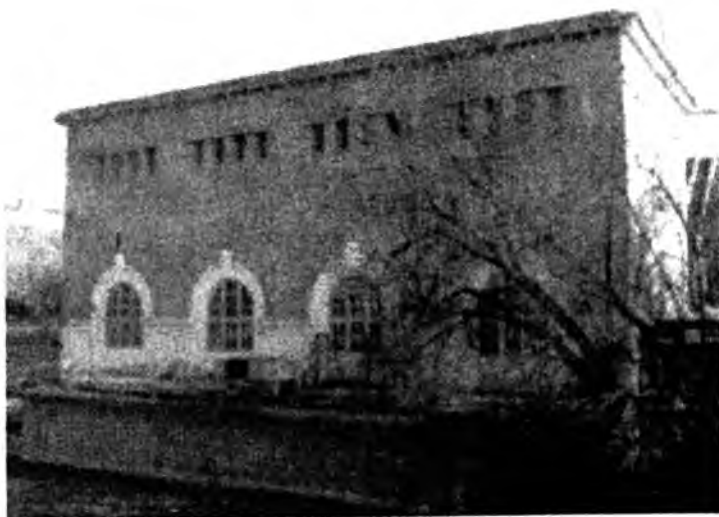




**Sirdaryodagi Farxod GESi (1948 – 1949 yillarda qurilgan)**

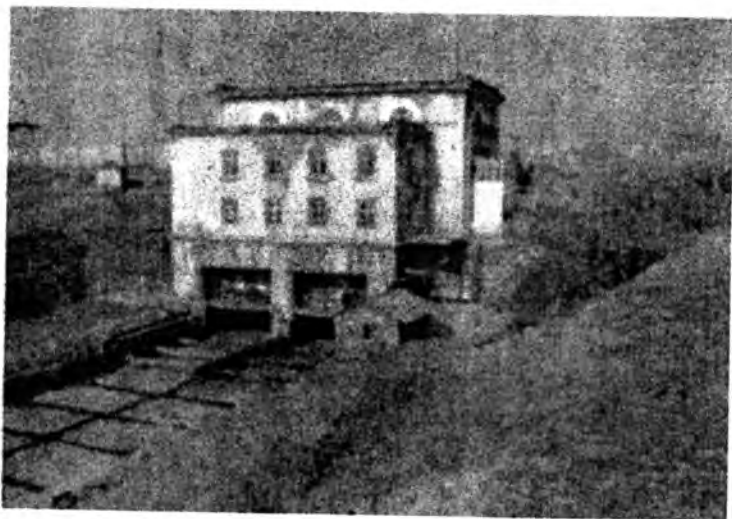


**Chirchiq-Bo'zsuv traktidagi Quyi- Bo'zsuv GES lar kaskadi**

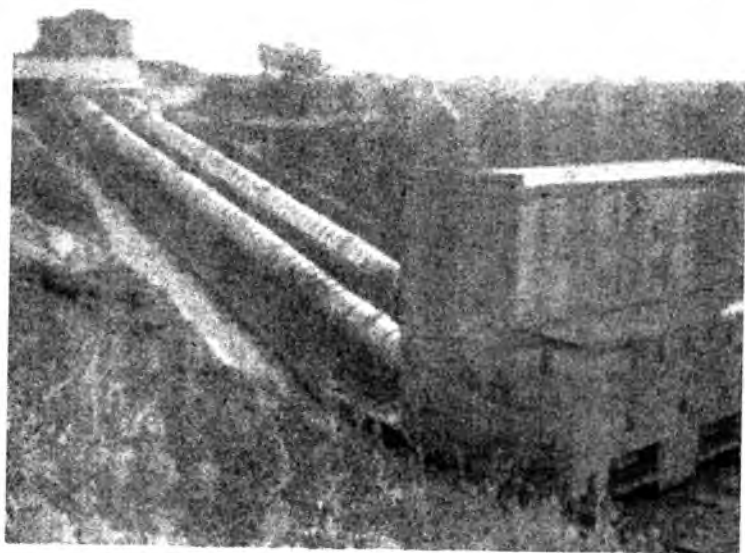


**Quyi- Bo'zsuv 3 GESi (1950 yilda qurilgan)**





**Quyi- Bo'zsuv 6 GESi (1954-1956 yillarda qurilgan)**



**Quyi-Bo'zsuv 4 GESi (1954 yilda qurilgan)**

## DUNYODAGI ENG KATTA QUVVATLI QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI ASOSIDAGI ELEKTR STANSIYALAR

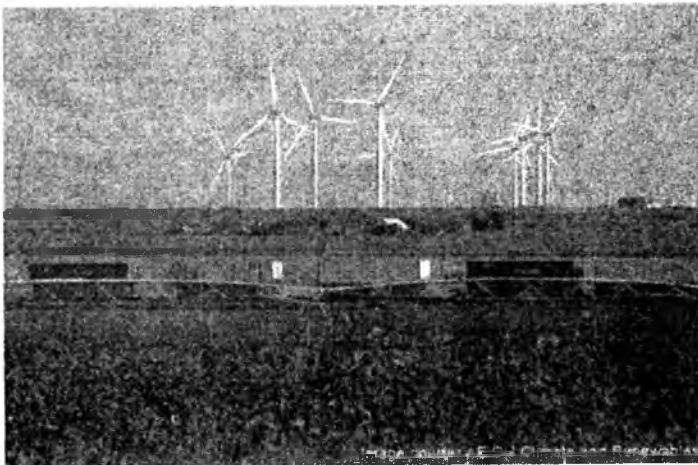
**Eng katta quvvatli shamol elektr stansiyasi (781,5 MVt)**  
Roscoe Wind Farm, Texas shtati (AQSh).

Elektr stansiya Texas shtatining markazida joylashgan bo'lib, 400 km<sup>2</sup> maydonni egallagan va unda Mitsubishi, General Electric va Siemens kompaniyalarida ishlab chiqilgan 627 ta shamol qurilmalari o'rnatilgan.

Quvvati bo'yicha ikkinchi o'rinda Horse Hollow Wind Energy Center shamol elektr stansiyasi (735,5 MVt) turadi.

Ikki shamol elektr stansiyasi Texas shtatida joylashgan bo'lib, Texas shtati AQShda shamol quvvati bo'yicha yetakchi hisoblanadi – 9403 MVt. Undan keyingi o'rinlarni Ayova – 3604 MVt, Kaliforniya – 2798 MVt shtatlari egallagan. Dunyo bo'yicha esa AQSh shamol elektr stansiyalari quvvati bo'yicha birinchi o'rinda turadi.

2010 yilda quvvati 800 MVt bo'lgan shamol elektr stansiyasi qurilishi Kaliforniya shtatining Tehachapi Pass dovonida (perevalida) boshlangan. Loyiha Alta Wind Energy Center nomini olgan.

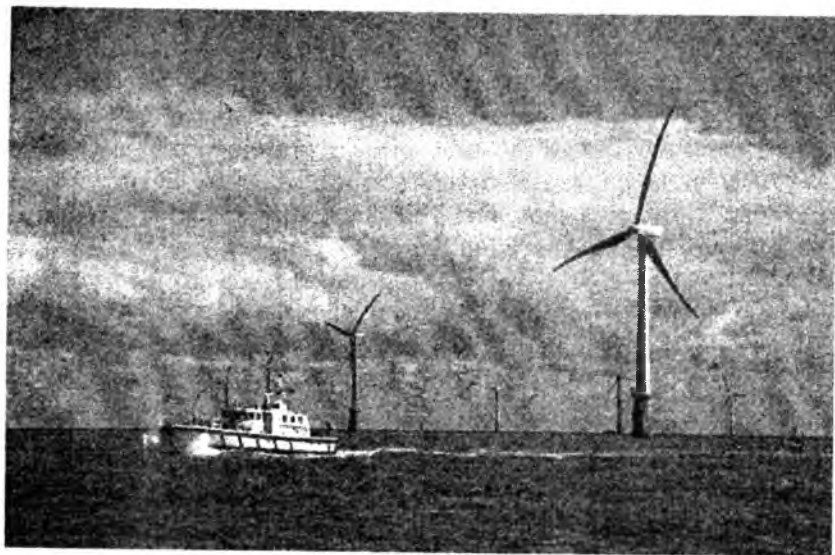


*Roscoe Wind Farm*

**Eng katta quvvatli offshor shamol elektr stansiyasi (300 MVt)  
Thanet Wind Farm, Kent grafligi (Angliya)**

Offshor shamol elektr stansiyalar orasida yetakchilikni 2010 yilning 23 sentabrida ishga tushirilgan Angliyaning janubi-sharqidagi Kent grafligi Shimoliy dengiz qirg'oqlarida joylashgan Thanet Wind Farm shamol parki egalladi. Bu joydagi chuqurlik 20÷25 m ni tashkil etadi. Loyihaning narxi 1,4 mlrd. AQSH. dollarini tashkil etadi. Shamol parkida Vestas V90 rusumli quvvati 3 MVt dan bo'lgan 100 ta shamol qurilmalari o'rnatilgan.

Avval esa dunyo bo'yicha offshor shamol elektr stansiyalar orasida yetakchilikni egallagan. Daniyaning Yutlandiya yarim orollari qirg'oqlarida joylashgan, quvvati 209,3 MVt bo'lgan Horns Rev 2 offshor shamol elektr stansiyasi eng katta quvvatli hisoblangan.



*Thanet Wind Farm*

**Eng katta quvvatli to'liqin gidroelektr stansiyasi (240 MVt)  
Rance Tidal Barrage, Bretan (Frantsiya).**

Eng katta quvvatli to'liqin gidroelektr stansiyasi Rance Tidal Barrage Frantsiyaning Rans daryosida joylashgan. Stansiya 1967 yilda qurilgan bo'lib, hozirgacha donyoda eng katta hisoblanadi.

Hozirda quvvati 254 MVt bo'lgan Sihwa Lake Tidal Power Station to'liqin gidroelektr stansiyasi janubiy Koreyaning Sihwa ko'lida qurilmoqda.

Hozirda ikkinchi o'rinda Kanadaning Fandi bo'g'ozida joylashgan quvvati 20 MVt bo'lgan Annapolis Royal Generating Station to'liqin gidroelektr stansiyasi turadi.



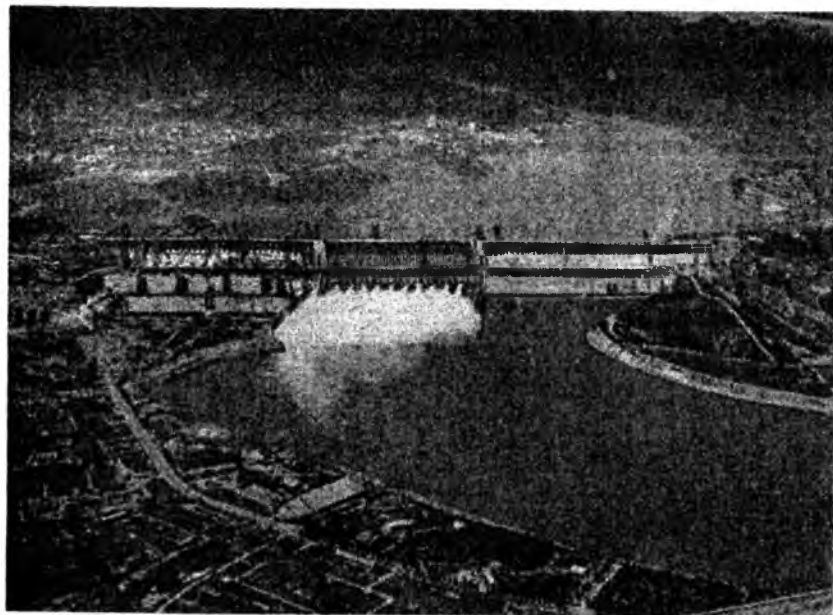
*Rance Tidal Barrage*

**Eng katta quvvatli gidroelektr stansiya (22.4 GBr)** Three Gorges to'g'oni, Xubey (Xitoy)

Xitoyning Yanszi daryosida qurilgan Three Gorges Dam («Uch g'or») GESi – dunyodagi eng yirik GES hisoblanib, uning qurilishi 1992 yilda boshlangan.

Quvvati bo'yicha ikkinchi o'rinda Braziliya va Paragvay chegarasida joylashgan quvvati 14 GVt li Itaypu GESi hisoblanadi.

Kongo Demokratik Respublikasida qurilishi 2020 – 2025 yillarga rejalashtirilayotgan Inga Dam GESi ning quvvati 39 GVt ni tashkil etadi va bu esa ushbu GES qurilish yakunlangandan so'ng dunyodagi elektr stansiyalar ichida eng katta quvvatlisi hisoblanadi.



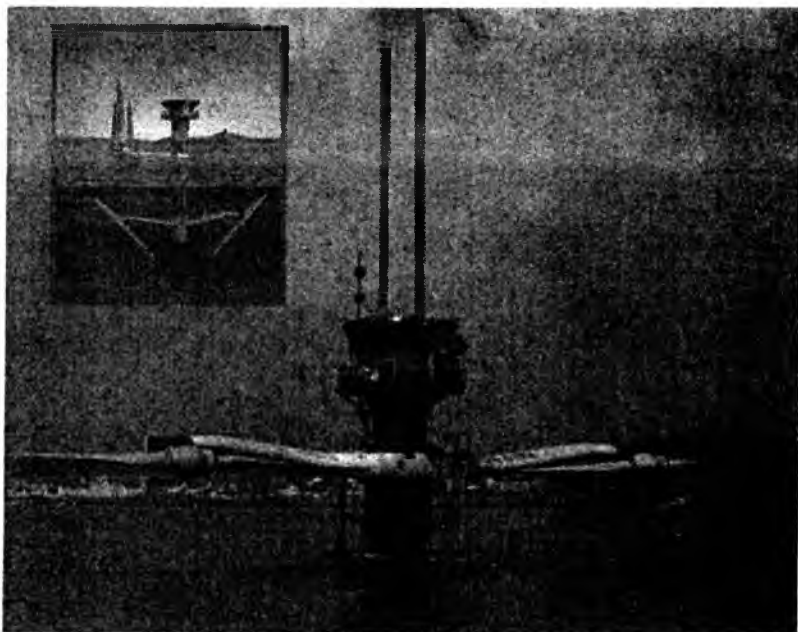
*Three Gorges Dam*

**Dunyodagi eng katta quvvatli suv to'liqin gidroturbinasi (1,2 MVt), SeaGen gidroturbinasi, Stengford Laf (Irlandiya).**

Gidroturbina quvvati 1,2 MVt bo'lib, u ishchi g'ildiragi dametri 16 m bo'lgan juft gidroturbinalardan tashkil topgan. Gidroturbina og'irligi 300 tonnani tashkil etadi. Gidroturbinaning o'z o'qi atrofida aylanishi kelayotgan suv oqimiga quyilishi yoki qaytishidagi moslashishi uchun imkoniyat yaratadi. Gidroturbinani suv ostidan suv yuzasiga ko'tarib olingan holda ta'mirlash ishlarini olib borish mumkin.

2010 yilning 11 avgustida Atlantis Resources korporatsiyasi AK1000 rusumli suv to'liqin gidroturbinasini namoyish etdi. Gidroturbinaning balandligi 22,5 m ni, og'irligi 1300 tonnani tashkil etib, u mustahkam asosni tashkil etuvch 18 m rotorga ega hisoblanadi.

Bunday turdagi bitta gidroturbinaning 2,65 m/sek dengiz oqimi tezligida quvvati 1 MVt ni tashkil etishi taxmin qilinmoqda.



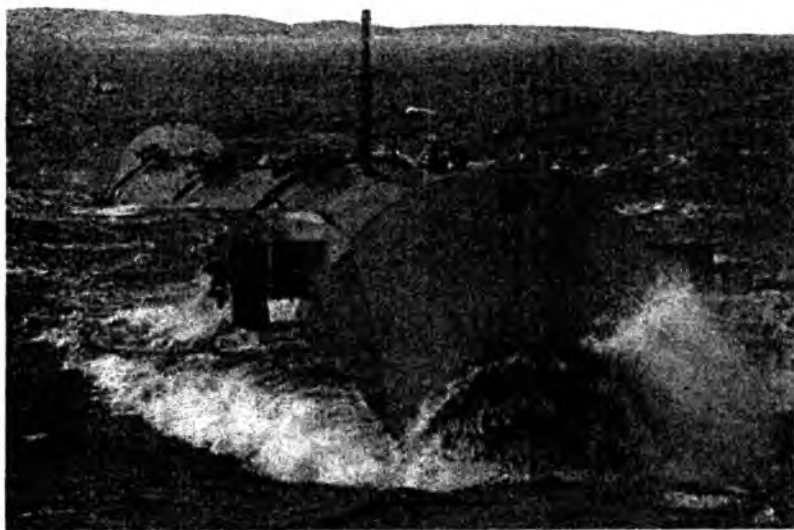
### *SeaGen*

**Dunyodagi eng katta quvvatli suv to'liqin elektr stansiyasi (2,25 MVt), Agucadoura Wave Farm, Povua-de-Varzin (Portugaliya).**

Ushbu elektr stansiya Portugaliya shimolidagi Povua-de-Varzin shahri qirg'oqlarida joylashgan. Elektr stansiya yarmi suvga cho'kkan «llon»ni eslatib, uning uzunligi 150 metrni va eni 3,5 metrni tashkil etadi. Suv to'liqin elektr stansiya har birining quvvati 0,75 MVt dan bo'lgan uchta gidroturbinadan tashkil topgan bo'lib, elektr stansiya umumiy quvvati 2,25 MVt ni va narxi 13 million AQSh dollarini tashkil etadi. Dengiz to'liqini urilishi natishasida «llon»day tebrana boshlaydi, buning natijasida energiya boshqa turdagi energiyaga o'zgaradi.

Hozirda taxminiy quvvati 100 MVt ni tashkil etuvchi Oyster Wave Energy System nomli suv to'liqin elektr stansiyasi qurilishi loyihasi amalga oshirilmoqda. Ushbu loyiha Shotlandiyaning Aquamarine Power kompaniyasi va Evropa tadqiqot markazi (European Marine Energy Centre) bilan hamkorlikda olib borilmoqda. Oyster Wave

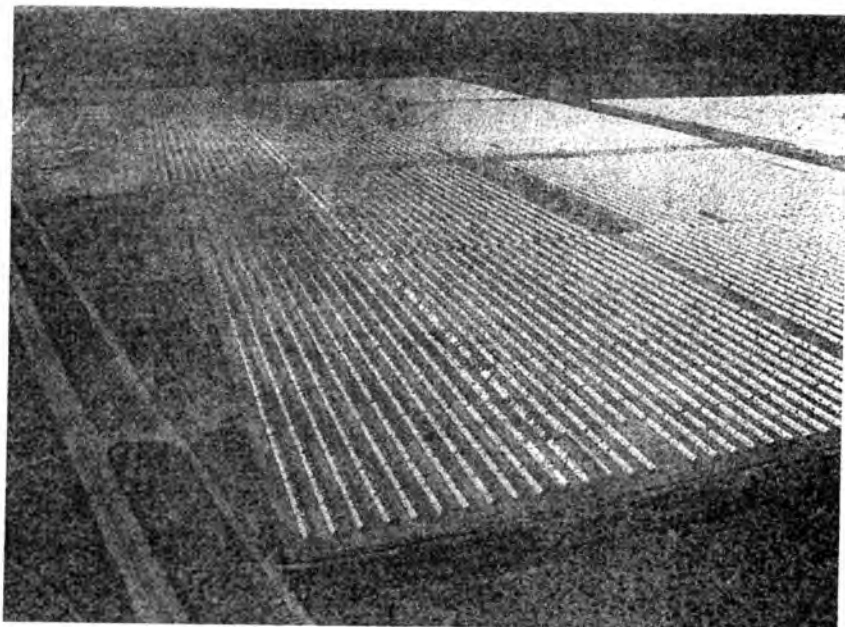
Energy System loyihasi yakuniga yetgandan so'ng u dunyodagi eng katta quvvatli suv to'liqin elektr stansiyasi bo'lib hisoblanadi.



*Agucadoura Wave Farm*

**Dunyodagi eng katta quvvatli quyosh issiqlik elektr stansiyasi (354 MVt), Solar Energy Generating Systems, Kaliforniya (AQSh).**

Solar Energy Generating Systems (SEGS) loyihasi Luz International kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan va tadbir etilgan bo'lib, hozirda dunyodagi eng katta loyihalardan biri hisoblanadi. Ushbu elektr stansiya AQSh ning Kaliforniya shtatidagi Moxava cho'llari bo'yicha joylashtirilgan umumiy quvvati 354 MVt bo'lgan 9 ta quyosh issiqlik elektr stansiyalaridan tashkil topgan. Ulardan 6 ta elektr stansiya 30 MVt dan, 2 ta elektr stansiya 80 MVt dan va 1 ta elektr stansiya 14 MVt dan quvvat ishlab chiqaradi. Quyosh issiqlik elektr stantsiyasi  $6,5 \text{ km}^2$  maydonni egallagan bo'lib, ushbu maydonga 936384 ta parabolik quyosh konsentratorlari o'rnatilgan.



### *Solar Energy Generating Systems*

**Dunyodagi eng katta quvvatli quyosh fotoelektrik stansiyasi (80,7 MVt), Finsterwalde Solar Park, Finstervalde (Germaniya).**

Quyosh fotoelektrik stansiyasi 2010 yilda Germaniyaning Finstervalde shahrida qurilgan bo'lib, ushbu loyiha Q-Cells International va LDK Solar kompaniyalari hamkorligida amalga oshirilgan.

Finsterwalde Solar Park quyosh fotoelektrik stansiyasiga qadar Ispaniyadagi quvvati 60 MVt bo'lgan Olmedilla Photovoltaic Park quyosh fotoelektrik stansiyasi yetakchilikni egallab turgan edi.

Hozirda Kanadada (Sarnia PV power plant) quvvati 97 MVt li va Italiyada (Montalto di Castro PV power plant) quvvati 84,2 MVt li quyosh fotoelektrik stansiyalari qurilishi olib borilmoqda.





*Finsterwalde Solar Park*

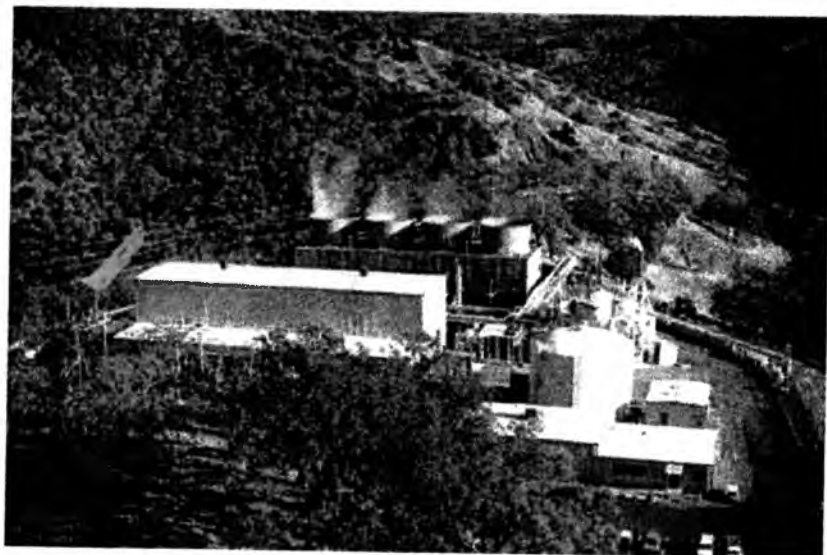
**Dunyodagi eng katta quvvatli geotermal elektr stansiyasi (1517 MVt), The Geysers, Kaliforniya (AQSh).**

The Geysers elektr stansiyasi umumiy quvvati 1517 MVt bo'lgan 22 ta geotermal elektr stansiyalardan tashkil topgan bo'lib, San-Fransiskodan 116 km shimolda joylashgan.

1980 yillarning o'rtalarida ushbu elektr stansiyaning maksimal quvvati 2000 MVt ni tashkil etgan, ammo hozirda uning quvvati 1517 MVt gacha tushib ketganiga qaramasdan, ayni vaqtgacha geotermal elektr stansiyalar orasida eng katta quvvatli hisoblanadi.

Geotermal manba egallagan umumiy maydon 78 km<sup>2</sup> ni tashkil etadi va uning yordamida ishlab chiqarilgan energiya Kaliforniya shimoliy qirg'oqlarining 60 % ni elektr energiyasi bilan ta'minlash imkonini beradi.

Katta quvvatli geotermal elektr stansiyalar qatoriga Meksikadagi Cerro Prieto Geothermal Power Station (720 MVt) va Islandiyadagi Hellisheiði Power Station (300 MVt) geotermal elektr stansiyalarini qo'shish mumkin.



The Geysers Power Plant

**Dunyodagi eng katta quvvatli biomassa yoqilg'isi bilan ishlovchi elektr stansiyasi (160 MVt issiqlik energiyasi va 265 MVt elektr energiyasi), Oy, Pietarsaari (Finlandiya).**

Alholmens Kraft (Jakobstad Power Station nomi bilan ham ataladi) elektr stansiyasida asosiy yoqilg'i sifatida yog'och va torfdan, yordamchi yoqilg'i sifatida esa toshko'mirdan foydalaniladi. Stansiya 1 soatda 1000 m<sup>3</sup> bioyoqilg'ini yoqish imkoniyatiga ega bo'lib, yoqilg'ini amalga oshiruvchi qozon asosi diametri 8,5 metrni, yuqori qismining diametri 24 metrni va balandligi 40 metrni tashkil etadi.

Stansiya 265 MVt elektr energiyasini, shu qatorda 160 MVt issiqlik energiyasini ishlab chiqaradi. Ishlab chiqarilgan 160 MVt issiqlik energiyasidan 60 MVt i markazlashtirilgan issiqlik ta'minot tizimiga va 100 MVt i qog'oz ishlab chiqaruvchi zavod ehtiyojlariga ishlatiladi.



*Oy Alholmens Kraft*

<b>KIRISH</b> .....	3
---------------------	---

## **I. SUV ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING GIDRAVLIK ASOSLARI**

1.1. Gidravlikaning rivojlanishi haqida qisqacha ma'lumot ....	7
1.2. Suyuqliklar to'g'risida asosiy tushunchalar. Suyuqliklarning fizik xossalari.....	8
1.3. Gidrostatika. Tinch turgan suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar. Gidrostatik bosim va uning xossalari. Bosim o'lchov birliklari.....	13
1.4. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi. Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal qonuni.....	16
1.5. Mutloq va manometrik (ortiqcha) bosim. Vakuum. Bosim o'lchash asboblari. ....	19
1.6. Gidrodinamika. Suyuqlik harakatining asosiy tenglamalari.....	23
1.7. Suyuqlik va oqimcha uchun Bernulli tenglamasi.....	27
1.8. Gidravlik nishabliklar.....	36
1.9. Suyuqlikning laminar va turbulent harakati rejimlari.....	37
1.10. Gidravlik bosim (napor) yo'qolishining ikki turi.....	40

## **II. GIDROENERGETIKA VA SUV XO'JALIGI. SUV RESURSLARIDAN MUKAMMAL FOYDALANISH**

2.1. Suv manbalari va suv oqimi energiyasi.....	51
2.2. Suv manbalari va ulardan kompleks foydalanish.....	55
2.3. Daryolar, daryo o'zani ko'ndalang kesimi va uning morfometrik xarakteristikalari.....	58
2.4. Suv omborlari va ularning parametrlari.....	70
2.5. Gidroenergetika qurilmalar turlari.....	75
2.6. Suv energiyasidan foydalanish sxemalari.....	80
2.7. GEQ larining inshootlari tarkibi.....	84

## **III. GIDROELEKTRSTANSIYALAR. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI**

3.1. GESning asosiy parametrlari.....	96
3.2. Gidroturbinalarning sinfiy guruhlari, tuzilishi, asosiy	

parametrlari va xarakteristikallari.....	100
3.3. Hidroturbinalarda oqim harakati, uning asosiy tenglamasi va gidroturbinalarni modellashtirish.....	112
3.4. GESning elektroenergetik jihozlari, ularning tarkibiy, turlari va parametrlari.....	127
3.5. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari.....	133

#### **IV. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI**

4.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari.....	137
4.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari.....	140
4.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko'rsatkichlari.....	146
4.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi.....	149
4.4.1. Markazdan qochma nasoslar.....	149
4.4.2. O'qiy nasoslar.....	151
4.4.3. Parrakli nasoslarda oqim harakati.....	153
4.4.4. Parrakli nasoslarning asosiy tenglamasi.....	156
4.4.5. Nasoslarni modellashtirish. Nasoslar ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari.....	158
4.4.6. Nasoslarda kavitatsiya hodisasi va ularning chegalangan so'rish balandligini aniqlash.....	159
4.4.7. Nasoslarning xarakteristikallari.....	161
4.4.8. Nasos ish rejimini rostdash usullari.....	164
4.4.9. Nasoslarning birgalikdagi ishi.....	166
4.5. Nasoslarning boshqa turlari.....	169
4.5.1. Uyumaviy nasoslar.....	169
4.5.2. Porshenli nasoslar.....	170
4.5.3. Quduq nasoslari.....	171
4.6. Nasos stansiyalarida nasoslarni tanlash.....	173
4.6.1. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash..	173
4.6.2. Nasoslar sonini aniqlash.....	174
4.6.3. Nasoslar markasini aniqlash.....	175
4.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel tanlash.....	175
4.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari.....	177
4.8.1. Mexanik jihozlar.....	177
4.8.2 Vakuum-sistemalar.....	178

4.8.3 Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta'minlash tizimlari.....	179
--	-----

## **V. GIDROENERGETIK QURILMALAR BINOLARI**

5.1. Hidroelektr stansiyasi binolari.....	181
5.1.1. Uzanda joylashgan GES binosi.....	182
5.1.2. To'g'onli GES binolari.....	184
5.1.3. Derivasiya GESi binosi.....	184
5.1.4. GES binosi hisoblari va loyihalashning asosiy masalalari	186
A. Stansiya binosining pastki qismi.....	186
B. GES binosi yuqori qismi.....	188
5.2. Nasos stansiyasi binolari.....	189
5.2.1. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosi.....	189
5.2.2. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi.....	190
5.2.3. Blokli nasos stansiya binosi.....	191
5.2.4. Nasos stansiya binosini loyihalashning texnik shartlari va qoidalari.....	191
5.2.5. Nasos stansiya binosining gorizontaal tekislikda joylashish shartlari (planda).....	192
5.2.6. Nasos stansiya binosining vertikal tekislikda joylashish shartlari.....	195
5.2.7. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikatsiyalari.....	196
5.3. Hidroenergetik qurilma kanallari.....	200
5.3.1. Kanallarning ko'ndalang kesimi.....	201
5.3.2. Kanallardagi inshootlar.....	203
5.3.3. Energetik kanallarni qoplash jarayonlari.....	204
5.3.4. Kanalning gidravlik parametrlari.....	206
5.3.5. Derivatsion kanallardagi ruxsat etilgan suv tezligi.....	211

## **VI. GIDROENERGETIK QURILMALARNING BOSIM QUVURLARI, TENGLAGICH REZERVUARLARI, GIDROTEXNIK TUNNELLARI VA BOSIM HAVZALARI**

6.1. Hidroenergetik qurilmalar bosimli quvurlari.....	213
6.1.1. Hidroenergetik qurilmalar bosim quvurlarining turlari....	213
6.1.2. Quvur trassasi va turbinaga suv keltirish sxemalari.....	215
6.1.3. Quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash.....	217
6.2. GEQlarining tenglagich rezervuarlari (TR).....	221

6.2.1. Tenglagich rezervuarlarni qo'llashning shartlari va vazifasi.....	221
6.2.2. Tenglagich rezervuarlarning turlari .....	223
6.2.3. TRlar parametrlarini aniqlash.....	227
6.2.4. Tenglagich rezervuarlarda suv sathi o'zgarishining asosiy tenglamasi.....	229
6.2.5. «Suv ombori - derivatsiya -tenglagich rezervuar» tarmog'idagi suv massasi tebranishi.....	230
6.2.6. Tenglagich rezervuardagi tebranishlar turg'unligi.....	232
6.2.7. Alohida GES ishining kichik boshlang'ich tebranishdagi turg'unligi.....	233
6.2.8. Derivatsiya tarmog'idagi tenglagich rezervuarlar va bir necha rezervuarlarning birgalikdagi ishi.....	234
6.3. GES va GAESning gidrotexnik tunnellari.....	235
6.3.1. Gidrotexnik tunnellarning turlari.....	235
6.3.2. Derivatsion tunnel yo'lini tanlash.....	237
6.3.3. Gidrotexnik tunnellarning ichki qismini mahkamlash....	237
6.3.4. Derivatsion tunnel parametrlarini tanlashda gidravlik va iqtisodiy hisoblash.....	238
6.4. GEQlarning bosim havzalari.....	241
6.4.1. GEQlarning bosim havzalari jihozlari va inshootlari kompanovkasi.....	241
6.4.2. Bosim havzasi gidravlik hisoblari.....	242
6.4.3. Sutkalik tartibga solish bosim havzalari.....	244

## **VII. GIDROAKKUMULYASIYA ELEKTR STANSIYALARI VA KICHIK GESLAR**

7.1. Gidroakkumulyasiya stansiyalarining turlari.....	247
7.2. GAES asosiy parametrlari.....	250
7.3. Kichik quvvatli GESlar, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi.....	252

## **VIII. GIDROENERGETIK QURILMALARNING TEXNIK- IQTISODIY HISOBLARI**

8.1. Gidroenergetik qurilmalarda kapital mablag'lar, yillik chiqimlar, mahsulot tannarxi tushunchalari.....	258
8.2. Kapital mablag'larning umumiy iqtisodiy samaradorligi...	260
8.3. Iqtisodiy samaradorlikni taqqoslash usuli.....	262

8.4. Gidrouzel parametrlarini asoslash va GES samaradorligini aniqlash.....	263
8.5. Gidrouzel normal suv sathini tanlash.....	265
8.6. GES va GAES nominal quvvatlarini tanlash asoslari.....	266
8.7. GES ning ta'minlangan siqib chiqaruvchi va dublyor (zaxira) quvvati.....	266
<b>XULOSA</b> .....	269
<b>ADABIYOTLAR RO'YXATI</b> .....	270
<b>GLOSSARIY</b> .....	271
<b>ILOVALAR</b> .....	273



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>I. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ</b>	
1.1. Краткие сведения о развитии гидравлики.....	7
1.2. Основные понятия о жидкости. Физические свойства жидкости.....	8
1.3. Гидростатика. Силы, действующие в жидкости. Гидростатическое давление и ее основные свойства. Единица измерения давление.....	13
1.4. Основное уравнение гидростатики. Передача давление в жидкости. Закон Паскаля.....	16
1.5. Абсолютное и избыточное давление. Вакуум. Приборы для измерения давления.....	19
1.6. Гидродинамика. Основные уравнения движения жидкости.....	23
1.7. Уравнение Бернулли для жидкости и элементарной струйки.....	27
1.8. Гидравлический уклон.....	36
1.9. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости.....	37
1.10. Два вида потери напора (давления).....	40
<b>II. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ</b>	
2.1. Водные источники и энергия водного потока.....	51
2.2. Водные источники и их комплексное использование...	55
2.3. Реки, поперечный разрез русла реки и их морфометрические характеристики.....	58
2.4. Водохранилища и их параметры.....	70
2.5. Типы гидроэнергетических установок.....	75
2.6. Схемы использования водной энергии.....	80
2.7. Состав сооружений ГЭУ.....	84

### **III. ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. ИХ ТИПЫ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ.**

3.1. Основные параметры ГЭС.....	96
3.2. Классификация гидротурбин, конструкции, основные параметры и характеристики.....	100
3.3. Движение потока в гидротурбинах, её основные уравнения и моделирование гидротурбин.....	112
3.4. Электроэнергетические оборудования ГЭС, их виды и параметры.....	127
3.5. Вспомогательные оборудования ГЭС и их типы.....	133

### **IV. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ. ИХ ТИПЫ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ**

4.1. Классификация насосных станций.....	137
4.2. Основные параметры насосных станций.....	140
4.3. Типы и основные параметры насосов.....	146
4.4. Лопастные насосы, их типы и конструкции.....	149
4.4.1. Центробежные насосы.....	149
4.4.2. Осевые насосы.....	151
4.4.3. Движение потока в лопастных насосах.....	153
4.4.4. Основное уравнение лопастных насосов.....	156
4.4.5. Моделирование насосов. Формулы повторного расчета параметров насоса.....	158
4.4.6. Кавитационное явление в насосах и определение ограниченной высоты высасывания в них.....	159
4.4.7. Характеристики насосов.....	161
4.4.8. Способы регулирования режимов работы насосов...	164
4.4.9. Совместная работа насосов.....	166
4.5. Другие виды насосов.....	169
4.5.1. Вихревые насосы.....	169
4.5.2. Поршневые насосы.....	170
4.5.3. Скважные насосы.....	171
4.6. Выбор насосов в насосных станциях.....	173
4.6.1. Определение производительности насосных стан- ций.....	173
4.6.2. Определение число насосов.....	174
4.6.3. Выбор марки насосов.....	175
4.7. Подбор электродвигателя для насоса.....	175

4.8. Вспомогательные оборудования насосных станции. ...	177
4.8.1. Механические оборудования.....	177
4.8.2 Вакуумные системы.....	178
4.8.3 Системы обеспечения технической водой, маслом и сжатым воздухом.....	179

## **V. ЗДАНИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

5.1. Здания гидроэлектростанции.....	181
5.1.1. Здание русловой ГЭС.....	182
5.1.2. Здания приплотинных ГЭС.....	184
5.1.3. Здание деривационного ГЭС.....	184
5.1.4. Расчеты здания ГЭС и основные задачи проектирования. ....	186
А. Нижняя часть здание ГЭС. ....	186
В. Верхняя часть здание ГЭС.....	188
5.2. Здание насосных станций. ....	189
5.2.1. Радземные здания насосной станции.....	189
5.2.2. Полуподземные здания насосной станции.....	190
5.2.3. Здание блочных насосных станции.....	191
5.2.4. Технические условия и правила проектирования зданий насосных станций. ....	191
5.2.5. Условия расположения в горизонтальной поверхности здание насосной станции. ....	192
5.2.6. Условия расположения в вертикальной поверхности здание насосной станции.....	195
5.2.7. Внутренние напорные коммуникации насосных станций. ....	196
5.3. Каналы гидроэнергетических установок.....	200
5.3.1. Поперечные разрезы каналов.....	201
5.3.2. Сооружения в канале. ....	203
5.3.3. Процесс облицовки энергетических каналов.....	204
5.3.4. Гидравлические параметры каналов.....	206
5.3.5. Допустимые скорости воды в деривационном канале.....	211

**VI. НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ,  
УРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ,  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ТУННЕЛИ И НАПОРНЫЕ  
БАССЕЙНЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
УСТАНОВОК.**

6.1. Напорные трубопроводы гидроэнергетических установок.....	213
6.1.1. Типы напорных трубопроводов гидроэнергетических установок.....	213
6.1.2. Трасса трубопровода и схемы подвода воды к турбине.....	215
6.1.3. Определение экономического наивыгоднейшего диаметра трубопровода.....	217
6.2. Уравнительные резервуары ГЭУ.....	221
6.2.1. Условия и задачи применения уравнительных резервуаров.....	221
6.2.2. Типы уравнительных резервуаров.....	223
6.2.3. Определение параметров уравнительных резервуарах.....	227
6.2.4. Основные уравнения изменения уровня воды в уравнительных резервуарах.....	229
6.2.5. Колебания водных масс в системе «Водоохранилища – деривация – уравнительный резервуар».....	230
6.2.6. Постоянность колебания в уравнительных резервуарах.....	232
6.2.7. Постоянность малых начальных колебаний при работе отдельной ГЭС.....	233
6.2.8. Уравнительные резервуары в системе деривации и совместная работа нескольких резервуаров.....	234
6.3. Гидротехнические туннели ГЭС и ГАЭС.....	235
6.3.1. Типы гидротехнических туннелей.....	235
6.3.2. Выбор трассы деривационного туннеля.....	237
6.3.3. Укрепление внутренних частей гидротехнического туннеля.....	237
6.3.4. Гидравлические и экономические расчеты при выборе параметров деривационного туннеля.....	238
6.4. Напорные бассейны ГЭУ.....	241

6.4.1. Компоновка оборудования и сооружения напорного бассейна ГЭУ.....	241
6.4.2. Гидравлические расчеты напорного бассейна.....	242
6.4.3. Напорные бассейны суточного регулирования.....	244

## **VII. ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И МАЛЫЕ ГЭС.**

7.1. Типы гидроаккумулирующих электростанций.....	247
7.2. Основные параметры ГАЭС.....	250
7.3. ГЭС малой мощности, их типы, конструкции, оборудования и здании.....	252

## **VIII. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.**

8.1. Понятие о капиталовложениях, годовых издержках, себестоимости продукции в гидроэнергетических установках.....	258
8.2. Общая экономическая эффективность капиталовложений.....	260
8.3. Метод сравнительной экономической эффективности..	262
8.4. Обоснование параметров гидроузла и определение эффективности ГЭС.....	263
8.5. Выбор нормальной подпорной отметки гидроузла. ....	265
8.6. Основы выбора номинальной мощности ГЭС и ГАЭС.	266
8.7. Обеспеченная, вытесняющая и дублирующая (запасная) мощность ГЭС .....	266
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	269
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	270
<b>ГЛОССАРИЙ</b> .....	271
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	273

# CONTENT

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>I. HYDRAULIC POWER THE BASIS OF WATER</b>	
1.1. Brief information about the development of hydraulics.....	7
1.2. Basic concepts of fluid. Physical properties of the liquid...	8
1.3. Hydrostatics. Forces acting in the fluid. Hydrostatic pressure and its basic properties. Unit pressure. ....	13
1.4. The basic equation of hydrostatic. Transmission fluid pressure. Pascal's law. ....	16
1.5. Absolute and gauge pressure. Vakuum. Instruments for measuring pressure. ....	19
1.6. Hydrodynamics. Basic equations of fluid motion.....	23
1.7. Bernoulli's equation for the elementary streams of a perfect fluid. ....	27
1.8. Hydraulic gradient.....	36
1.9. Laminar and turbulent regimes of the liquid. ....	37
1.10. Two kinds of head loss.....	40
<b>II. HYDROPOWER AND WATER MANAGEMENT. WATER USE EFFICIENCY</b>	
2.1. Water sources and the energy of the water flow. ....	51
2.2. Water sources and their integrated use. ....	55
2.3. River cross-section of the river bed and morphometric characteristics. ....	58
2.4. Reservoirs and their parameters. ....	70
2.5. Types of hydropower installations. ....	75
2.6. Circuit using water power. ....	80
2.7. Composition HPP structures. ....	84
<b>III. HYDROPOWER PLANTS. THEIR TYPES BASIC CHARACTERISTICS AND EQUIPMENT</b>	
3.1. Basic parameters of HPS. ....	96
3.2. Classification of hydraulic turbines, construction, basic parameters and characteristics. ....	100

3.3. The flow in hydraulic turbines, its basic equations and modeling of hydraulic turbines. ....	112
3.4. Electricity HPP equipment, their types and parameters.....	127
3.5. Auxiliary equipment of HPP and their types. ....	133

#### **IV. PUMPING STATIONS. THEIR TYPES BASIC CHARACTERISTICS AND EQUIPMENT**

4.1. Classification of pumping stations .....	137
4.2. Basic parameters of the pumping stations. ....	140
4.3. Types and basic parameters of pumps. ....	146
4.4. Lobe pumps, their types and designs. ....	149
4.4.1. Centrifugal pumps. ....	149
4.4.2. Axial pumps. ....	151
4.4.3. The flow in centrifugal pumps. ....	153
4.4.4. The basic equation of centrifugal pumps. ....	156
4.4.5. Simulation pumps. Formula recalculation of pump parameters. ....	158
4.4.6. Cavitation phenomenon in the pump and the limited height of exhaustion in them. ....	159
4.4.7. Pump performance. ....	161
4.4.8. Methods of control modes of pumps. ....	164
4.4.9. Teamwork pumps. ....	166
4.5. Other pumps. ....	169
4.5.1. Vortex pumps. ....	169
4.5.2. Piston pumps. ....	170
4.5.3. Skvazhnye pumps. ....	171
4.6. Selecting pumps in pumping stations. ....	173
4.6.1. Determine the performance of pumping stations. ....	173
4.6.2. Determination of the number of pumps. ....	174
4.6.3. Choose type pumps. ....	175
4.7. Selection of the motor for the pump. ....	175
4.8. Auxiliary equipment pumping station. ....	177
4.8.1. Mechanical equipment. ....	177
4.8.2 Vacuum system. ....	178
4.8.3 Systems provide technical water, oil and compressed air. ....	179

## **V. BUILDINGS AND STRUCTURES OF HYDROPOWER PLANTS**

5.1. Building hydroelectric. ....	181
5.1.1. HPP building riverbed. ....	182
5.1.2. Dam HPP building. ....	184
5.1.3. Buildings diversion hydropower. ....	184
5.1.4. Calculations of the power house and the main design goals...	186
A. bottom of the powerhouse. ....	186
B. The upper part powerhouse. ....	188
5.2. Building pumping stations. ....	189
5.2.1. Radzemnye building a pumping station. ....	189
5.2.2. Semi-underground building a pumping station. ....	190
5.2.3. Building block pumping station. ....	191
5.2.4. Technical terms and conditions of the building design of pumping stations. ....	191
5.2.5. Conditions in the horizontal surface of the pumping station building. ....	192
5.2.5. Conditions in the vertical surface of the pumping station building. ....	195
5.2.6. Internal Communications pressure pumping stations. ....	196
5.3. Channels of hydropower plants. ....	200
5.3.1. Transverse sections of channels. ....	201
5.3.2. Structures in the channel. ....	203
5.3.3. The process of facing the energy channels. ....	204
5.3.4. Hydraulic channel parameters. ....	206
5.3.5. The permissible water derivation channel. ....	211

## **VI. PENSTOCK, SURGE TANK, HYDRAULIC TUNNEL AND FOREBAY HYDROPOWER PLANTS**

6.1. Penstock of hydropower plants.....	213
6.1.1. Types of pressure pipelines of hydropower plants. ....	213
6.1.2. The pipeline scheme and water supply to the turbine. ....	215
6.1.3. Defining economic naivygodneyshego diameter. ....	217
6.2. Surge tanks GEMs. ....	221
6.2.1. Conditions and problems of application of equalization tanks. ....	221



6.2.2. Types equalization tanks. ....	223
6.2.3. Determination of parameters of equalization tanks. ....	227
6.2.4. Basic equations water level changes in the surge tank. ...	229
6.2.5. Fluctuations of water masses in the «Reservoirs - derivation - the surge tank.» .....	230
6.2.6. Persistence fluctuations in equalization tanks. ....	232
6.2.7. Persistence small initial hesitation at work separate HPS.	233
6.2.8. Surge tanks in the system derivation and collaboration of several tanks. ....	234
6.3. Hydrotechnical tunnels and hydroelectric pumped storage.	235
6.3.1. Types of hydraulic tunnel. ....	235
6.3.2. Choice of route diversion tunnel. ....	237
6.3.3. Strengthening the internal parts of a hydraulic tunnel. ...	237
6.3.4. Hydraulic and economic calculations when sizing the diversion tunnel. ....	238
6.4. Forebay GEMs. ....	241
6.4.1. The layout of the equipment and facilities of the forebay GEMs. ....	241
6.4.2. Hydraulic calculations of the forebay. ....	242
6.4.3. Forebay daily regulation. ....	244

## **VII. PUMPED STORAGE PLANTS AND SMALL HYDROELECTRIC POWER STATIONS**

7.1. Types of pumped storage plants. ....	247
7.2. Basic parameters of PSPs. ....	250
7.3. GES low power, their types, construction, equipment and building. ....	252

## **VIII. FEASIBILITY STUDY FOR HYDROPOWER PLANTS**

8.1. Concept of investment, annual cost, cost price of production in hydropower plants. ....	258
8.2. Overall economic efficiency of investment. ....	260
8.3. Method of comparative economic efficiency. ....	262
8.4. Substantiation of parameters and determine the effectiveness of hydroelectric hydropower. ....	263
8.5. Selecting normal retaining mark waterworks.....	265

8.6. The Basics of Choosing the nominal power and hydroelectric pumped storage.....	266
8.7. Provided, displacing and duplicate (replacement) hydroelectric power.....	266
<b>CONCLUSION</b> .....	269
<b>REFERENCES</b> .....	270
<b>APPLICATIONS</b> .....	271



**M.M.MUXAMMADIYEV, B.U.URISHEV,  
K.S.DJURAYEV**

## **GIDROENERGETIK QURILMALAR**

**Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2015**

Muharrir:	F.Ismoilova
Tex. muharrir:	M. Xolmuhamedov
Musavvir:	D.Azizov
Musahhiha:	N.Hasanova
Kompyuterda sahifalovchi:	N.Rahmatullayeva

**E-mail: [tipografiyacent@mail.ru](mailto:tipografiyacent@mail.ru) Tel: 245-57-63, 245-61-61.  
Nashr.lits. AI №149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi: 25.08.2015.  
Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Timez Uz» garniturasii.  
Ofset bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog'i 19,75. Nashriyot bosma tabog'i 20,0.  
Tiraji 100. Buyurtma №114.**

**«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» da chop etildi.  
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-uy.**