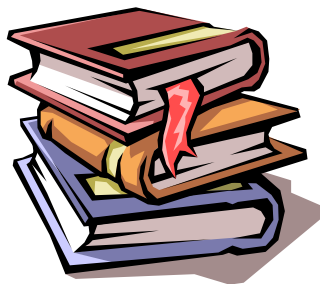


**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY
VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

«GIDROENERGETIK QURILMALAR» FANIDAN

O'QUV QO'LLANMA



TOSHKENT – 2006

Mazkur o'quv qo'llanma B5520200–“Elektroenergetika”, B5140900–“Kasbiy pedagogik ta'lim”, B5520300-«Gidroenergetika» yo'nalishlari bo'yicha ta'lim olayotgan bakalavr talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, “Gidravlika va gidroenergetik qurilmalar” fani bo'yicha o'quv va ishchi dasturlariga muvofiq tuzildi.

O'quv qo'llanmada barcha mavzular bo'yicha tayanch so'z va iboralar hamda nazorat savollari berilgan.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений 5520200–“Электроэнергетика”, 5140900 – “Проф. педагогическое обучение”, 5520300–“Гидроэнергетика” и он составлен на основании учебных и рабочих программ предмета «Гидравлика и гидроэнергетические установки».

Malliflar:

TDTU prorektori, gidroenergetika kafedrası mudiri
t.f.d. prof. **Muxammadiyev M.M.**,
QMII «Gidroinjeneriya» kafedrası mudiri t.f.n.
dos.**Urishev B.U.**, t.f.n. dos. **Jonqobilov U.U.**

Taqrizchilar:

QMII «Meliorasiya va er tuzish» kafedrası
dosenti, t.f.n. **Xo'jaqulov R.T.**

QMII «Gidroinjeneriya» kafedrası dosenti,
t.f.n. **Ibragimov M.K.**

Kirish

“Gidravlika va gidroenergetik qurilmalar” fanini oʻrganish mobaynida V520200–“Elektroenergetika”, V165700–“Kasbiy pedagogik tayyorgarlik”, V5520300–«Gidroenergetika» yoʻnalishlari boʻyicha taʼlim olayotgan talabalarga gidroelektr stansiyalari, nasos stansiyalari va gidroakkumulyasiya elektr stansiyalari boʻyicha nazariy va amaliy bilimlarni berishdan iboratdir. Hozirgi kunda respublikamizda gidrostansiyalar va nasos stansiyalar ekspluatasiya qilinmoqda, oʻrta va kichik GESlar qurilishiga katta eʼtibor berilayotganligi uchun mana shu sohadagi mavzularga koʻproq eʼtibor berildi. Shu bilan bir qatorda maʼruzalar matnida gidroenergetikaning gidravlik asoslarini yoritishda gidrodinamik masalalar, asosan suyuqlik xarakati, quvurlar gidravlikasi masalalariga koʻproq eʼtibor berildi.

Umumiy elektroenergetika tarmogʻida gidroenergetik qurilmalar (GEQ) oʻzining ishlab chiqaradigan mahsulotiga koʻra energetika xoʻjaligi bilan bogʻlangan boʻlsada, elektr energiyasi olish shartiga koʻra suv xoʻjaligi bilan, suvdan foydalanish bilan koʻproq bogʻlangandir.

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

GEQ fanini amaliy fan deganda bu obʼyektlarni loyihalash, qurish va ishlatish sohasida toʻplangan tajribani takomillashtirish va umumlashtirish tushuniladi.

Toʻplangan tajribaga murojaat qilib madaniy rivojlanish boshlanishidan insoniyat birinchi marta tabiat kuchlarini yengish va ularni oʻzining talabiga muvofiq ishlatishga, qoʻl kuchlarini, oldin uy hayvonlari kuchlariga, soʻngra mexanik dvigatellarga almashtirish toʻgʻrisida bosh qotirganligiga guvoh boʻlamiz.

Birinchi ana shunday mexanik dvigatel suv gʻildiragi boʻlib, 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 gʻildiraklari sugʻorish kanallariga suv koʻtarib berishda va tegirmon toshlarini harakatga keltirishda qoʻllanilgan.

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, tekstil sanoatida va boshqalarda keng qoʻllanilgan. Faqatgina Rossiyada - Uralda XVIII asr oʻrtalarida 150 ta zavod gidroqurilmalar yordamida faoliyat koʻrsatgan.

Mexanik energiyaga talabning yanada oshishi suv dvigatellarini takomillashtirishni talab qilib, gidroqurilmalarning shu davrdagi ikki kamchiligini: uncha katta boʻlmagan quvvat ishlab berish va suv manbaiga (kanal, daryo) bogʻliqligi masalasini hal qilishni koʻrsatardi.

Keyinchalik bugʻ dvigatellarining paydo boʻlishi suv dvigatellarining imkoniyatini cheklab qoʻydi. Shu davrda suv energiyasidan foydalanish sekinlashib, uning keyingi shiddat bilan rivojlanishiga ikki omil sabab boʻldi:

1. Gidravlik turbinalar (GT) ixtiro qilinishi (Frensis 1847 y., Pelʼton 1880 y., Kaplan 1918 y.).
2. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatish imkoniyati yaratilishi.

Elektrotexnikaning 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 $N = \dots$ 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, jihozlari esa yuqori FIK ga egadir. Misol qilib, Itaypu (Braziliya) ($N=12600$ MVT), Sayano-Shushensk ($N=6400-7200$ MVT), Kranoyarsk ($N=6000$ 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.

MDXda gidroagregatlarni yaratuvchi jahon miqyosiga ko'tarilgan S.Peterburg shahridagi "Leningrad metall", Xar'kovdagi "Turboatom", Uraldagi "Elektromash" va h.q. 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.

Evropa	- 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 elektroenergiya eng arzonidir. Faqat GESlar qurilishiga kapital sarf IESga nisbatan katta, lekin bu ham yillik chiqimlar hisobiga tez qoplanib ketadi.

Gidroenergetikani umumiy halq xo'jaligi rivojida qarasak, asosiy bir omilni esdan chiqarmaslik kerak, bu tabiatda suvning aylanish jarayonidir, shuning uchun gidravlik energiya qaytalanuvchandir, yoqilg'i hisobiga ishlaydigan elektrostansiyalar 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 elektroenergetika tarmog'ida ishlayotgan GES va GAES, NS samaradorligini yanada oshirishning yangi uslublarini ishlab chiqish.

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

4. Gidroenergetik ob'yektlarning (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 (kombinasiyalashgan) 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 xamkasabalarimizga oldindan o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

I. SUV ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING GIDRAVLİK 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 irrigasiya, suv ta'minoti va kanalizasiya, 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 hovuzlar, korizlar (er 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 ko'ruvchilar 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.N'yutonning 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 fil'trasiyasi 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.

Mashxur rus olimi va injeneri, akademik V.G.Shuxov neftni chuqur quduqlardan chiqarib olish uchun porshenli nasoslarning bir qancha konstruksiyalarini kashf etdi.

N.E.Jukovski va S.A.Chaplin 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

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 deyarlik qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulyarlararo 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.

1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari

a) Suyuqlikning solishtirma og'irligi. Hajm birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha γ 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:

$$[\gamma] = \frac{G}{V} = \frac{H}{M^3},$$

texnik sistemasida esa kg/m³ 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:

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

(I) va (3) formulalardan ko'rinib turibdiki,

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

Solishtirma hajmning o'lchov birligi SI sistemasida:

$$[\vartheta] = \frac{[V]}{[C]} = \frac{M^3}{H}$$

c) 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:

$$[\rho] = [M]/[V] = H \cdot C^2 / M^4$$

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

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

bu yerda t – temperatura (birligi 0S); β_t – hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti; ρ_{20} - suyuqlikning 20°C dagi zichligi. Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo'lib, uning zichligi eng katta qiymatiga 4°C (aniqrog'i 3,98°C) da ega bo'ladi. Uning temperaturasi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

d) Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi. Zichlik issiqlik o'garishi 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 temperatra koeffitsiyenti degan tushuncha kiritilib, u bilan belgilanadi. Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi 1°C ga oshgandagi kengaygan miqdorida 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; $[\beta_t] = \frac{1}{\text{град}}$; β_t - juda kichik qiymat bo'lib, u t = 200 da suv

uchun $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{град}}$, mineral moylar uchun $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{град}}$; simob uchun

$\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{град}}$ ga teng.

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

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

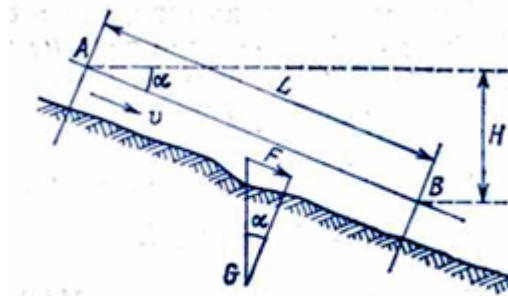
$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad (1.6)$$

Bu yerda $\Delta R = r - r_0$ – o'zgargan va boshlang'ich bosimlar ayirmasi β_r kichik miqdor bo'lib ($t=20^\circ\text{C}$ da suv uchun $\beta_r=4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{mn}$, mineral moylar uchun $\beta_r=6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{mn}$), ko'p hollarda hisobga olinmaydi.

f) 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 ω , oqimning o'rtacha tezligi ϑ va nishabligi i ma'lum bo'lishi lozim.

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

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

(2.86) 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 deb belgilasak va bir oatda 3600 sekund borligini hisobga olsak (2.91) ni shunday yozishimiz mumkin.

$E = W \cdot H / 367,2$, $kVt \cdot soat$ (1.10) va (1.11) formulalar suyuqlik oqimining potensial quvvati va ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan elektr energiyasi miqdoridir.

Nazorat savollari

1. Gidravlika nimani o'rganadi?
2. Gidravlikaning qanday bo'limlari bor?
3. Gidrostatika nimani o'rganadi?
4. Suyuqliklar va ularning turlarini tushuntiring.
5. Suyuqliklarning fizik xossalari 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?

1.4. Gidrostatika. Tinch turgan suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar

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 xokazo). Ichki kuchlar siljituvchi 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.

1.5. Hidrostatik bosim va uning xossalari

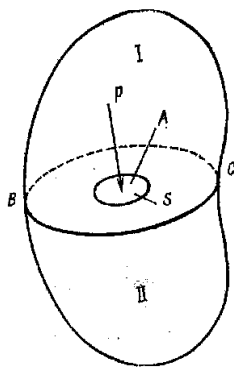
Suyuqliklarga taʼsir qiluvchi asosiy kuchlardan biri hidrostatik bosimdir (1.2 – rasm). Bu yerda muvozanat holatidagi suyuqlikning ixtiyoriy hajmi ifodalangan. Bu hajm ichida ixtiyoriy A nuqtani olib, undan VS tekisligini oʻtkazamiz. Natijada hajm ikki qismga ajraladi, VS sirtida A nuqta atrofida biror yuza ajratamiz. Hajmning I qismi orqali II qismiga VS boʻyicha bosim kuchi beriladi. Bu kuchning S yuzaga taʼsir qilgan qismini P bilan belgilaymiz.

Qaralayotgan S yuzaga taʼsir qiluvchi P kuch gidrostatik bosim kuchi yoki qisqacha gidrostatik kuch deb ataladi.

P kuch ikkala qismga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga nisbatan esa ichki kuch hisoblanadi. P kuchning S yuzaga nisbati oʻrtacha hidrostatik bosim deb ataladi:

$$P_{ypm} = \frac{P}{S} \quad (1.12)$$

Bu qiymat A nuqtaga taʼsir qilayotgan bosimdan iborat boʻladi va u gidrostatik bosim deb ataladi. Hidrostatik bosim N/m^2 bilan oʻlchanadi. Umumiy holda hidrostatik bosim oʻrtacha hidrostatik bosim $R_{o'rt}$ ga teng emas. Ular bir-biridan kichik miqdor bilan farq qiladi.



1.2-rasm.
Gidrostatik bosimni
tushuntirish sxemasi

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (yaʼni hidrostatik bosim) ikkita asosiy xossaga ega: birinchi xossa-gidrostatik bosim oʻzi taʼsir qilayotgan yuzaga perpendikulyar yoʻnaladi.

Ikkinchi xossa – hidrostatik bosimning taʼsir qilayotgan nuqtalarida hamma yoʻnalishlar boʻyicha qiymatlari bir xil.

1.6. Bosimni oʻlchash birliklari

Bosimni oʻlchash uchun texnikada quyidagi birliklardan foydalaniladi.

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati bilan, masalan:

$$\frac{H}{M^2}; \frac{KZ}{M^2}; \frac{KZ}{CM^2}; Pa \text{ (Paskal)} = \frac{H}{M^2}$$

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

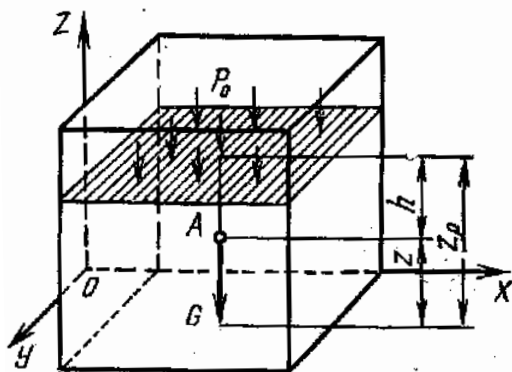
3. Kuchning biror miqdorining yuza birliklari maʼlum miqdoriga nisbati, yoki suyuqlik ustunining maʼlum sonlar bilan oʻlchanadi, masalan, texnik atmosfera bilan oʻlchanganda kuchning $10,2=10 \cdot 10^{-6} N$ miqdorini, yuzaning bir sm^2 iga nisbati ($1at=10,2 \cdot 10^{-6} N/sm^2$) yoki simob ustunining 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

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

1.7. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

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 sirtidan esa h masofada joylashgan biror A nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarining bu koordinata sistemasidagi proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:



1.3-rasm.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga oid

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

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:

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

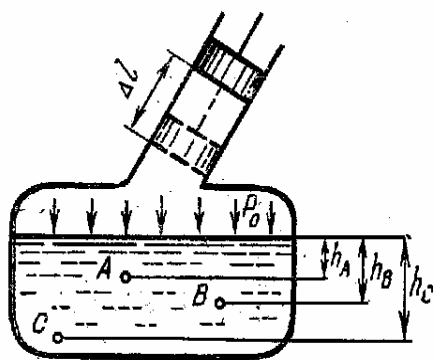
Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va u suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni suyuqlik turiga qarab va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlanadi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi.

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

1.8. 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).

Suyuqlik erkin sirtidagi bosim p_0 bo'lsin. U holda biror A nuqtadagi absolyut bosim $p_A = p_0 + \gamma \cdot h_a$ (1.16) ga V va S nuqtalarda esa $p_e = p_0 + \gamma h_e$; $p_c = p_0 + \gamma \cdot h_c$ (1.17) ga teng bo'ladi.



1.4-rasm. Paskal` qonuniga oid chizma.

Agar porshenni $\Delta \ell$ masofaga (1.4-rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim Δp ga uzgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim uzgarishi bilan deyarlik uzgarmaydi. Shuning uchun A, V va S nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi:

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

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

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

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 yana shu qonunga asoslangan.

1.9. 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. γh esa suyuqlik ustunniing nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'implarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va p_a harfi bilan belgilanadi.

Bu holda mutloq bosim (4) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma \cdot h \quad (1.20)$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta bo'lsa, (13) tenglamaning oxirgi xadi manometrik bosim p_m deb ataladi:

$$p_m = \gamma \cdot h = p - p_a \quad (1.21)$$

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 $p_m \rightarrow \infty$, ya'ni manometrik bosim 0 bilan ∞ 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:

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

Vakuummertrik 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.

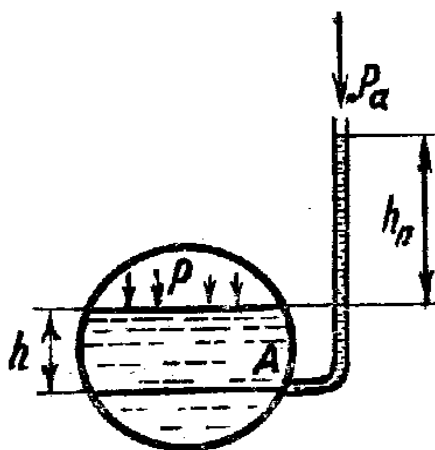
Bosim o'lchash asboblari barometrlar deb ataladi. Ular atmosfera bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan. Barometrlar atmosfera bosimiga nisbatan havoning siyraklanishini o'lchaydigan vakuummetrlarga va atmosfera bosimidan ortiq bosimni o'lchashga mo'ljallangan manometrlarga bo'linadi.

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'ezometrdir.

a) P'ezometrlar. Idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (1.5-rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab p'ezometr (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'ezometr yordamida aniqlanganda u gidrostatikaning assiy tenglamasi yordamida quyidagicha topiladi:

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



1.5 – rasm. P'ezometr.

U holda p`ezometrda 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 at dan yuqori bo'lmagan kichik ortiqcha bosimlarni o'lchashda ishlatiladi. Xaqiqatan ham 1 at ga teng bo'lgan bosim 10 m suv ustunining balandligiga teng. Bundan yuqori bosimlarni o'lchashda juda uzun shisha naychalar ishlatish zarurati kelib chiqadi.

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'lchanaetgan 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

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

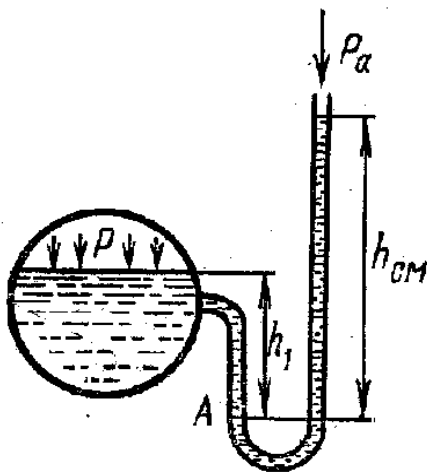
bu ikki tenglikdan p ni topamiz:

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

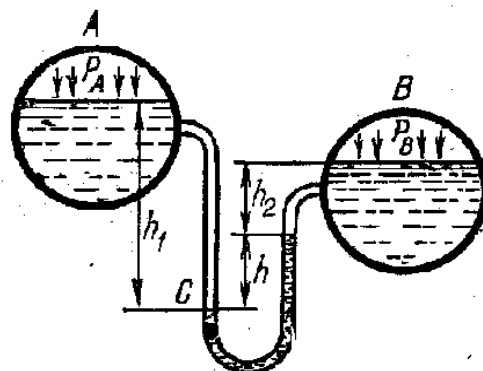
Bunday manometrlar bir necha atmosferadan ortiq bosimi o'lchashga yaramaydi.

v) 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 bir inchi 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

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

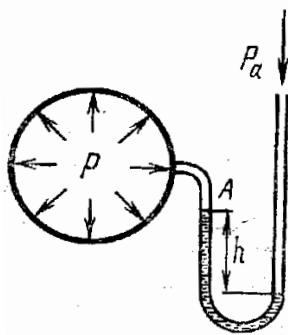
u holda idishlardagi bosimlar farqi quyidagicha bo'ladi:

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

Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo'lganda esa va

$$h_2 - h_1 = -h$$

$$p_A - p_B = (\gamma_{cmm} - \gamma) \cdot h$$



1.8-rasm. Vakuummeter.

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

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

bo'ladi, bundan

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

Simob ustunining pasayishi idishdagi bosim p_a orqali quyidagicha aniqlanadi:

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

Nazorat savollari

1. Gidrostatika nimani o'rganadi?
2. Gidrostatik bosim va uning xossalarini tushuntiring.
3. Suyuqlikning tekis yuzaga bosim kuchi?
4. Suyuqlikning egri yuzaga bosim kuchi?
5. Arximed qonunini tushuntiring.
6. Erkin sirt nima?
7. Paskal qonuni mohiyatini tushuntiring.
8. Mutloq bosimni tushuntiring.
9. Vakuum nima?
10. Bosim o'lchash asboblari nimalar kiradi?

1.10. Hidrodinamika. 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 parametrlariga 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 istalagan nuqtasini olsak, shu yerda suyuqlik zarrachasi mavjud demakdir. Hidrostatikada 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 uzgaradi.

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.

1.11. Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi va o'rtacha tezligi

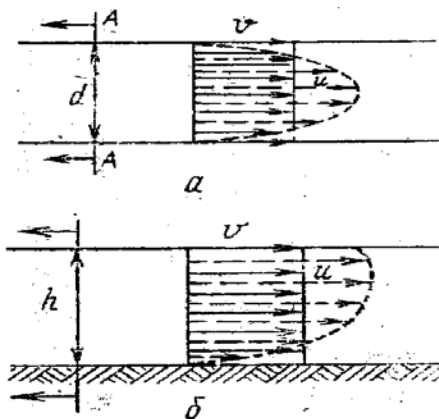
Suyuqlik oqayotgan fazoning ko'ndalang kesim yuzasi ω dan $d\omega$ kichik yuzalarga ega bo'lgan cheksiz ko'p kichik oqimchalar oqib o'tadi va har bir kichik oqimchada suyuqlik tezligi boshqa kichik oqimchalardagidan farq qiladi. Kichik oqimchalarning harakat yo'nalishiga tik bo'lgan kesim oqimning harakat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

Suyuqlik sarfi deb, vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdorida 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 ϑ - 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 chiziqlar bilan belgilangan bo'lib, tutash strelkalar uchini birlashtiradi. O'rtacha tezlik ϑ harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimi yuzasiga bo'lish yo'li bilan topiladi:



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

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

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 xo'llangan perimetr deyiladi va χ harfi bilan ifodalanadi.

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

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

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

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

1.12. Uzlüksizlik tenglamasi

Yuqorida aytib o'tilganidek, gidravlikada suyuqliklar tutash muhitlar deb ataladi (ya'ni harakat fazosining istalgan nuqtasida suyuqlik zarrachasini topish mumkin). Suyuqlik

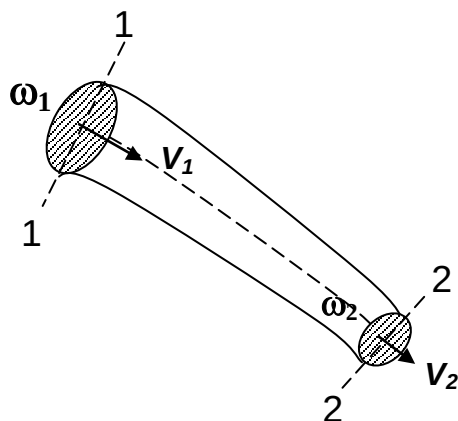
oqimi uchun uzluksizlik tenglamasi uning tutash oqimining matematik ifodasi bo'lib xizmat qiladi. Suyuqlikning barqaror harakatini 1 – 1 va 2 – 2 kesimlar uchun ko'rib chiqamiz (1.10-rasm).

Bu kesimlar yuzasini 1 – 1 da ω_1 , oqim o'rtacha tezligini ϑ_1 , 2 – 2 da ω_2 va ϑ_2 deb belgilasak, hamda suyuqlik oqimi o'zgaruvchan o'lchamga 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, () 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 xarakat
kesimiga ega bo'lgan
suyuqlik oqimi sxemasi*

Bu oqim uchun uzluksizlik tenglamasidir. Bu tenglamadan ko'rinadiki, oqimning yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kesimlar yuzasi va tezligi o'zgarib boradi, lekin suyuqlik sarfi o'zgarmaydi. Bu holda (3.9) 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.

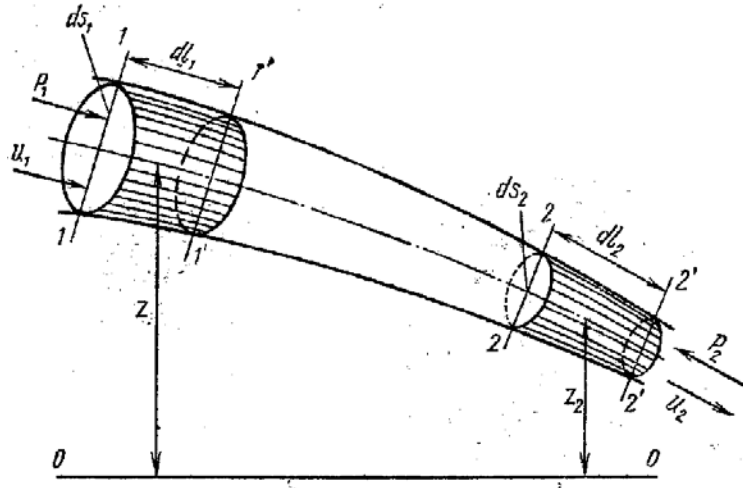
1.13. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Bernulli tenglamasining mohiyatini o'rganish uchun suyuqlik oqimi ma'lum qismi kinetik energiyasining o'zgarishi qonunidan foydalanamiz. Harakat o'qi $l-l$ 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:

$$m_1 = \rho ds_1 u_1 dt$$

$$m_2 = \rho ds_2 u_2 dt$$

Bu munosabatni (3.7) 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 (7) 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 oqimchaning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan kelib chiqadi. 1-1 kesimga ta'sir etuvchi r_1 bosimning bajargan ishi A_1 , 2-2 kesimga ta'sir etuvchi r_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 qo'yidagiga 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.

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

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

$$\text{Bo'lgani uchun} \quad A_3 = \gamma \cdot q \cdot dt(z_1 - z_2) \quad (1.48)$$

Endi (10), (11) va (12)larni (7)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 erda R_2 kuch suyuqlik harakatiga teskari yo'nalgan bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomondagi ikkinchi xad 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 xadlarni gruppalar joylashtirsak, ideal suyuqlik kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi hosil bo'ladi:

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

1.14. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari. P`ezometrik 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 oqimchaning geometrik balandliklarini ko'rsatadi.

Endi qabul qilingan 1 - 1, 2 - 2, va 3 - 3 kesimlar tekisliklari markazida p`ezometr va uchi egilgan trubka shishachalar o'rnatamiz. Bu holda p`ezometrlarda suyuqlik kesimlar og'irlik markaziga nisbatan ma'lum balandlikka kutariladi. 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`ezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda p`ezometrlar yordamida quvurlarda harakat qilayotgan suyuqlikning gidrostatik bosimi o'lchanadi. Uchi egilgan naychalarda suyuqlik p`ezometrda qaranganda 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:

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g} \quad (1.51)$$

P`ezometrda suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

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

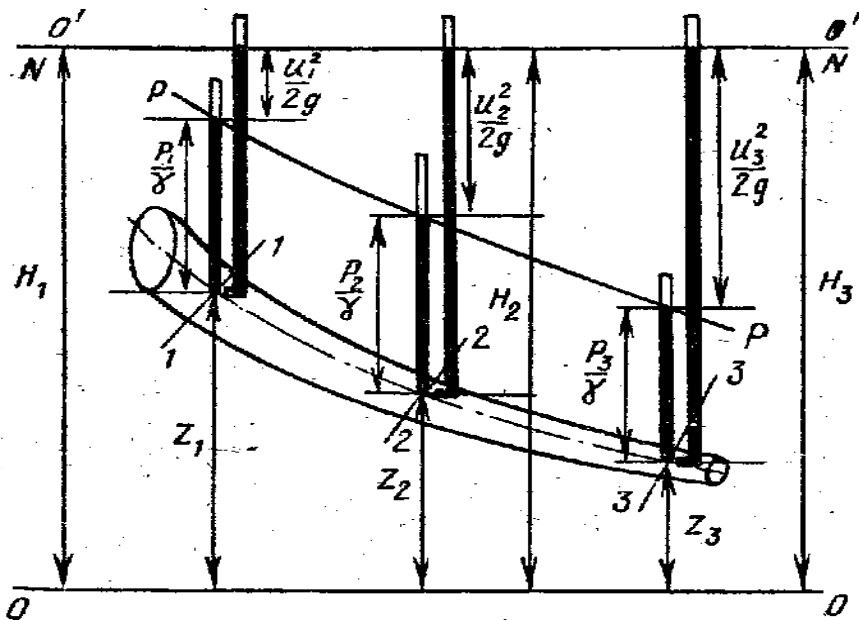
larga teng bo'ladi va tezlik napori balandligi deyiladi. Shunday qilib geometrik nuqtai nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagichi ataladi.

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

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ – p`ezometrik 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.



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

P`ezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak hosil bo`lgan chiziq p`ezometrik chiziq (R – R) deyiladi. Bernulli tenglamasida tezlik balandligi, p`ezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig`indisi o`zgarmas miqdor bo`lib, u 1.12-rasmda N – N chiziq bilan belgilanadi va suyuqlikning gidrodinamik nabori 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 xadlarining energetik ma`nosi quyidagicha:

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

kinetik energiyasi.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1; \frac{p_2}{\gamma} + z_2; \frac{p_3}{\gamma} + z_3 - \text{kichik oqimcha kesimlari uchun solishtirma potensial}$$

energiya

$$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma} - \text{kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma holat energiyasi.}$$

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

Nazorat savollari

1. Gidrodinamika nimani o'rganadi?
2. Gidrodinamikaning asosiy masalasi nimadan iborat?
3. Suyuqlikning harakat turlarini ayting.
4. Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatini tushuntiring.
5. Suyuqlik sarfi nima?
6. Uzluksizlik tenglamasi mohiyatini tushuntiring.
7. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini yozing.
8. Bernulli tenglamasining geometrik mohiyatini tushuntiring.
9. Bernulli tenglamasining energetik mohiyatini tushuntiring.
10. Suyuqlik nabori bilan bosimi orasida qanday farq bor?

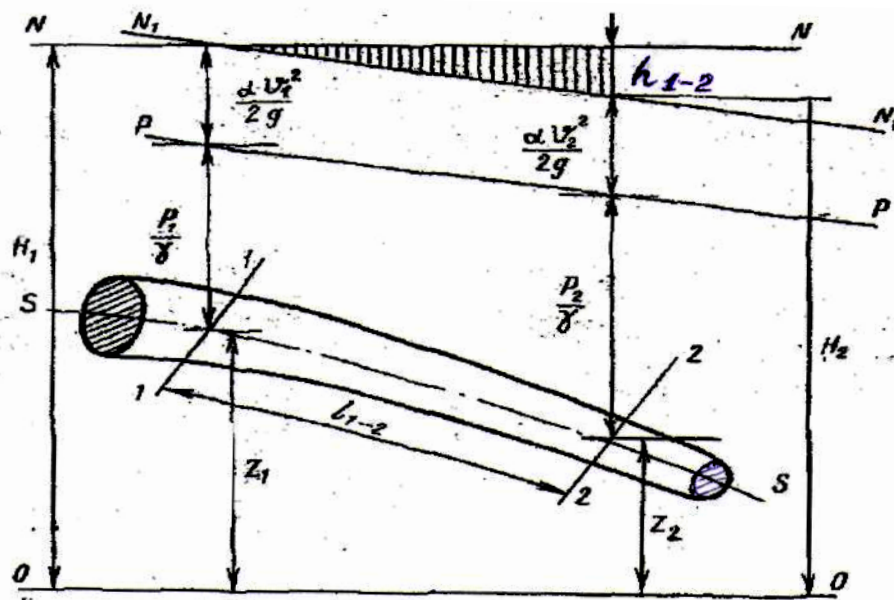
1.15. Real suyuqliklar kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

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: $H_1 > H_2$

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 izoxlash mumkin: Real suyuqlikning kichik oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik mavjud bo'ladi va uni engish 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 quyidagicha teng:

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



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

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 oqimchasining tenglamasidan o'ng tomondagi turtinchi xad h_{1-2} bilan farq qiladi. Bu xad 1-1 va 2-2 kesimlar orasida bosimning kamayishini ko'rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan xad bo'lmaydi.

Quvurda barqaror xarakat qilayotgan suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishida 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 ϑ_1, ϑ_2 – quvur uzunligi bo'yicha 1-1 va 2-2 kesimlardagi suyuqlikning o'rtacha tezligi qiymatlari ;

α_1, α_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.

1.16. Napor (bosim) yo'qolishining ikki turi

Gidravlik yo'qolish 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 x.k) bo'lib bu yerdagi gidravlik yo'qotish uzunlikka bog'liq emas.

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

$$N_y = N_e + N_m \quad (1.57)$$

bu yerda N_e – uzunlik bo'yicha yo'qotish, N_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.

U holda energiyaning yo'qolishi va gidravlik qiyalik uchun Darsi-Veysbax formulasi deb ataluvchi quyidagi bog'lanishni olamiz:

$$H_e = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} \quad (1.58)$$

Shunday qilib, laminar harakat vaqtida quvur uzunligi bo'yicha bosimning pasayishi va gidravlik qiyalik solishtirma kinetik energiyaga chiziqli bog'liq ekan.

1.17. Suyuqlikning laminar va turbulent harakati

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.

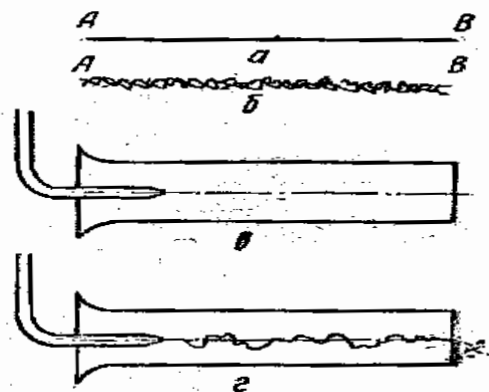
Agar harakat fazosida biror A nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo'ladi. Harakat natijasida shu zarracha A nuqtadan siljib, uning o'rnini boshqa zarracha egallaydi. Ikkinchi zarracha ham A nuqtada to'xtab turmaydi va uning o'rnini uchinchi zarracha egallaydi va x.k.

Endi, A nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror V nuqtaga AV chizig'i bo'yicha kelsa (1.14-rasm, a), uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham A nuqtadan V nuqtaga AV chizig'i bo'yicha kelsa, uchinchi zarracha ham aniq AV chizig'i bo'yicha harakatlansa va A nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham AV chizig'i orqali V nuqtaga kelsa, bunday harakatga laminar harakat deyiladi. Ba'zan laminar haraktning bunday tartibli parallel oqimchasi yoki tinch harakat deb ham ataladi.

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 (1.14-rasm, v) 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 uziladi. Bunday harakatga turbulent harakat deyiladi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.



1.14-rasm.
Turbulent
va laminar harakatga doir
chizma.

Yuqorida aytganimizdek, A nuqtadan o'tayotgan zarrachalarni ko'rsak, birinchi zarracha V nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri chiziq bo'yicha keladi. Xatto u V nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchisining ketidan

kelaetgan ikkinchi zarracha ham A dan V ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa A dan V ga uchunchi egri-bugri chiziq bilan keladi. Shunday qilib, turbulent harakatda

ixtiyoriy A nuqtadan utuvchi har bir suyuqlik zarrachasi V nuqtaga o'ziga xos egri chiziq bilan keladi. (1.14-rasm, b), ba'zi zarrachalar V 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 (1.14-rasm, g). 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. Reynol'ds suyuqliklar harakatining muxim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan o'lchami ko'paytmasining qovushqoqlik kinematik koefisiyentiga nisbatan iborat o'lchovsiz miqdor harakterlar ekan. Bu miqdor olimning sharafiga Reynol'ds soni deb ataladi va Re bilan belgilanadi. Silindrik quvurlardagi oqim uchun Reynol'ds soni quyidagicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{\rho \cdot d}{\nu} \quad (1.59)$$

Turli shakldagi nosilindrik quvurlar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynol'ds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$Re = \frac{\rho \cdot d_{\text{экв}}}{\nu} = \frac{\rho \cdot 4R}{\nu}; \quad (1.60)$$

bu yerda d – quvurning ichki diametri; d_{ekv} – o'zan yoki nosilindrik quvurning ekvivalent diametri; R – gidravlik radius.

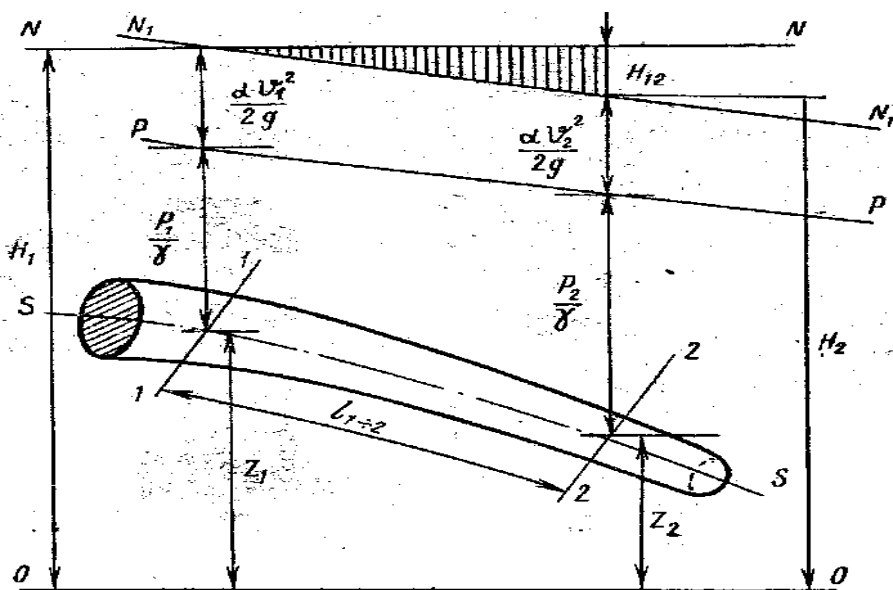
Reynol'ds aniqlashicha, yuqorida aytilgan o'lchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida harakat laminar bo'lib, uning ortib borishi natijasida turbulent harakatga aylanadi. (4.6)dan ko'rinib turibdiki, Reynol'ds soni Re ortishi uchun yoki tezlik, yoki quvur diametri ortishi yoki bo'lmasa, qovushqoqlik kinematik koefisiyentini kamayishi kerak.

Suyuqlikning laminar harakatidan turbulent harakatga o'tishi Reynol'ds sonining ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynol'ds 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, Reynol'ds kritik soni 2320 dan va xatto undan bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynol'ds soni ma'lum bir qiymatdan o'tganidan keyin harakat (har qanday extiyot

choralari qurilmasin) albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynol'ds yuqori kritik sonni deb ataladi va $Re_{kr,yuk}=10000$ ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik $Re_{kr}=2320$ soni Reynol'ds quyi kritik soni deb ataladi. Re Reynol'ds 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.

1.18. Gidravlik nishabliklar

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



1.15-rasm Gidravlik nishablikni tushuntirish chizmasi.

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

1.15-rasmda oqim uchun bosim chiziqlari va p'ezometrik 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:

$$I = \frac{\left(\frac{a_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{a_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_1 \right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}}, \quad (1.61)$$

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

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

$$I = \frac{dH}{dl} = - \frac{d \left(\frac{a v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \right)}{dl} \quad (1.62)$$

P'ezometrik qiyalik deb p'ezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishiga aytiladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (1-rasm) o'rtacha p'ezometrik qiyalik quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{p1-2} = \frac{\left(\frac{P_2}{\gamma} + z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + z_2\right)}{l_{1-2}} \quad (1.63)$$

P`ezometrik chiziq egri chiziqdan iborat bo`lganda p`ezometrik qiyalik differensial ko`rinishda aniqlanadi.

$$I = - \frac{d\left(\frac{P}{\gamma} + z\right)}{dl} \quad (1.64)$$

Tekis harakat vaqtida tezlik o`zgarmaganligi ( $\vartheta_1 = \vartheta_2$  bo`lgani) uchun gidravlik va p`ezometrik 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.

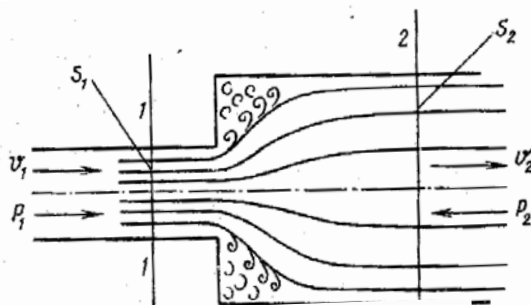
1.19. Mahalliy qarshilik turlari va koeffitsiyentlari

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

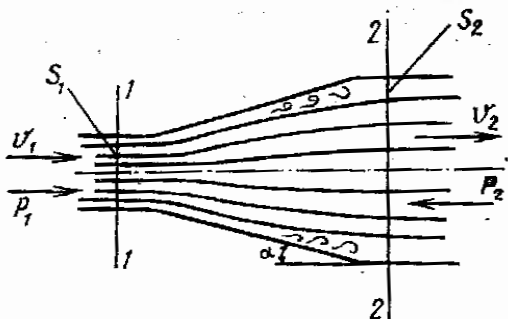
1) Keskin kengayish (1.16-rasm). Mahalliy qarshilikning bu turida ξ koeffitsiyent kesimlarning o`zgarishiga bog`liq bo`lib, kesimlar nisbati  $S_1/S_2$  qancha kichik bo`lsa, u shuncha katta bo`ladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsiyentini nazariy hisoblasak ham bo`ladi (bu to`g`rida keyinroq to`xtalamiz).

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 (1.17-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 α ning ortishiga qarab ortadi. Avval qurilgandagi kabi 2-2 kesimda 1-1 kesimdagiga nisbatan bosim ortadi ($p_1 > p_2$) va tezlik kamayadi ($v_1 < v_2$).

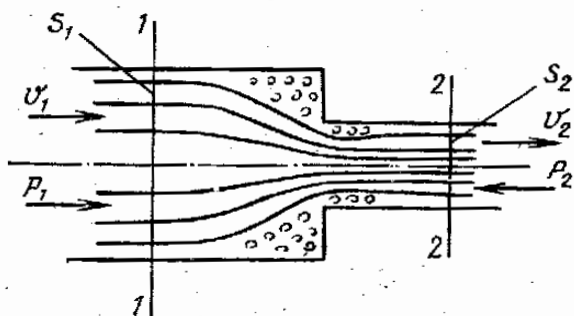


1.16-rasm . Keskin kengayish.

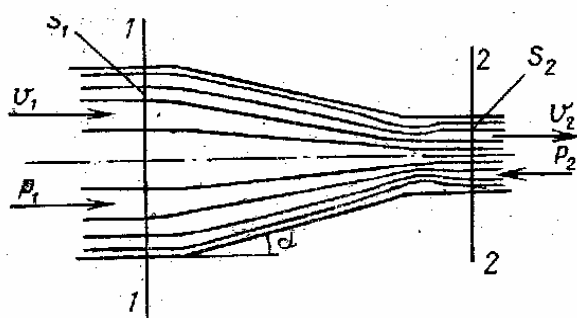


1.17- rasm . Tekis kengayish.

3) Keskin torayish (1.18-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ kesimlar o'zgarishiga bog'liq bo'lib, ularning nisbati $\frac{S_1}{S_2}$ ortishi bilan ortadi. Bu holda energiyaning sarf bo'lish keskin kengayishga kam bo'lida.



1.18-rasm. Keskin torayish.



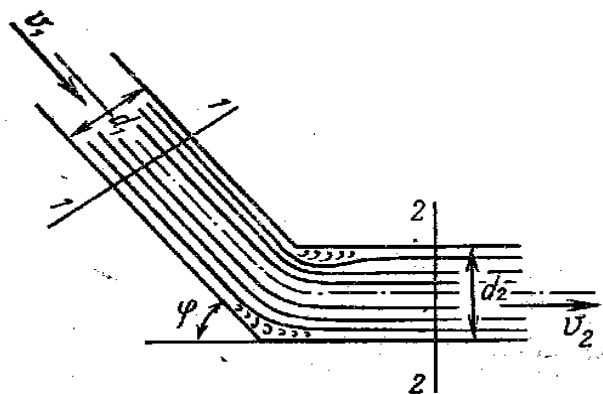
1.19 – rasm . Tekis torayish.

4) Tekis torayish (1.19-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimlar nisbati $\frac{S_1}{S_2}$ ning va konuslik burchagi α ning ortishi bilan ortadi.

Keskin torayish vaqtida ham, tekis torayish vaqtida ham 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim kamayib ($r_1 < r_2$), tezlik ortadi ($v_2 > v_1$).

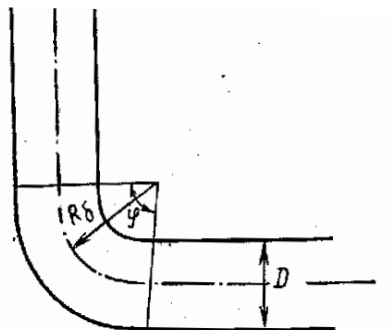
5) Tirsak (1.20-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ikki quvurning tutashish burchagiga bog'liq bo'lib, bu burchakning ortishi bilan ortadi.

ξ ning φ ga bog'liqligi asosan tajribada tekshirilgan bo'lib, ba'zi sodda hollarda oqimchalar nazariyasida ko'rsatilgan.



1.20-rasm . Tirsak.

6)Burilish (1.21-rasm). Mahalliy qarshilik koeffisiyenti burilish burchagi φ ga quvur diametrining burilish radiusi R_b ga nisbatiga bog'liq bo'ladi. Burilishida ξ quvur D diametrining burilish radiusiga nisbatan $\frac{D}{R_\phi}$ ortishi bilan ortib boradi.

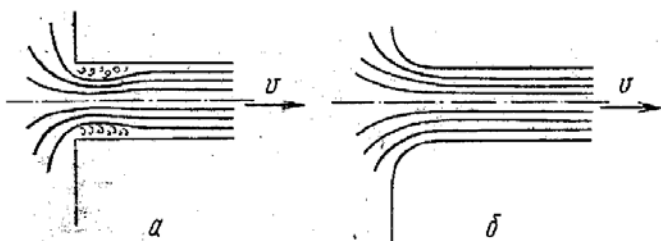


1.21-rasm. Burilish.

7)Quvurga kirish (1.22-rasm). Quvur biror suyuqlik bilan to'la idishga tutashtirilgan hol. Bu holda kirishdagi o'tkir burchaklarni (1.22-rasm, a) aylanib o'tish uchun suyuqlik energiyasi sarf bo'ladi. Bunda mahalliy qarshilik koeffisiyentining qiymati $\xi=0,5$ ga teng bo'ladi.

Kirishdagi o'tkir burchaklar silliqalanib, 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) (1.22-rasm, b).

8)Diafragma deb quvurga o'rnatilgan va suyuqlik sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'rtasi teshik diskka aytiladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffisiyenti 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).



1.22-rasm. Quvurga kirish.

1.1 – jadval.

Diafragma uchun qarshilik koeffisiyentining o'zgarishi

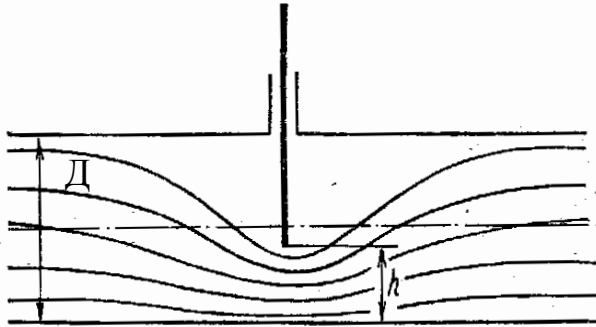
S_0	0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
$/S_1$	.1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ξ	2	4	1	7.	3.	1.	0.	0.	0.	0.
	26	7.8	7.5	80	75	80	80	29	06	00

9)Zadvijka (1.23-rasm)da mahalliy qarshilik ko'ffisiyenti uning ochilishi darajasi $\frac{H}{h}$ ga bog'liq bo'lib, uning ortishi bilan kamayib boradi. Zadvijkaning o'rtacha ochilishiga $\xi = 0,2$ to'g'ri keladi.

10) Drossel` klapan (1.24-rasm ) va probka kran (1.25-rasm). Bu hollarda mahalliy qarshilik ko'ffisiyenti drossel` klapaning va probka kranning ochilish burchagi α ga bog'liq bo'lib, α 200 dan 500 gacha bo'lganda ξ ning qiymatlari:

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

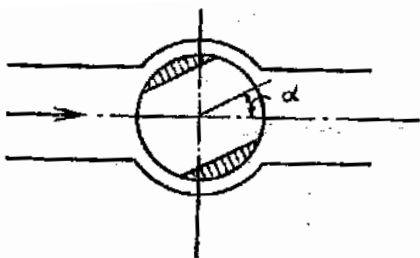
probka kran uchun $\xi = 2,33$ ga teng;



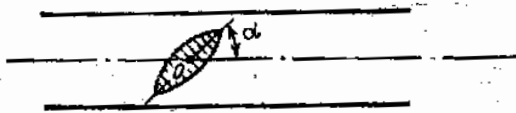
1.23-rasm. (Qulfak) zadvijka.

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 ko'ffisiyentini o'zgarishini ko'rgan edik. Turbulent harakat vaqtida ko'ffisiyent ξ qarshilik ko'rsatuvchi to'siq shakliga, kattaligiga, to'siqlarning ochilish darajasiga bog'liq bo'lishdan tashqari suyuqlik harakatining tartibiga, ya'ni Reynol`ds soniga ham bog'liq bo'ladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, Reynol`ds sonining katta qiymatlarida harakat tartibi turbulent bo'lsa, mahalliy qarshilik ko'ffisiyenti ξ ning Re soniga bog'liqligi juda ham sezilarsizdir va bu bog'liligni to'siqlar shakli, turi va ochilish darajasining ta'siriga nisbatan hisobga olmaslik mumkin.



1.24-rasm. Drossel` – klapan.



1.25-rasm. Probka kran.

Nazorat savollari

1. Real suyuqlik deb nimaga aytiladi
2. Real suyuqlikda nima uchun gidravlik qarshilik bor?
3. Gidravlik qarshilik ko'ffisiyenti qanday aniqlanadi?

4. Suyuqlik harakatida napor yo'qolishining ikkita turini tushuntiring.
5. Quvurlar g'adir-budurligi tushunchasi nima?
6. Qarshilik koeffitsiyenti necha xil bo'ladi?
7. Gidravlik qarshilik koeffitsiyenti qanday omillarga bog'liq?
8. Suyuqlikning laminar va turbulent oqimlarini tushuntiri bering.
9. Laminar zona uchun gidravlik qarshilik koeffitsiyenti qanday formula bilan hisoblanadi?
10. Quvurga kirishda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti nimaga teng?

II. GIDROENERGETIKA VA SUV RESURLARIDAN MUKAMMAL FOYDALANISH

2.1. Suv xo'jaligi tizimlarida suv energiyasidan foydalanish ahamiyati. Suv resurslari va ulardan mukammal 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 energiyasining 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 harajat sarf qilinishi, ekologik nuqtai nazardan toza ekanligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, ishlab turgan gidrotexnik inshootlar (suv omborlari, nasos stansiyalar, gidrouzellar) imkoniyatlaridan bu maqsadda foydalanish yangi gidroelektr stansiyasini qurish harajatlari nisbatan 4 – 6 marta arzonga tushadi.

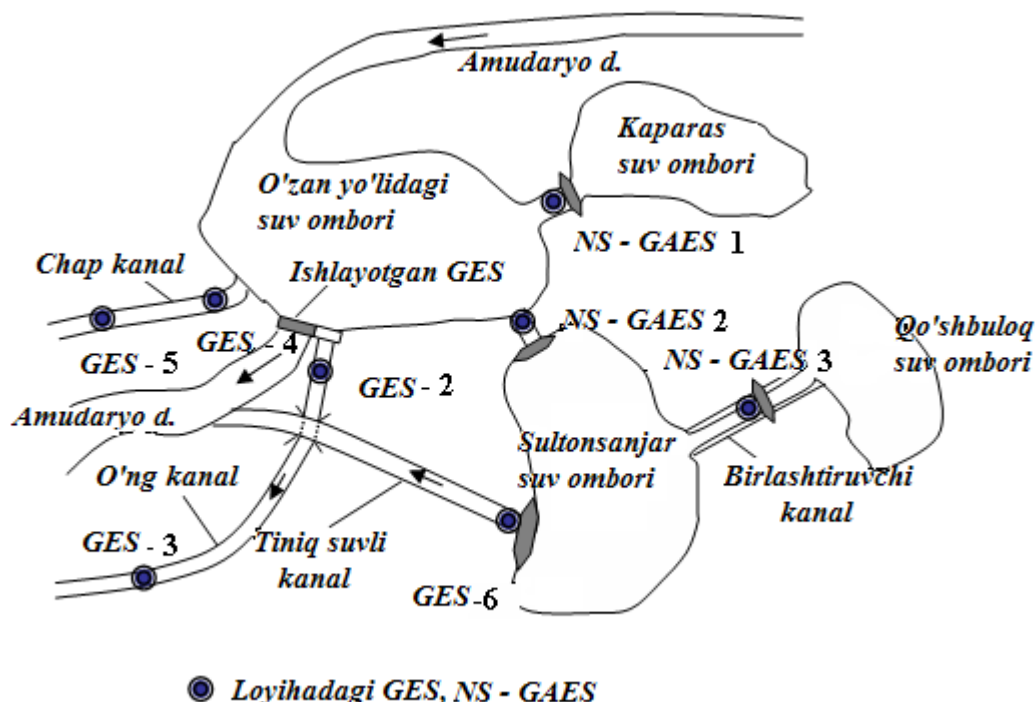
Shu maqsadda Respublikamiz xukumatining “O'zbekiston respublikasida kichik gidroenergetikani rivojlantirish dasturi” (1995 yil) hamda “Suv omborlari, irrigasiya kanallari va kichik daryolar gidroenergetik potensialidan mukammal foydalanish asosida kichik gidroenergetikani rivojlantirish konsepsiyasi” va “2010 yilgacha bo'lgan davrda O'zbekistonda elektroenergetikani rivojlantirish konsepsiyasi” kabi qarorlari hayotga tadbiiq qilinmoqda.

Ushbu dasturga ko'ra respublikada umumii 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 (jadval 2.1).

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 majmualari deb atash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Hozirgi paytda O'zbekistonda shunday gidroenergetik majmualardan Tuyamuyin gidroenergetik majmuasini misol keltirish mumkin (2.1-rasm).

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 Tuyamuyin GES ishlamoqda. Loyihada yana 5 ta GES va suv energiyasini akkumulyasiya qilishga imkon beradigan 3 ta NS-GAES qurilishi ko'zda tutilgan. Natijada Tuyamuyin gidroenergetik majmuasining umumiy yillik ishlab chiqaradigan elektr energiyasi miqdorini 350 GVt.soat ga etkazish mumkin.



2.1-rasm. Tuyamuyin gidroenergetik majmuasi.

2.1-jadval

T/n	Gidroelektrostansiya nomi	Quvvat, MVt	Yillik el. energiyani ishlab chiqarish, mln.kVt. soat
1	To'polang GES	175,0	514,0
2	Xisorak 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	Karikidon 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

2.3. Gidroenergetik qurilmalar turlari, vazifalari va suv energiyasidan foydalanish usullari

2.3.1. Gidroenergetika qurilmalar turlari

Suv oqimining mexanik (gidravlik) energiyasini elektr energiyasiga yoki berilayotgan elektr energiyani suvning mexanik energiyasiga aylantirib berishga mo'ljallangan qurilmalar gidroenergetik qurilmalar deb ataladi.

Gidroenergetik qurilmalar gidrotexnik inshootlar, energetik, mexanik jihozlar, o'lchash, boshqarish va nazorat qilish vositalaridan iborat bo'lgan murakkab zamonaviy ishlab chiqarish majmuidir.

Gidroenergetik qurilmalarning quyidagi turlari mavjud:

- a) gidroelektrostansiyalari (GES)
- b) nasos stansiyalari (NS)
- c) gidroakkumulyasiya elektr stansiyalari (GAES)
- d) okeanlar va dengizda suv sathining ko'tarilishi va tushishi hisobiga ishlaydigan elektr stansiyalar (SSES).

Gidroelektrostansiyalar. Gidroelektrostansiyalarda suv oqimi energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi. Bu ishni amalga oshirish uchun GES tarkibida gidrotexnik inshootlar, hamda asosiy va yordamchi jihozlar joylashgan stansiya binosi mavjud. GESlarda elektr energiyani ishlab chiqarish uchun zarur qiymatda suv sarfini, $Q \text{ m}^3/\text{s}$ va suv tushish balandligi, ya'ni naporni N , m ta'minlash zarur. Buning uchun daryolarda suv yo'li to'g'on bilan tusilib GES uchun zarur bo'lgan suv sarfi va naporga erishiladi. Ba'zan GESlar sug'orish uchun mo'ljallangan gidrotexnik inshootlarda ham o'rnatilishi mumkin.

GESlarda suv yuqori b'eyfdan quyi b'yefga og'irlik kuchi ta'sirida tushib turbina g'ildiragini hamda u bilan bir valda o'rnatilgan generator rotorini aylantiradi. Generatorda mexanik energiya elektr energiya holatiga keltiriladi. Turbina bilan generator birgalikda gidroagregat deb ataladi.

Nasos stansiyalari. Suv berish grafigi asosida ma'lum miqdordagi suvni berilgan balandlikka yoki masofaga etkazib beradigan gidroenergetik qurilmalar nasos stansiyalari deb ataladi. Hozirgi paytda nasos stansiyalari ko'p maqsadlarda, jumladan sug'orish va ichimlik suv bilan ta'minlash tizimlarida, atom va issiqlik elektr stansiyalarining mexanik suv ta'minotida keng qo'llanilmoqda. Nasos stansiyasining asosiy jihozlari nasos va elektrdvigatel hisoblanadi va ikkalasi birgalikda nasos agregati deb ataladi.

Respublikamizda 1500 dan ortiq nasos stansiyalari sug'orish tizimlarida faoliyat ko'rsatmoqda, shulardan eng yirigi Qarshi Bosh kanalidagi nasos stansiyalari $175-195 \text{ m}^3/\text{s}$ suvni 132 m balandlikka ko'tarib beradi. Bu nasos stansiyalarning umumiy o'rnatilgan quvvati 450 MVt ni tashkil qiladi.

Gidroakkumulyasiya elektr stansiyalari. GAES gidroenergetik qurilmalarning yuqorida keltirilgan ikki turining ham vazifasini bajarish mumkin, ya'ni GES sifatida ham va nasos stansiyasi holatida ham ishlash mumkin.

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 b'yeftdagi suv havzasini to'ldiradi. Kunduzgi energiya iste'moli eng yuqori bo'lgan soatlarda yuqori b'yeftdagi havzadan suv pastga tushib turbinallarni 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 energosistemaga ishlaydi, kechasi esa arzon, ba'zan esa talab qilinmagan elektr energiyasidan foydalaniladi.

Hozirgi paytda jahondagi eng yirik GAES AQShdagi Bas-Kaunti GAESi hisoblanadi. Uning quvvati 2100 MVt, nabori 330 m.

Dengizda suv sathining sutkalik o'zgarishi hisobiga ishlaydigan elektr stansiyalar faqat shunday sharoit bo'lgan dengiz qirg'oqlaridagini qurilishi mumkin. Bu stansiyalarda sutka davomida dengizda ikki marta suv sathi ko'tarilishi energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalaniladi. Suv sathi 8-19 metrgacha ko'tarilishi mumkin. Shunday elektrstansiyalaridan biri Kanadadagi Fandi qo'ltig'ida ko'rilgan Annapolis elektr stansiyasidir. Uning quvvati 20 MVt, nabori 19,5 metr, Fransiyada ko'rilgan Rans elektr stansiyasining quvvati 240 MVtni tashkil qiladi.

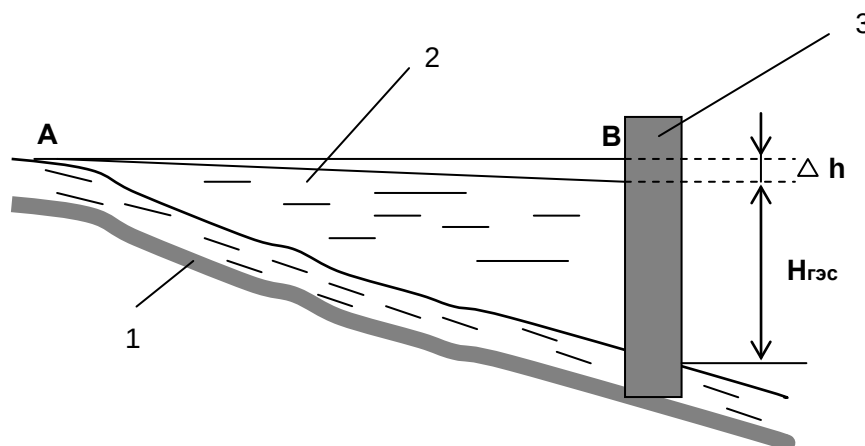
2.3.2. Suv energiyasidan foydalanish sxemalari

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 naborini yuzaga keltirishning quyidagi sxemalari mavjud.

- a) to'g'onli sxema:
- b) derivasiya sxemasi:
- v) to'g'onli-dervivasiya sxemasi:

To'g'onli sxema suv yo'lini to'g'on yordamida to'sib sun'iy nabor 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 nabor yuqori b'yeft va quyi b'yeft suv sathlarining farqiga teng, ya'ni $N_{GES} = \nabla Y_{UBSS} - Q_{BSS}$. Yuqori b'yeftdagi suv sathi bevosita to'g'on oldidagi (V nuqta) suv sathi qiymatidir. Chunki bu qiymat suv havzasi boshlanish nuqtasidagi (A nuqta) qiymatidan Δh ga farq qiladi (2.2-rasm).



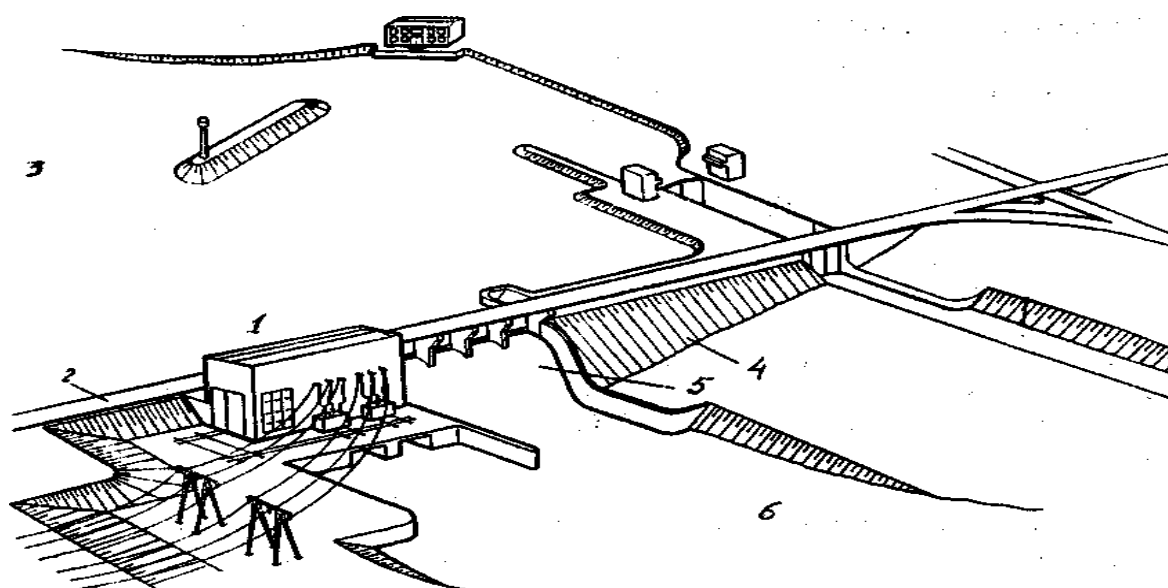
2.2-rasm. Suv energiyasidan foydalanishning to'g'onli sxemasi:

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

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 (2.3-rasm). Bunda GES binosi yuqori b'yefdan 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 (2.4-rasm). Suv turbinalarga to'g'on ichida joylashgan yoki uning ustidan, ba'zi hollarda yonidan o'tgan maxsus quvurlar yordamida yetkazib beriladi.

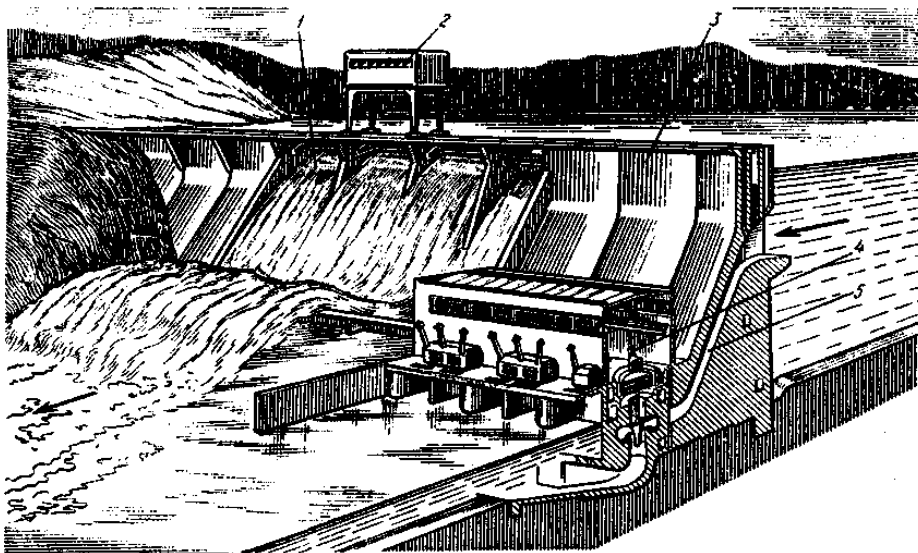
Derivasiya sxemasi. Bu sxema asosan katta nishablikka ega bo'lgan suv manbalarida qo'llaniladi. (2.5-rasm).



2.3-rasm. O'zanda joylashgan to'g'onli GES sxemasi:

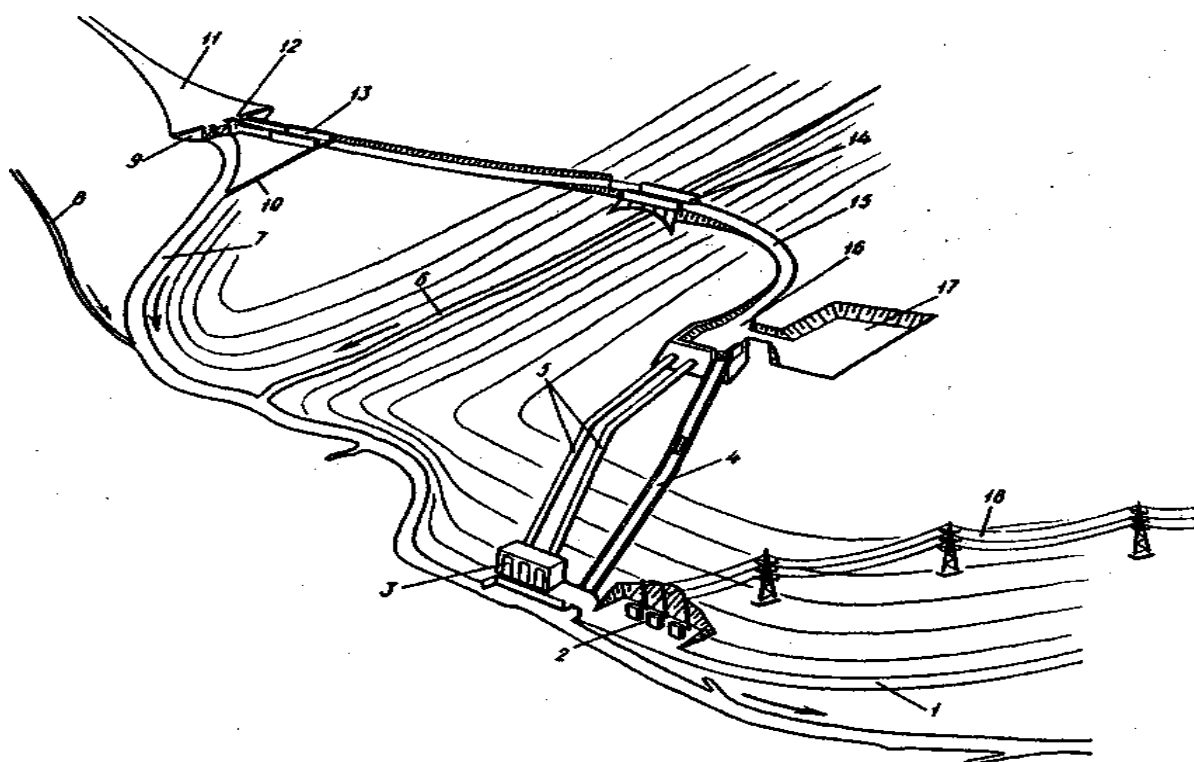
1 - GES binosi; 2 - yo'l; 3 - yuqori b'yef; 4 - to'g'on; 5 - to'g'onning suv tushar qismi; 6 - quyi b'yef.

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 derivasiya kanaliga ham berilishi mumkin. Derivasiya kanalining nishabligi suv manbai nishabligiga nisbatan ancha kichik va mana shu farq GES naporini tashkil qiladi. Derivasiya kanali suvni bosim havzasiga, undan esa quvurlar orqali turbinalarga yetkazib beradi. GESdan oqib chiqqan suv manbaga yoki biron bir kanalga berilishi mumkin.



2.4-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.

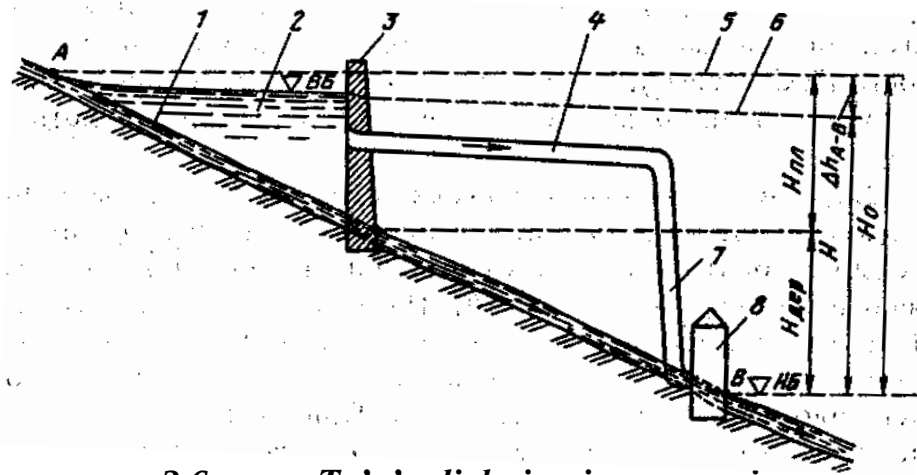


2.5-rasm. Derivasiyali GES sxemasi:

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 – derivasiya kanali; 16 – bosim havzasi; 17 – rostlash havzasi; 18 – yuqori kuchlanish simlari.

To'g'onli-derivasiya 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 derivasiya inshootlaridan foydalaniladi. To'g'onli-derivasiya 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 derivasiya sxemasidan foydalaniladi (2.5-rasm).



2.6-rasm. To'g'onli derivasiya sxemasi:

1 – daryo oʻzani; 2 – suv ombori; 3 – toʻgʻon; 4 – derivasiya; 5 – gidrostatik sath; 6 – pʻezometrik chiziq; 7 – turbina quvuri; 8 – GES binosi; Δh_{A-B} – A va B nuqtalar orasidagi napor yoʻqolish 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 derivasiya inshootlarining uzunligi ancha oshadi.

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

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 o'zanda joylashgan to'g'onli GES sxemasi qabul qilinadi?
7. Derivasiyali 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. GIDROELEKTROSTANSIYALAR. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI

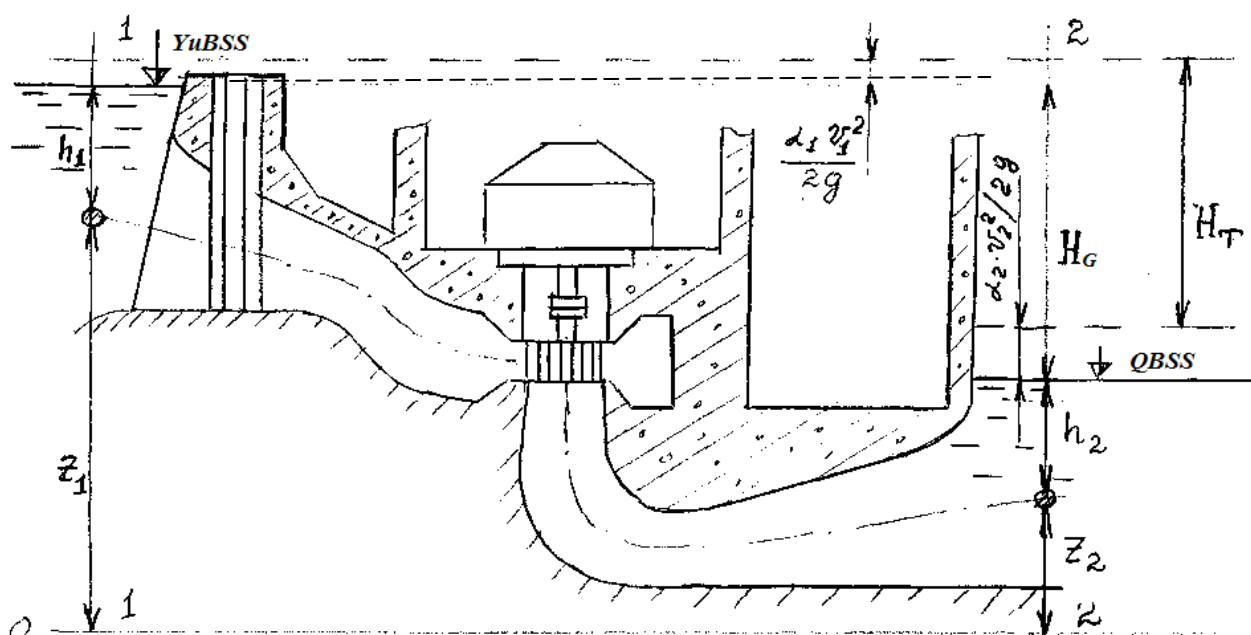
3.1. GESning asosiy parametrlari

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

Yuqori b'eyfdagi (suv omborining to'g'on oldidagi qismi) suv sathi va quyi b'eyfdagi (to'g'on ortidagi suv manbai yuzasi) suv sathi qiymatlarining farqi geometrik yoki statik napor deb ataladi. $N_g = \nabla Y_{UBSS} - \nabla Q_{BSS}$ (3.1)

GESning to'la nabori yuqori b'eyfdan quvurlarga suv kiradigan kesimdagi (1-1) va quyi b'eyfdagi so'rish quvuridan chiqish kesimidagi (2-2) suv oqimining solishtirma energiyalari farqi bilan aniqlanadi.

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



3.1-rasm. GES naporini aniqlash sxemasi.

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

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

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

$$N_T = E_{1-1} - E_{2-2} = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - Z_2 - \frac{P_2}{\rho g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = (Z_1 + h_1) - (Z_2 + h_2) + \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g}; \quad (3.4)$$

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.

$R_1/\rho g$, $R_2/\rho g$ - yuqori va quyi b'ye flari suv sathlaridan og'irlik markazlarigacha bo'lgan chuqurlik (p'ezometrik balandlik), m.

R_1 , R_2 - 1-1 va 2-2 kesimlar og'irlik markaziga mos keluvchi suv bosimlari, Pa.

ρ - suv zichligi, kg/m^3 .

g - erkin tushish tezlanish, m/sek^2 .

$\alpha g_1^2/2g$, $\alpha g_2^2/2g$ - 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.

α - 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 b'yef suv sathi, m.

$Z_2 + h_2 = \nabla QBSS$ - quyi b'yef suv sathi, m.

Unda (2.4) boglanishni quyidagicha yozishimiz mumkin:

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

Gidroturbina qurilmasining nabori yoki hisobiy nabor quyidagi bog'lanish bilan aniqlanadi:

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

Bunda $\sum \Delta h$ - yuqori b'yefdan turbinagacha bo'lgan suv yo'lida yo'qolgan nabor qiymati, m.

$\sum \Delta h$ ning tarkibiga turbina quvuriga kirishdagi, oqiziq ushlarish panjarasidagi, quvur uzunligi bo'yicha yo'qolgan naborlar kiradi.

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

GES suv sarfi Q , m^3/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 GESda 22 ta turbina o'rnatilgan bo'lib ularning har biri $675 \text{ m}^3/\text{s}$ suvni o'tkazadi. GESning maksimal suv sarfi $15000 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 nabor N m, inshootlar, turbina o'tkazishi mumkin bo'lgan suv sarfi Q , m^3/s aniq bo'lsa, unda suv oqimining potensial quvvati quyidagicha aniqlanadi, kVt.

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

Lekin bu quvvat qiymatining barchasi elektr energiyani ishlab chiqarishga sarf bo'lmaydi. Bu quvvatning bir qismi GESda gidravlik va mexanik qarshilikni engishga 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 η_T – turbina 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:

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

bunda, η_G – generator FIK.

η_{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} – generator 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**

$$E_{yil} = \frac{W \cdot H_{\text{yil}} \cdot \eta_{GA}}{367,2}; \kappa Bm \cdot coam. \quad (3.12)$$

bunda, $N_{O'R}$ – GESning yil bo'yicha o'rtacha nabori, m.

3.2. Gidroturbinalarni xarakteristikalari, tuzilishi, sinfiy guruhlari va asosiy parametrlari

3.2.1. Gidravlik turbinalarning sinfiy guruhlari

Gidravlik turbinalarda suv oqimining energiyasidan foydalanish usuli ulardagi ishchi g'ildirakdan suvning oqib o'tish turi va ishchi organlar konstruksiyalari bo'yicha sinflarga bo'lish 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 $40,5 m^3/s$.

Cho'michli turbinalar nabori qiymatlari katta bo'lgan turbinalardan hisoblanadi. Reaktiv turbinalarda suv oqimining ham potentsial, ham kinetik energiyasidan foydalaniladi. Bunday turbinalar suv ichida joylashadi va ularning ishchi g'ildiraklaridagi energiya o'zgarishi ko'p jihatdan potentsial 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 tezligining radial yo'nalishidan o'qiy yo'nalishga burilgan joyida parraklari o'rnatilgan turbinalar radial-o'qiy turbinlar 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 95 metrgacha, diagonal turbinalar 170 metrgacha, radial o'qiy turbinalar 800 metrgacha bo'lgan nabor qiymatlarida ishlatilishi mumkin. Bu turbinalar ishchi g'ildiraklari diametrlari 10 – 12 metrgacha bo'lishi mumkin.

3.1-jadval

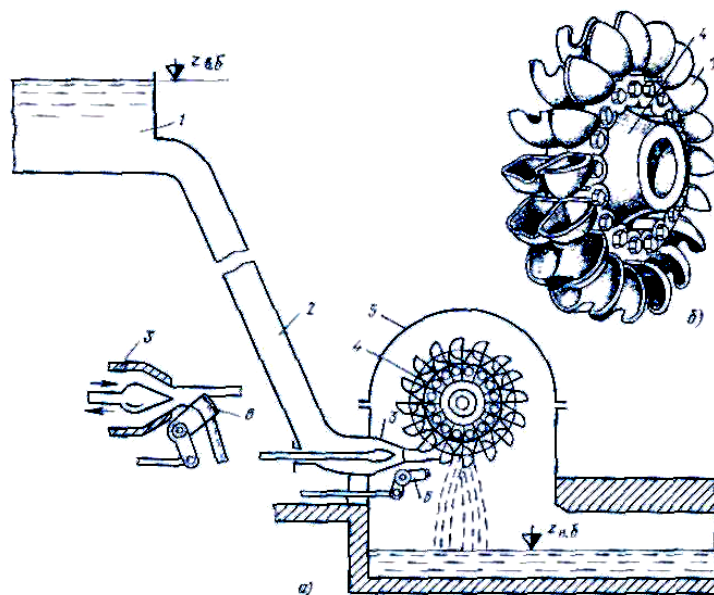
Turbina turi	Turbina tizimi		Turbina markasi	Nabor, m	Ishchi g'ildirak diametri, m
	Asosiy belgisi	Qo'shimcha belgisi			
Reaktiv	O'qiy	Gorizontal	PLGK 7, 15, 20, 25		
		Vertikal parrakli va parrakli-burilmali	PL 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	3 – 95	1,8 – 12
	Diagonal	Vertikal parrakli va parrakli burilma	PLD 50, 70, 90, 115, 140, 170	40– 170	1,8 – 9
	Radial-o'qiy	Vertikal radikal o'qiy	RO 45, 75, 115, 140, 170, 230, 310, 400 500, 600	30 – 800	1,25 – 10
Aktiv	Cho'michli	Vertikal	K 400, 600, 1000, 1500	250 - 2000	1,12 – 5,5

3.2.2. 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.

a) Aktiv cho'michli turbina qurilmasining sxemasi;

b) ishchi g'ildirak:

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

Yuqori b'yeftan 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 moslamadan foydalaniladi. Aktiv turbinalarda ishchi g'ildirak gorizontaal yoki vertikal holda joylashishi mumkin.

b) reaktiv turbinalarining 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 flanes yordamida qattiq mahkamlanadi.

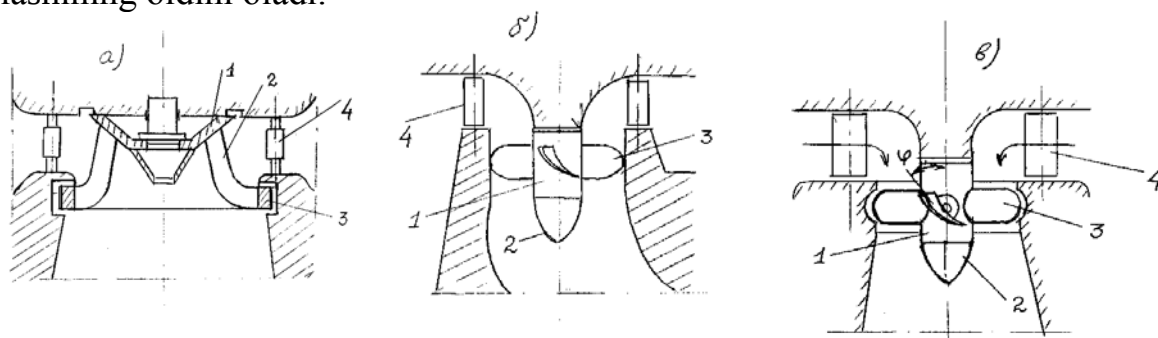
Gidroturbinalarning radial-o'qiy, propeller va parrakli-buriluvchi kabi turlarini ko'rib chiqamiz.

Radial-o'qiy turbinalarda suv oqimi ishchi g'ildirakka kirishda radial yo'nalishda xarakatlanadi. Bunday turbinaning ishchi g'ildiragi stupisa 1 va obod 3 aylanasi bo'ylab bir xil masofada joylashgan parraklardan 2 iborat (rasm 3.3a). Ushbu uchala element bitta umumiy yaxlit konstruksiyani tashkil qiladi. Parraklar soni 9 tadan 21 tagacha bo'lishi mumkin. Turbina napori 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, xamda φ 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, v). Turbina quvvatini yo'naltiruvchi apparat 4 ochilish darajasi va parrak burilish burchagi φ ga bog'liq ravishda o'zgartirish mumkin.

Vertikal gidroturbinalarda ularning vali qat'iy vertikal holatda bo'lishi kerak. Buning uchun u ikki turdagi podshipniklar bilan ushlab turiladi. Birinchi turdagi podshipniklar yo'naltiruvchi podshipniklar bo'lib, aylanayotgan valning radial yo'nalishida qimirlashining oldini oladi.



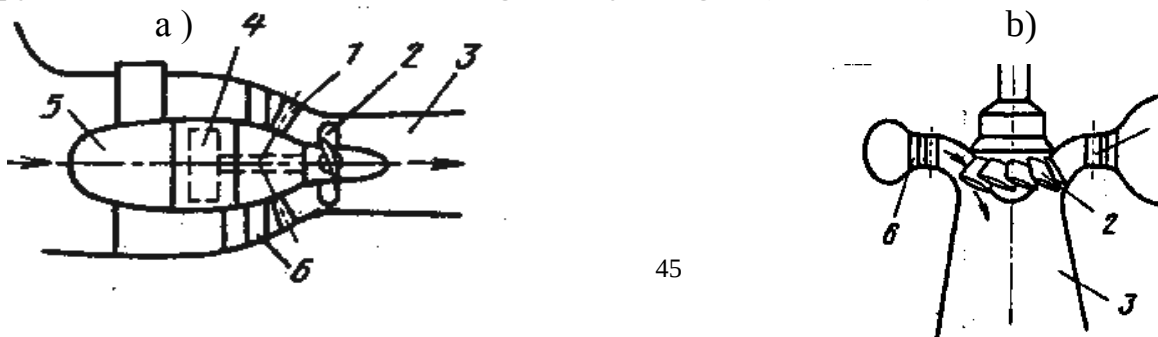
3.3-rasm. Reaktiv turbinalar. a) radial-o'qiy; b) propeller; v) parrakli-buriluvchi.

Ikkinchi turdagi podshipniklar podpyatnik deb ataladi va u oqimning gidrodinamik hamda turbinaning aylanayotgan qismining o'qiy yo'nalishidagi bosimini qabul qiladi.

Gidrogenerator turiga qarab podpyatnikning joylashgan o'rni 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).

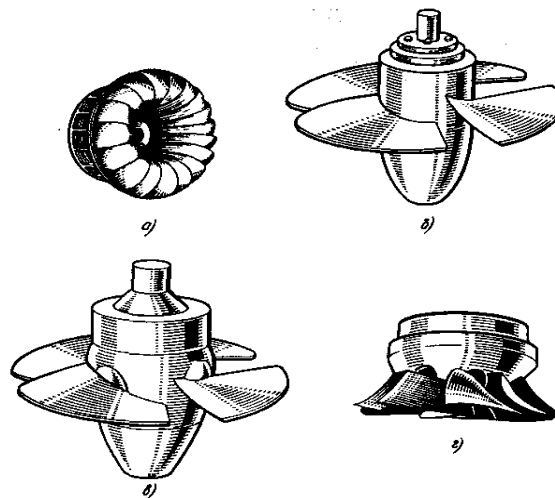


3.4-rasm. Gorizontali kapsulali (a) va diagonal (b) turbina:

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 kup 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; v) parrakli – buriluvchi; g) diagonal.

3.2.3. Hidravlik 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 , ob/min; ishchi g'ildirak nominal diametri D_1 , m; foydali ish koeffitsiyenti η_T % va so'rish balandligini N_s , m ni keltirish mumkin.

Gidroturbina nabori quyidagi turlarda bo'lishi mumkin:

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

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

$$H_{\check{P}.B} = \frac{\sum N_i \cdot H_i \cdot \Delta t_i}{\sum N_i \cdot \Delta t_i}; \quad \text{m} \quad (3.13)$$

Ishga tushirish nabori birinchi agregatning foydalanishga topshirilishida hisobga oinadi.

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 kamerasining eng katta diametridir. Radial o'qiy turbinalar uchun D_1 ishchi g'ildirak kirish qismining diametri hisoblanadi. Diogonal turbinalarda D_1 parraklar o'qi bilan ishchi g'ildirak kamerasi diametri kesishga joy diametridir.

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

Ishchi g'ildirak meyoriy diametrini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q}{Q_x^1 \cdot \sqrt{H_x}}}; \quad \text{m} \quad (3.14)$$

Bunda Q_{x1}^1 – keltirilgan hisobiy suv sarfi, m^3/s

N_x – hisobiy napor, m.

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

Turbina quvvati quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_x \cdot \eta_T, \quad \text{kVt} \quad (3.15)$$

Bunda ρ , g – suv zichligi va erkin tushish tezligi

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

N_x – turbina hisobiy nabori, m

η_T – turbina FIK, bu qiymat tajribalar yo'li bilan aniqlanadi.

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

η_g – turbinaga kirish qismidan boshlab so'rish quvuridan chiqishgacha bo'lgan masofadagi gidravlik napor yo'qolish qiymatini hisobga oluvchi FIK.

η_m – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi FIK.

η_x – suv hajmining yo'q olishini hisobga oluvchi FIK.

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

Gidravlik turbinaning aylanish chastotasi uning ishchi g'ildiragi diametri va naboriga bog'liq.

$$n = \frac{n_x^3 \cdot \sqrt{H_x}}{D_1}; \quad \text{ayl/min} \quad (3.17)$$

bunda n – turbina aylanish chastotasi, ayl/min

n_x^1 – aylanish chastotasining hisobiy keltirilgan qiymati, ayl/min.

So'rish balandligi N_s gidravlik turbinalarning quyi b'eyef sathiga nisbatan joylashish balandligini bildiradi.

3.2.4. Gidroturbinalar xarakteristikalari

Gidroelektrostansiyalarni 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 η 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 η 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 burbinalar uchun asosiy ko'rsatkichlarni belgilovchi to'rtta parametr yoniga yana bitta, ya'ni parraklarning buralishi (o'rnatilishi) burchagi φ ham qo'shiladi.

$$Q, N, \eta = f(D_1, a_0, H, n, \varphi) \quad (3.21)$$

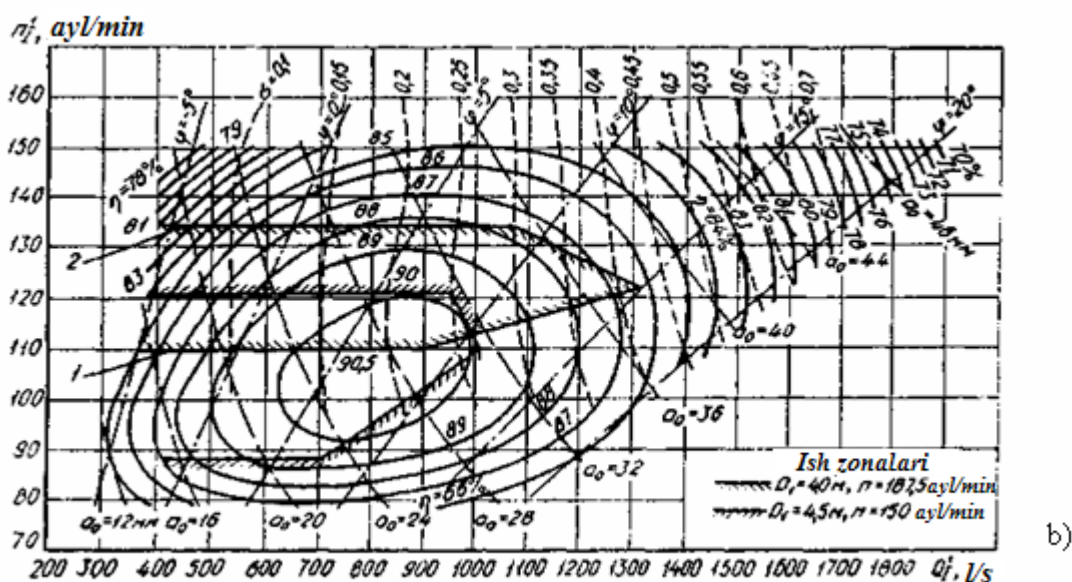
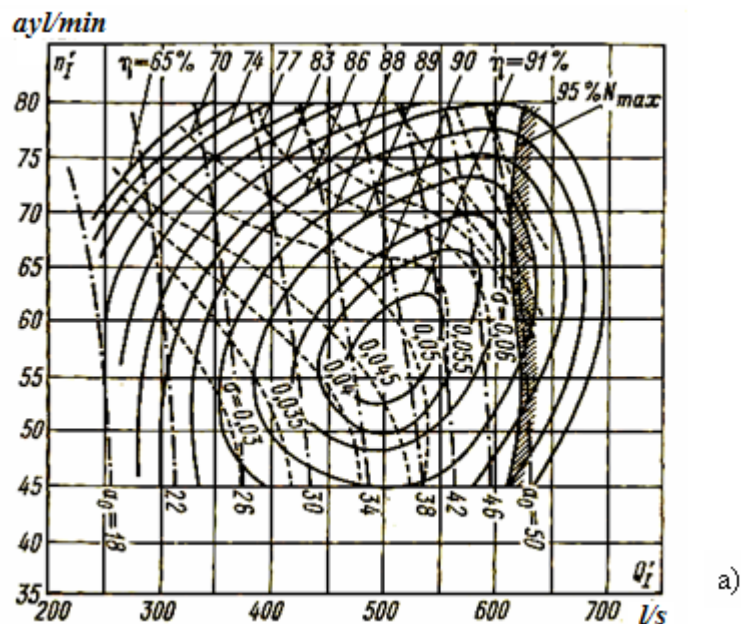
(3.2), (3.3) va (3.4) bog'lanishlarning grafik holda tasvirlanishi turbina xarakteristikalari deyiladi.

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, esluatasiya xarakteristikasi va ishchi xarakteristika.

Bosh universal xarakteristika gidroturbinalar uchun eng ko'p qo'llaniladigan xarakteristika hisoblanadi. Bu xarakteristika $D_1=1,0$ m va $N = 1,0$ 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).



1 – $D_1 = 4,5 \text{ m}$; $n = 150 \text{ ayl/min}$; $N = -1,2 \text{ m}$; 2 – $D_1 = 4 \text{ m}$; $n = 150 \text{ ayl/min}$; $N = -6,7 \text{ m}$.

3.6-rasm. Turbinalar bosh universal xarakteristikalari:

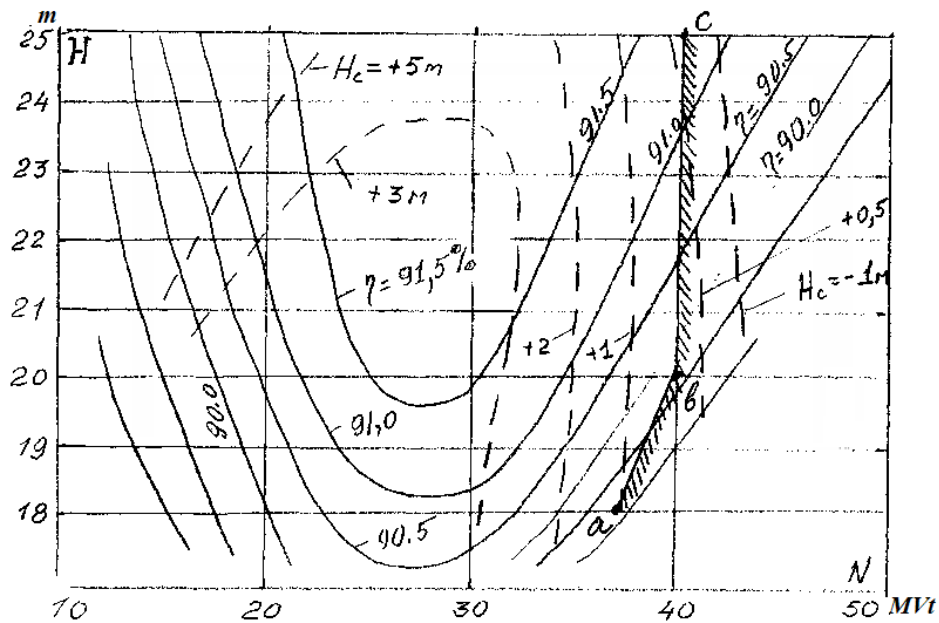
- a) radial - o'qiy turbina;
- b) parrakli - burilma turbina.

Ochilish darajasining a_0 teng qiymatlari chizig'i ask ettiriladi. Bosh universal xarakteristikada radial o'qiy turbinalar uchun quvvatning 5 % lik zaxira chizig'i, parrakli buriluvchi turbinalar uchun parraklarning burilish burchagi φ beriladi.

Gidroturbinaning ekspluatasiya 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).

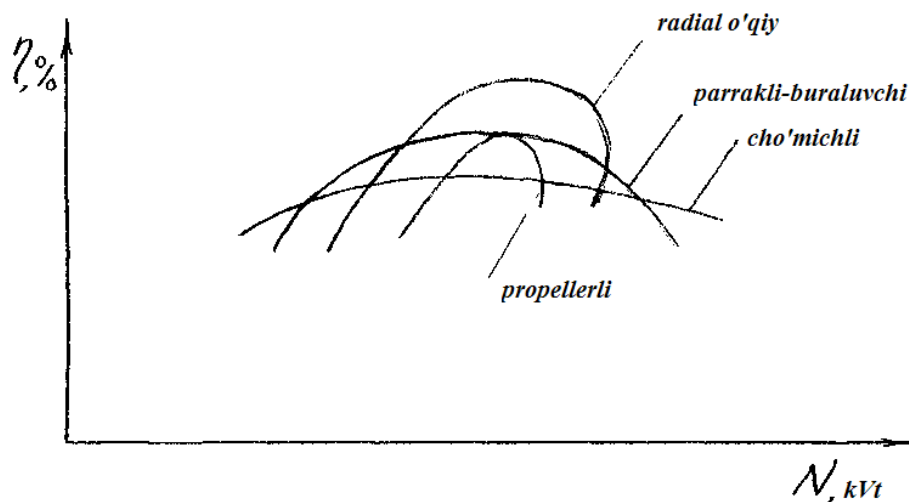
Ekspluatasiya xarakteristikasi H va N koordinatalarida FIKning va so'rish balandligining H_s teng qiymatlari chizig'i aks ettiriladi. Ekspluatasiya xarakteristikasi gidroturbinaning asosiy texnik hujjati bo'lib, uning energetik va kavitsasion sifatlarini har

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 taqqoslash uchun xizmat qiladi.

Nazorat savollari

1. GESning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?

2. GES quvvati va ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori qanday aniqlanadi?
3. Gidravlik turbinalar qanday sinfiy guruhlardan iborat?
4. Qanday turbinalarga reaktiv turbinalar deyiladi?
5. Cho'michli turbinaning ish prinsipi qanday?
6. Gidravlik turbinalarning asosiy parametrlarini aytib bering.
7. Gidroturbina xarakteristikalarini nimalardan iborat?
8. Gidroturbina qanday parametrlari xarakteristikalarda aks etadi?
9. Xarakteristikalar turlarini, vazifalarini aytib bering.
10. Gidroturbina konstruktiv jihatdan qanday qismlardan iborat?

3.3.1. 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.

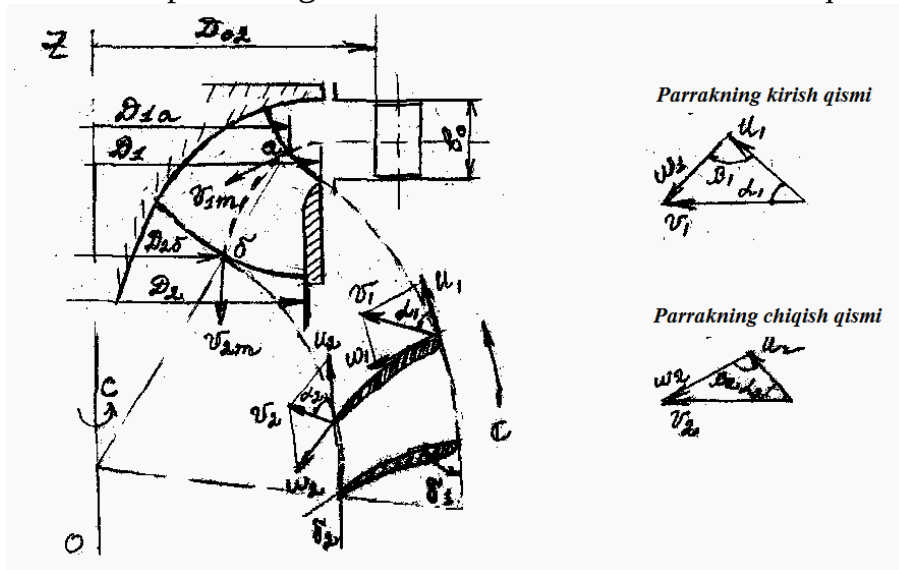
$$\vec{g} = \vec{U} + \vec{\omega} \quad (3.22.)$$

bunda, $\vec{U}$ – ko'chma (aylanma) harakat vektori.

$\vec{\omega}$ - nisbiy harakat vektori.

Bunday holda uchta harakat orasidagi o'zaro munosabat tezliklar uchburchagi yoki parallelogrammi 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.



3.9-rasm. Radial-o'qiy turbinaning ishchi g'ildiragida tezliklar uchburchagi va parallelogrammlarini qurish.

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.

Parrakning kirish qismida mutloq harakat tezligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$g_1 = g_{1m} + g_{1u} \quad (3.24)$$

Bunda, g_{1m} – mutloq tezlik vektorining meridian tekislikka bo'lgan proeksiyasi – meridian tuzuvchi tezlik deyiladi.

g_{1u} – aylanma tuzuvchi tezlik.

g_{1m} – qiymatini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin.

$$g_{1m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{1a} b_a}; \quad (3.25)$$

Bunda b_a – parraklarga kirish qismi balandligi.

g_{1m} qiymati yo'naltiruvchi apparatdan oqimning chiqish sharoitiga bog'liq va quyidagicha aniqlanadi.

$$g_{1u} = g_{0u} \cdot \frac{D_{02}}{D_{1a}}; \quad (3.26)$$

Bunda g_{0i} - yo'naltiruvchi apparatdan chiqishdagi aylanma tezlik.

$$g_{0u} = g_0 \cdot \cos \alpha_0 \quad (3.27)$$

bunda,

$$g_0 = \frac{Q}{\pi \cdot D_{02} \cdot b_0 \cdot \sin \alpha_0}; \quad (3.28)$$

b_0 – yo'naltiruvchi apparat balandligi

α_0 - yo'naltiruvchi apparatning chiqish burchagi

(3.23) va (3.24)lar bo'yicha tezliklar parallelogrammi yoki uchburchagini qurib ω_1 qiymatini aniqlash mumkin.

Ishchi g'ildirak parraklaridan chiqish qismida tezliklar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_{2b} \cdot n}{60}; \quad \omega_2 = \frac{g_{2m}}{\sin \beta_2}; \quad (3.29)$$

Gidroturbinalarda $\beta_2 = \delta_2$ deb qabul qilish mumkin, chunki nisbiy tezlik yo'nalishi parraklarga berilgan o'rinma yo'nalishiga mos keladi.

O'qiy turbinalarda oqim silindrik shaklga o'xshash bo'ladi, bu holda, $D_{1a} = D_{2b} = D_x$ – hisobiy diametr.

$$D_x = \sqrt{0,5(D_1^2 + d_{\text{em}}^2)}; \quad (3.30)$$

O'qiy turbinalarda aylanma tezlik parrakning hamma joyida bir xil, ya'ni

$$U_1 = U_2 = U = \pi \cdot D_x \cdot n / 60 \quad (3.31)$$

(3.25)dan ko'rinib turibdiki, o'qiy turbinalarda,

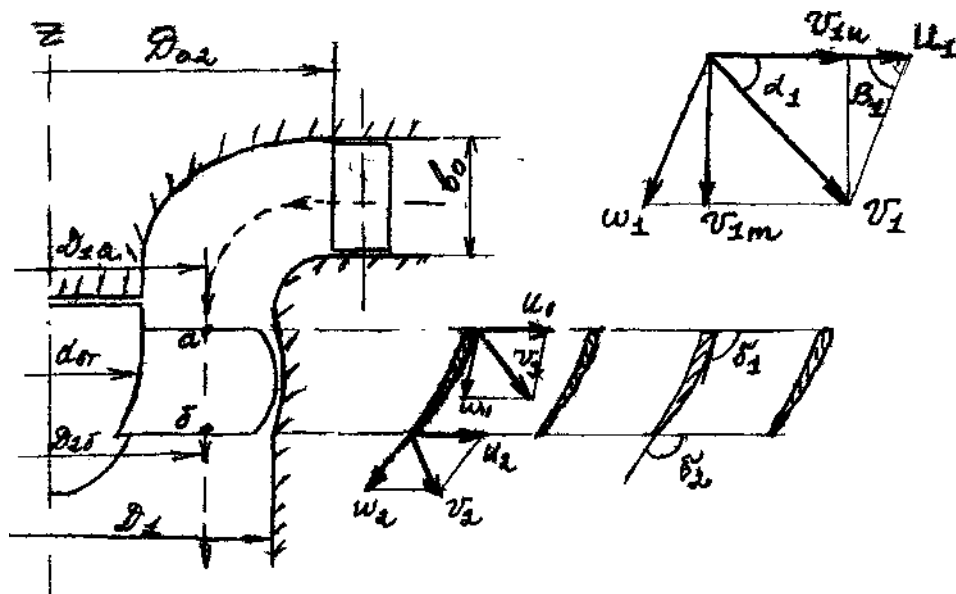
$$g_{1m} = g_{2m} = g_m = \frac{4Q}{\pi(D_1^2 - d_{vt}^2)}; \quad (3.32)$$

bunda, D_1 - ishchi g'ildirak diametri

d_{vt} - vtulka diametri.

Parraklarga kirishdagi mutloq tezlik quyidagi vektor yig'indisi bilan aniqlanadi. $\vartheta_1 = \vartheta_{1m} + \vartheta_{1n}$

ϑ_{1n} qiymatlari (3.26) formulasi bilan aniqlanadi. Parraklardan chiqishdagi mutloq tezlik qiymati $\vartheta_2 = U_2 + \omega_2$ formulasi bilan hisoblanadi, bunda ω_2 qiymati (3.29) asosida aniqlanadi.



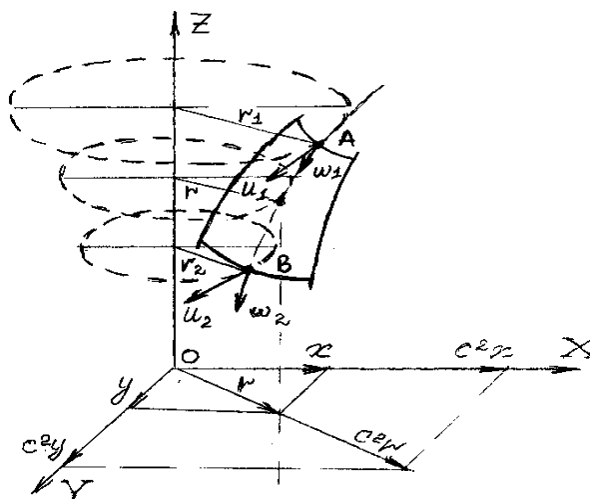
3.9-rasm. O'qiy turbina ishchi g'ildiragida tezliklar uchburchagi va parallelogrammi.

3.3.2. Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi

Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi uning nabori 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 ω deb belgilaymiz. G'ildirak OZ o'qi atrofida S 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 (7.2) 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 $P = g \cdot z - c^2 r^2/2 + C$ (3.37)

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 [5]:

$$P + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} = \text{const} \quad (3.38)$$

Unda biz qarab chiqayotgan oqim harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi: $gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{c^2 \cdot r^2}{2} = \text{const}$

Bizga ma'lumki, aylana tezlik qiymati $c \cdot r = u$ ga teng.

$$\text{Unda} \quad gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{u^2}{2} = \text{const}$$

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:

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B}; \quad (3.40)$$

bunda $\sum \Delta h_{A-B}$ A va B nuqtalari orasidagi suv yo'lida 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 $E_1 - E_2 = N_T$

$$\text{Unda } N_T = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g}; \quad (3.42)$$

(3.40)dan foydalanib, bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$N_T = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (3.43)$$

Bunda N_T – ishchi g'ildirakdagi solishtirma energiyalar farqi yoki turbinaning haqiqiy napori.

Agar $N_T - \sum \Delta h_{A-B} = H_T \cdot \eta_\epsilon$ – deb qabul qilsak, unda

$$N_T \cdot \eta_g = \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g}; \quad (3.44)$$

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.

$$N_T \cdot \eta_\epsilon = \frac{1}{g} (u_1 \cdot g_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 \cdot g_2 \cdot \cos \alpha_2) \quad (3.46)$$

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.

3.3.3. Gidroturbinalarni modellashtrish. 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 modellashtrilgan qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Modellashtrish 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'adir-budirlik koeffitsiyenti teng bo'lishi zarur. Geometrik o'xshashlik miqiyosi (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 Reynol`ds soni

$$Re = \vartheta \cdot D_1 / \gamma \quad (3.48)$$

Bunda, ϑ - mos nuqtalardagi oqim tezligi, m/s

D_1 – ishchi g'ildirak diametri, m

γ - suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti.

b) og'irlik kuchi uchun Frud soni

$$Fr = \vartheta^2 / g \cdot D_1 \quad (3.49)$$

v) bosim kuchi uchun Eyler soni

$$Eu = \Delta P / \rho \cdot \vartheta^2 \quad (3.50)$$

Bunda, ΔP - bosimning o'zgarish qiymati.

g) inersiya kuchi uchun Struxal soni

$$St = \vartheta / n \cdot D_1 \quad (3.51)$$

Demak, amalda bu sonlarning barchasining tengligini ta'minlash mumkin emas. Shu sababli ko'rilyotgan gidrodinamik xodisa uchun qanday kuchlar belgilovchi ekanligini aniqlab, kerakli mezoniy sonlar tengligi sharti bajariladi.

Yuqorida keltirilgan sonlarning gidroturbinalar uchun qanday ifodalanishini ko'rib chiqamiz.

Reynol`ds 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 noturGun 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 xisoblash mumkin:

$$Eu = \frac{g \cdot H \cdot D_1^2}{Q^2} \quad (3.59)$$

3.3.4. O'xshashlik tenglamalari. Gidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari

Gidroturbinalar o'lchamlarining o'zgarishi ularning asosiy tavsifiy ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qilishini uxshashlik 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 N o'rtasidagi bog'lanish qanday bo'lishini ko'rib chiqamiz.

Geometrik o'xshash turbinalarning izogonal rejimlarida tezlik parallelogrammi 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 ¹ va ¹¹ 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 ϑ_{1m} ni (3.25) bo'yicha aniqlash mumkin. Unda quyidagi belgilanishga ega bo'lamiz:

$$\frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{g_{1m}^1 / \sin \alpha_1^1}{g_{1m}^{11} / \sin \alpha_1^{11}} = \frac{g_{1m}^1}{g_{1m}^{11}} = \frac{Q^1 / \pi \cdot D_1^1 \cdot b_1^1}{Q^{11} / \pi \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}} = Q^1 \cdot D_1^1 \cdot b_1^1 / Q^{11} \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}; \quad (3.64)$$

Gidroturbinalar geometrik o'xshash bo'lganligi uchun

$$b_1^1 / b_1^{11} = D_1^1 / D_1^{11}$$

U holda (3.25) ni shunday yozishimiz mumkin:

$$\frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{Q^1 (D_1^1)^2}{Q^{11} (D_1^{11})^2}; \quad (3.65)$$

(3.60) dan foydalanib tezliklar nisbatini quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} = \frac{Q^1 (D_1^1)^2}{Q^{11} (D_1^{11})^2};$$

yoki

$$\frac{Q^1}{n^1 (D_1^1)^3} = \frac{Q^{11}}{n^{11} (D_1^{11})^3}; \quad (3.66)$$

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:

$$\alpha_1^1 = \alpha_1^{11}; \alpha_2^{11} = \alpha_2^1; \frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{g_2^1}{g_2^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}};$$

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.

$$\text{Unda } H^1 \cdot \eta^1_z = \frac{1}{g} \left(\frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 (u_1^{11} \cdot g_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^{11} \cdot g_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (3.70)$$

$$(3.70) \text{ ni } (3.69) \text{ga bo'lamiz} \quad \frac{H^1 \eta^1_z}{H^{11} \eta^{11}_z} = \left(\frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 \quad (3.71)$$

Demak, aylanishlar chastotasi nisbatlarini oladigan bo'lsak,

$$\frac{n^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{D_1^1} \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta^1_z}{H^{11} \cdot \eta^{11}_z}} \quad (3.72)$$

(3.67) va (3.72) lardan foydalanib Q^1/Q^{11} ni aniqlash mumkin.

$$\frac{Q^1}{Q^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta_z^1}{H^{11} \cdot \eta_z^{11}}} \quad (3.73)$$

Gidroturbinalar quvvatlari nisbatini $N = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$ formulasi va (3.73) dan foydalanib quyidagicha qilib yozish mumkin:

$$\frac{N^1}{N^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{H^1 \cdot \eta_z^1}{H^{11} \cdot \eta_z^{11}} \right)^3} \quad (3.74)$$

(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 $N = 1\text{m}$ va $D_1 = 1\text{m}$ qabul qilinadi. Demak, gidroturbinaning boshqa ko'rsatkichlari Q va n shu holatga nisbatan keltirilgan deb hisoblanadi ya'ni n_1 – keltirilgan aylanishlar chastotasi, Q_1^1 – keltirilgan suv sarfi (3.72) va (3.73) dan foydalanib, hamda FIK qiymatlari o'zgarmaydi deb faraz qilsak,

$$\frac{n_1^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{1} \sqrt{\frac{1}{H^{11}}}; \quad \frac{Q_1^1}{Q^{11}} = \left(\frac{1}{D_1^{11}} \right)^2 \sqrt{\frac{1}{H^{11}}}; \quad (3.75)$$

ko'rinishdagi formulalarga ega bo'lamiz. Bunda N^{11} , n^{11} , D_1^{11} va Q^{11} ko'rsatkichlarini umumiy holda H , n , D_1 va Q ko'rinishda yozsak, unda yuqoridagi formulalar quyidagi holga keladi.

$$n_1^1 = \frac{n \cdot D_1}{\sqrt{H}} \quad (3.76)$$

$$Q_1^1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (3.77)$$

Gidroturbina quvvati uchun keltirilgan ko'rsatkichni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$N_1^1 = \frac{N}{D_1^2 \cdot \sqrt{H^3}}; \quad (3.78)$$

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 m^3/s , quvvati uchun kVt qilib qabul qilingan.

Gidroturbina samaradorligini ko'rsatuvchi parametrlardan biri tezkorlik koeffitsiyentidir. Tezkorlik koeffitsiyenti turbinalarning tavsifiy ko'rsatgichi 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, N – 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

Nazorat savollari

1. Gidroturbinalar suv oqish qismida energiya o'zgarishi qanday amalga oshiriladi?
2. Turbinaning ish rejimi nimaga bog'liq?
3. Ishchi g'ildirakda oqim mutloq tezligi qanday aniqlanadi?
4. O'qiy turbinalarda aylanma tezlik qiymati qanday aniqlanadi?
5. Gidroturbinaning asosiy tenglamasi nimani ifodalaydi?
6. Eyler tenglamasi orqali turbina naporini qanday ifodalash mumkin?
7. Nima uchun yuqori napor qiymatlarida D_1/D_2 qiymati oshadi?
8. Nima uchun turbinalarni modellashtirish zarur?
9. Gidroturbina keltirilgan ko'rsatkichlari nimani anglatadi?
10. Turbinalar tezkorlik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?

3.4. GESning elektroenergetik jihozlari, ularning tarkibi 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.

V) gidroakumulyasion stansiyalarda – generator, dvigatel, sinxron kompensator va aylanuvchi zahira rejimida.

GES elektr qismi gidrogenerator, transformator va taqsimlash qurilmalaridan tashkil topadi.

3.4.1. Gidrogeneratorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi.

Gidrogenerator turbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Gidrogenerator 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. Gidrogenerator 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 uzagi (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 (obratimiy);

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.

V) 200 ayl/min dan ortiq bo'lgan tez yurar gidrogeneratorlar.

Tez yurar gidrogeneratorlar yuqori bosimli qurilmalarda qo'llaniladi va konstruktiv jixatdan vertikal yoki gorizontal kilib bajarilishi mumkin.

Gidrogeneratorning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

1. Gidrogenerator to'liq quvvati, kV.A.(mV.A).

$$S = \frac{N \cdot \eta_{gen}}{\cos \varphi}; \quad (3.80)$$

Bunda, N – gidroturbina quvvati, kVt;

η_{gen} – gidrogenerator f.i.k.;

$\eta_{gen} = 90 - 98,5\%$.

Ba`zan yirik mashinalarning gabarit o'lchamlarni 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, vol't – 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. $U = 3,15; 6,3; 10,5; 21\text{kV}$

Agar generator quvvati 50MVt dan ohsa, unda $U = 13,8; 15,75; 18; 20\text{kV}$ bo'lishi mumkin.

4. Me'yoriy aylanish chastotasi, ayl/min

$$n_0 \frac{P}{2} = 60 \cdot f \quad (3.84)$$

bunda, R – qutblar soni (generator rotorining)

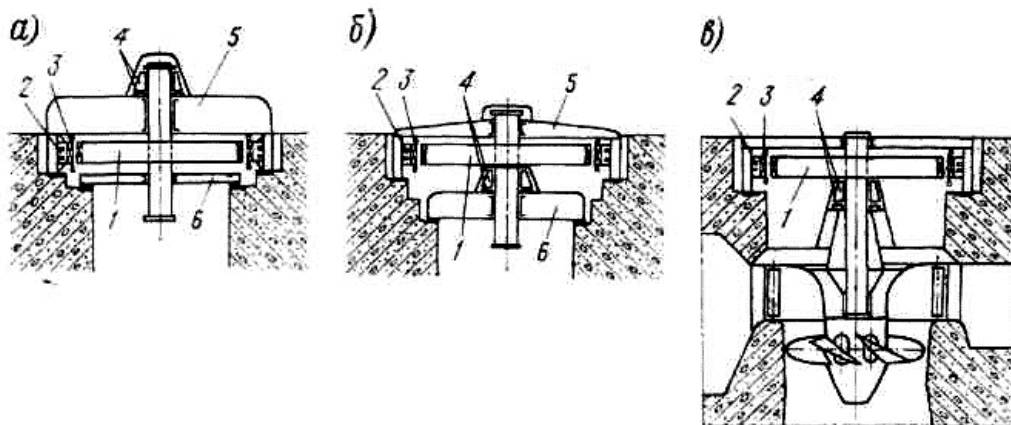
f – tarmoqdagi tok chastotasi, f = 50gs. Bunday holda $n_0 = 6000/R$ bo'lishi mumkin. Qutblar soni juft bo'ladi, $n_0 > 24$ bo'lganda 4 karra sonlarga ega bo'ladi.

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:

- a) osma generatorlar;
- b) soyabonli generatorlar.



3.12-rasm. Vertikal gidrogenerator sxemasi:

a) osma turdagi; b) soyabonli generator; v) turbina qopqogida tayanchi bo'lgan soyabonli generator.

1 – rotor; 2 – stator; 3 – stator cho'lg'ami; 4 – podpyatnik; 5 – yuqori krestovina; 6 – pastki kretovina.

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 generator Braziliyadagi Itaypu GES ida o'rnatilgan bo'lib, uning quvvati 824 MV.A ga teng. Markaziy Osiyodagi Rogun GESida quvvati 666 MV.A teng generatorlar o'rnatilgan.

3.4.2. Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari

GESlardagi ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining kuchlanishini o'zgartirish uchun kuchaytiruvchi va kamaytiruvchi transformatorlar qo'llaniladi.

Transformator ikki cho'lg'amli yoki uch chulg'amli bo'lishi mumkin, ikki cho'lg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda ikkita cho'lg'am joylashadi: past kuchlanishli va yuqori kuchlanishli. Uch cho'lg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda uch cho'lg'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.

3.4.3 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.

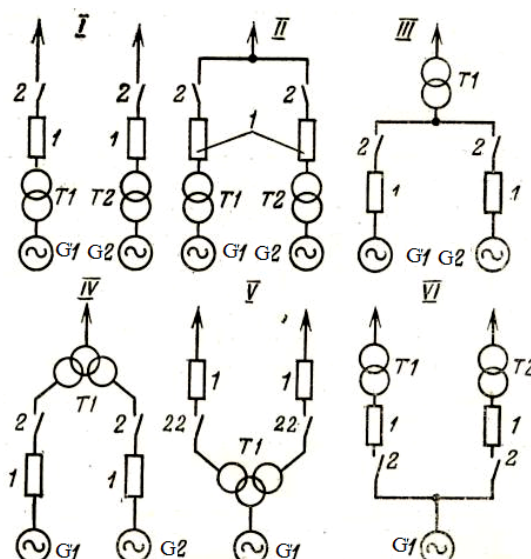
Umuman liniyalar kuchlanishini 3.2 jadval orqali tanlangani ma'qul.

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 larda generatorlarni yuqori kuchlanish hosil qiluvchi transformatorlarga va elektr liniyasiga ulashning zamonaviy va samarali usullari qo'llaniladi (3.13-rasm).



3.13-rasm. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulash sxemalari:
G1, G2 – generatorlar; T1, T2 – transformatorlar; 1 – o'chirgich; 2 – ajratgich.

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 cho'lg'amlarga ega bo'lgan transformator o'rnatiladi, natijada energiyani iste'molchiga uzatish ishonchliligi oshadi, zahiradagi transformator narxi pasyaadi. III va IV sxemalarning kamchiligi shundan iboratki, transformatorni reviziya qilish vaqtida birdaniga ikki generatorni to'xtatishga to'g'ri keladi.

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.

3.5.1. 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.

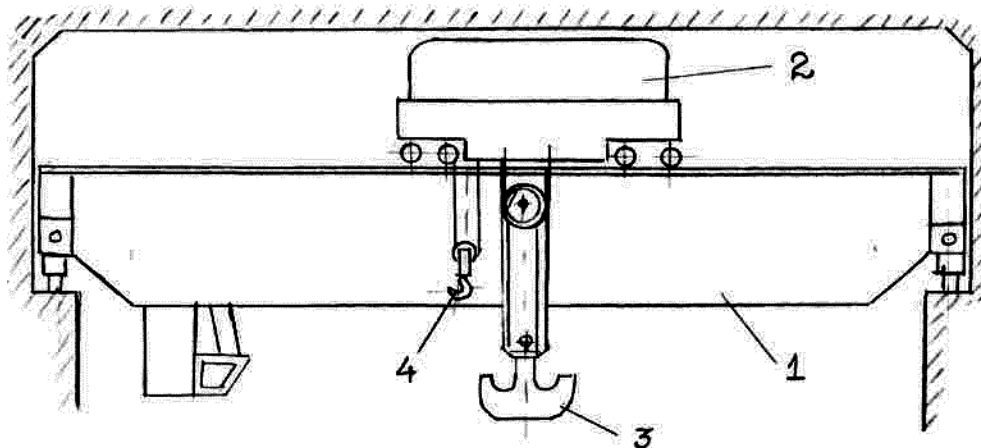
Ko'tarish - tashish mexanizmlariga osma, ko'prik va yerda yuruvchi kranlar kiradi.

Osma kranlar kichik stansiyalarda o'rnatiladi. Bu kranlarning yuk ko'tarish qobiliyati 5 t gacha bo'lib, stansiya binosi shipiga mahkamlagan rel'slar bo'ylab xarakatlanadi. Ko'prik kranlar GES binosi ichkari qismining ikki yonida o'rnatilgan kolonnalarga yotqizilgan balkalar ustidagi rel'slarda xarakatlanuvchi fermalardan iborat (3.14-rasm).

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 engil 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 rel'slarda harakatlanuvchi to'rt tayanchli mexanizmlardan iborat:



3.14-rasm. Ko'prik kran sxemasi.

3.5.2. Yog' bilan ta'minlash xo'jaligi

GES yog' xo'jaligi gidroturbina jihozlarini moylash, asosiy transformatorlarni izolyasiya 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 % ini 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.soat tashkil qilsa, moylash sistemasida 500 – 1000 soatga teng bo'ladi.

3.5.3. Texnik suv ta'minoti

Texnik suv gidrogenerator sovutgichi uchun, tayanch podshipnigi vannasini, kompressorlarni sovutish uchun, pastki turbina podshipnigini moylash uchun beriladi.

Shundan, beriladigan suvning aksariyat qismi gidrogeneratorni sovutish uchun sarf bo'ladi.

Generatorni sovutish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = \frac{0.36 \cdot P(1 - \eta_{GEH})}{\Delta t}; \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.86)$$

bunda, R – gidrogenerator me'yoriy quvvati, kVt

η_{GEN} – generator f.i.k.

Δt – sovutish suvi temperaturasi farqi.

Δt agar texnik suv ta'minoti sistemasiga kirishidagi suv temperaturasi 20°S ga teng bo'lsa, 10°S ga teng qilib olinadi, agar 25°S dan katta bo'lsa 50°S 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, podpyanik va podshipniklarni sovitishga 10 – 20 %, transformatorlarga 15% ini tashkil qiladi. Umumiy suv sarfi katta GESlarda 4 – 10 m^3/s gacha bo'lishi mumkin.

Sovitgichlarga beriladigan suv bosimi 0,03 – 0,08 MPa dan kam bo'lmasligi kerak.

3.5.4 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 m^3/min (atmosfera bosimida bo'lishi mumkin).

Nazorat savollari

1. GESning elektroenergetik jihozlariga nimalar kiradi?
2. Gidrogeneratorlarning turlarini aytib bering.
3. Gidrogeneratorlarning qanday parametrlari mavjud?
4. Osmo generatorlarni qabul qilish shartlarini aytib bering.
5. Generator qanday qismlardan iborat?
6. GESlarda transformatorlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
7. Transformatorning nominal quvvati nima?
8. Uzoq masofalarga energiya uzatilganda nima uchun liniyada kuchlanish yuqori bo'lishi kerak?
9. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulashning qanday sxemalari bor?
10. GESning yordamchi jihozlari va ularning vazifalarini aytib bering.

IV. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI

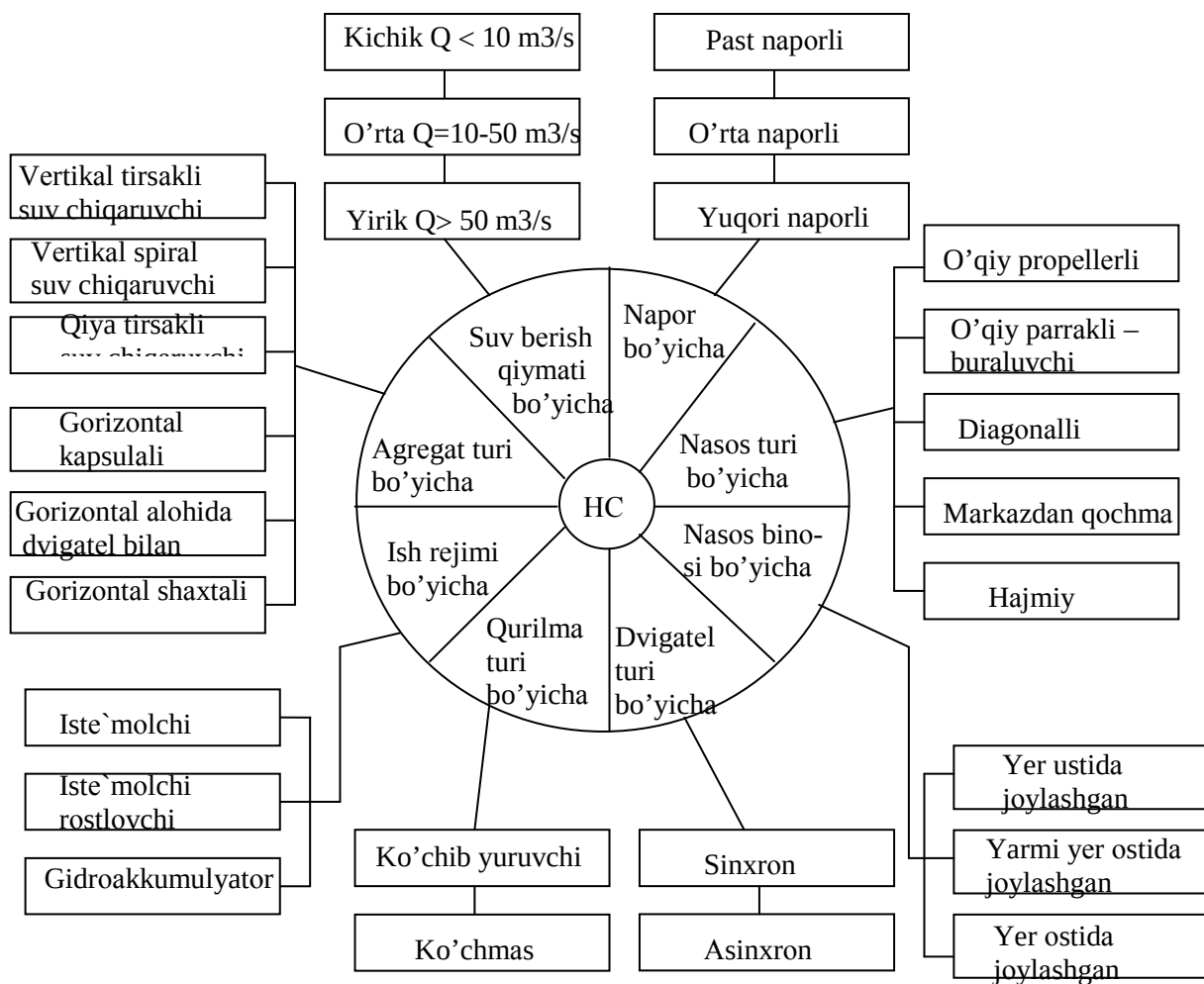
4.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari

Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlarining bir necha xil variantlari bor. Shulardan eng mukammal va to'liq holdagisini (4.1-rasm) prof. V.I.Vissarionov taklif qilgan [8].

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;

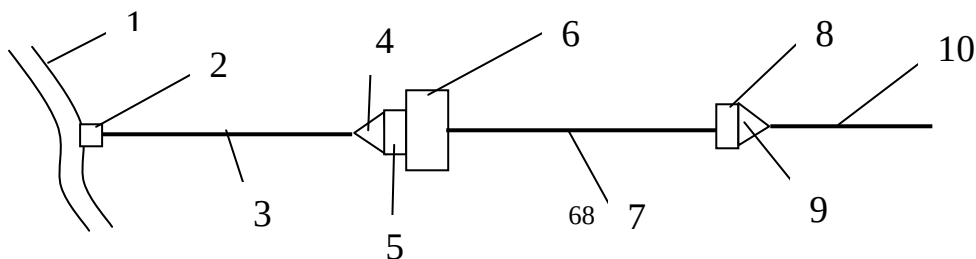


4.1-rasm. Nasos stansiyalarning sinfiy guruhhlari.

- NS qurilishida texnik echimlarni maksimal unifikasiyalashtirish;
- qurilishning navbatma-navbat tugallanishi, hali to'liq qurib bitilmagan inshootlardan foydalanish mumkinligi.

Nasos stansiyasi inshootlarining uning binosiga nisbatan joylanishi sxemalari quyidagilaridan iborat:

a) derivasiya kanalli NS sxemasi;

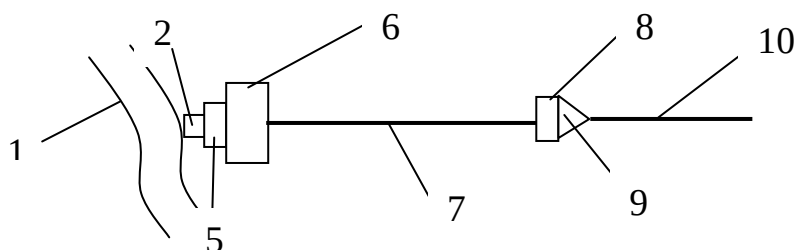


4.2-rasm. Derivasiya kanalli NS sxemasi:

1 – suv manbai; 2 – suv olish inshooti; 3 – suv keltirish derivasiya 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 rel'yefi sharoitlarida NS binosini iloji boricha sug'orish maydoniga yaqin joyga qurish maqsadida, (bosim quvurlari uzunligini kamaytirish uchun) qabul qilinadi.

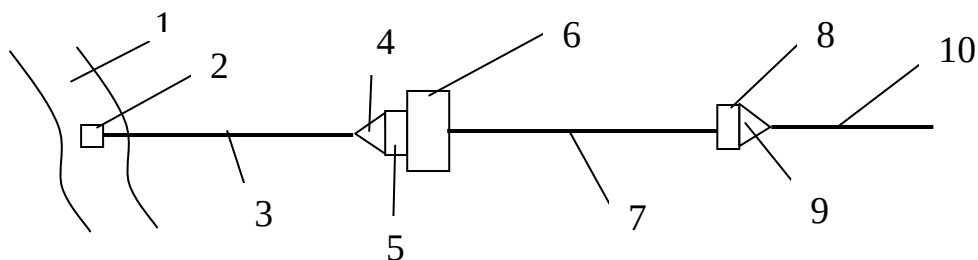
b) suv olish inshooti bilan birlashgan nasos stansiyasi sxemasi;



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.

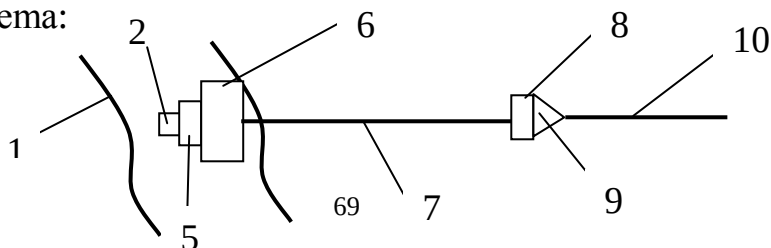
v) suv olish inshooti manba o'zanida joylashgan NS sxemasi:



4.4-rasm. Suv olish inshooti manba 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;

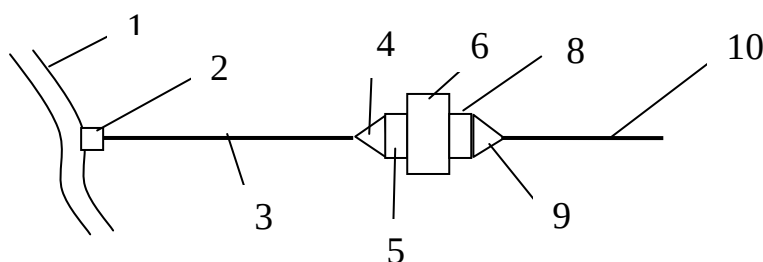
g) suv olish inshooti va NS binosi suv manbai uzanida joylashgan sxema:



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.

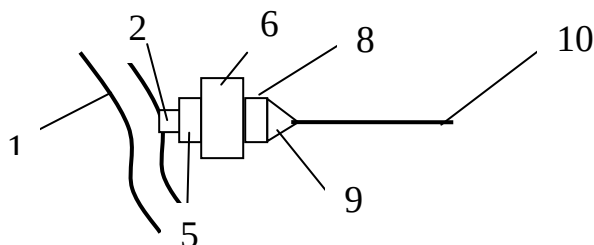
d) suv chiqarish inshooti bilan stansiya binosi birlashtirilgan sxema.



4.6-rasm. Suv chiqarish inshooti bilan stansiya binosining birgalikdagi sxemasi.

Bu sxema past naporli nasos stansiyalarga taalluqlidir.

e) 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 napori 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 , napori – N , m , quvvati – N , kVt va foydali ish koeffitsiyenti (FIK) - η_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 b'ye suv sathi bilan quyi b'ye suv sathlarining farqiga teng.

$$N^G = \nabla YUBSS - \nabla QBSS \quad (4.1)$$

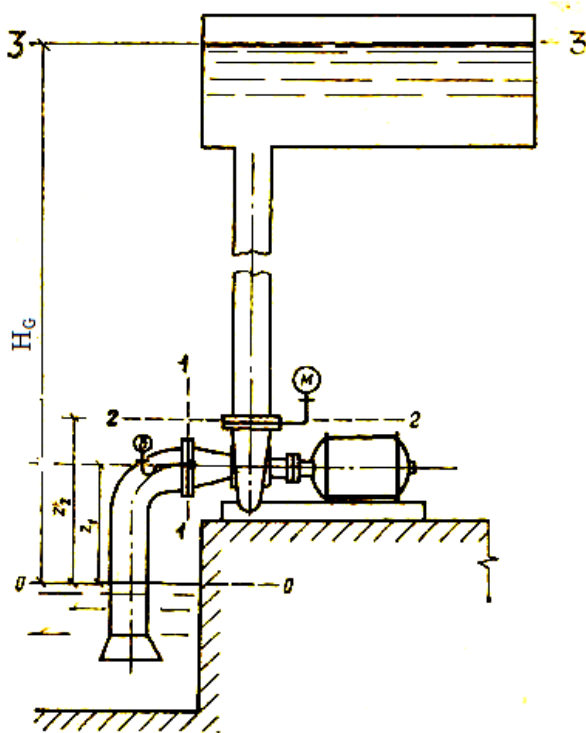
NS to'la nabori quyidagicha aniqlanadi:

$$N = E_{2-2} - E_{1-1} \quad (4.2)$$

E_{2-2} , E_{1-1} 2 – 2 va 1 – 1 kesimlardagi solishtirma energiyalar qiymati

$$E_{2-2} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + Z_2 \quad (4.3)$$

$$E_{1-1} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} + Z_1 \quad (4.4)$$



4.8-rasm. Nasos stansiyasining naborini aniqlash.

Nasos stansiyasi nabori nasos tomonidan suyuqlikning 1N og'irlik kuchi birligiga ta'sir qiluvchi energiyaning jouldagi qiymatini 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 b'ye'f suv yuzasi sathiga mos kelsa, 1 – 1 nasosning suv kirish qismining ko'ndalang kesimiga to'g'ri keladi).

$$\frac{P_{0-0}}{\rho g} + Z_{0-0} + \frac{\alpha \cdot g_{0-0}^2}{2g} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + Z_{1-1} + \frac{\alpha \cdot g_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (4.5)$$

Lekin rasmda ko'rsatilgandek, $\frac{P_{0-0}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g}$; $Z_{0-0} = 0$; $g_{0-0} \approx 0$; $Z_{1-1} = H_C$

Bunda $R_a/\rho g$ – atmosfera bosimiga mos keluvchi balandlik, m

N_s – so‘rish balandligi, m.

U holda (4.5) formula quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$\frac{P_{1-1}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} - H_c - \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} - \sum \Delta h_c \quad (4.6)$$

(4.6) asosida ta’kidlash mumkinki, 1 – 1 kesimda, ya’ni nasosning kirish qismidagi bosim quyi b’yef yuzasiga ta’sir qilayotgan atmosfera bosimidan kichik bo’lishi lozim. Aks holda $R_{1-1}/\rho g \leq 0$ bo’ladi, lekin bunday bo’lishi mumkin emas, chunki bu holda oqim yaxlitligi buziladi.

Demak, $\frac{P_a}{\rho g} \geq H_c + \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_c$ qoidasiga amal qilinishi lozim. Bunda

$R_a \approx 0,1 \text{ MP}_a$ qiymatiga ega bo’lganligi uchun

$$(N_s + \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_c) \leq 10 \text{ m} \quad \text{bo'lishi kerak.}$$

2 – 2 va 3 – 3 kesimlardagi energiya o’zgarishini ham Bernulli tenglamasi orqali ifodalaymiz.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} = \frac{P_{3-3}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{3-3}^2}{2g} + Z_{3-3} + \sum \Delta h_\delta \quad (4.7)$$

Bunda,

$$\frac{P_{3-3}}{2g} = \frac{P_a}{\rho g}; g_{3-3} = 0; Z_{3-3} = H^r$$

U holda 2 – 2 va 3 – 3 kesimlardagi energiya o’zgarishini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} = \frac{P_a}{\rho g} + H^r + \sum \Delta h_b \quad (4.8.)$$

Bunda $\sum \Delta h_b$ - bosim quvuridagi 2 – 2 va 3 – 3 kesimlar oralig’idagi napor yo’qolish qiymatlarining yig’indisi, N^G – bosim balandligi, m.

Nasosdan chiqarishdagi energiyani ifodalash uchun $R_{2-2}/\rho g$ qiymatini aniqlash lozim.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + H^r + \sum \Delta h_b - Z_{2-2} - \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} \quad (4.9)$$

(4.2), (4.3) va (4.4)da ko’rsatilgandek nasosning to’la nabori

$$H = E_{2-2} - E_{1-1} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{P_{1-1}}{\rho g} - \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} - H_c; \quad (4.10)$$

(4.10) bog'lanishga $R_{2-2}/\rho g$ va $R_{1-1}/\rho g$ ning (4.9) va (4.6) da topilgan qiymatlarni qo'yamiz.

$$\begin{aligned} H &= \frac{Pa}{\rho g} + H^r + \sum \Delta h_\delta - Z_{2-2} - \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + \frac{\alpha g_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{Pa}{\rho g} + H_c + \frac{\alpha g_{1-1}^2}{2g} + \\ &+ \sum \Delta h_c - \frac{\alpha g_{1-1}^2}{\rho g} - H_c = H^r + \sum \Delta h_\delta + \sum \Delta h_c; \end{aligned} \quad (4.11)$$

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.

$$N = N^G + \sum \Delta h_q \quad (4.12)$$

Shunday qilib, nasos stansiyasining to'la naporining uning geometrik napor bilan quvurlar tizimidagi napor yo'qolish qiymatlari yig'indisiga teng.

Yuqori va quyi b'yeftlarda suv sathlari tez-tez o'zgarib turganda geometrik naporning o'rta vazni qiymatlari $N_{ur.vaz}$ aniqlanadi. Bu ko'rsatkichdan elektr energiyasi sarfini hisoblashda foydalaniladi.

Bundan tashqari geometrik naporning minimal va maksimal qiymatlari ham mavjuddir. N_{min}^G qiymatidan nasoslarning o'rnatilish balandligini hisoblashda, N_{max}^G qiymatidan esa nasoslar suv berish unumdorligini aniqlashda foydalaniladi.

O'rtacha vaznli geometrik naporni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$H_{yp.6az}^r = \frac{\sum Q_i \cdot H_i^r \cdot t_i}{\sum Q_i \cdot t_i} \quad (4.13)$$

bunda Q_i va $N_i - t_i$ sug'orish davrlariga mos keluvchi suv berish unumdorligi va geometrik napor qiymati, m.

N_i^G – geometrik napor yuqori va pastki b'yeft suv sathlari farqi sifatida aniqlanadi.

$$N_i^G = \nabla YUBSS_i - \nabla PBSS_i \quad (4.14)$$

Pastki b'yeft 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 $N^G = \text{const}$.

Demak, bu holda $N_{ur.vaz} = \text{const}$.

Agar suv sathlari o'zgarishi amplitudasi 2 metrdan oshmasa, N^G qiymatini maksimal va minimal geometrik naporlarning o'rtacha qiymatiga teng qilib olish mumkin, ya'ni

$$H^G = \frac{H_{max}^r + H_{min}^r}{2} \quad (4.15)$$

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

$i = 0,003 \dots 0,004 \text{ m}$ 1 m uzunlikdagi quvur uchun, L_k – quvurlar uzunligi, km

NS ning quvvati uning suv berish unumdorligi va napori qiymatlariga bog'liq holda aniqlanadi. NSda foydali quvvat va iste'mol quvvatlari aniqlanadi.

$$N_{\text{foy}} = \rho g \cdot Q_{\text{NS}} \cdot N; \quad Vt \quad (4.17)$$

Nasos stansiyasining iste'mol quvvati yoki N_{NS} quyidagicha hisoblanadi.

$$N_{\text{NS}} = \frac{\rho g \cdot Q_{\text{HC}} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{\text{DB}} \cdot \eta_{\text{TAP}}}; \kappa Bm \quad (4.18)$$

Bunda η_N – nasos FIK.

η_{DV} – dvigatel' FIK

η_{TAR} – energiya taqsimlash tarmog'i FIK.

Toza suv uchun quvvat qiymatini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin.

$$N_{\text{NS}} = \frac{9,81 \cdot Q_{\text{HC}} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{\text{DB}} \cdot \eta_{\text{TAP}}}; \kappa Bm \quad (4.19)$$

NSning foydali ish koeffitsiyenti (4.18)da ko'rsatilgandek

$\eta_{\text{HC}} = \eta_H \cdot \eta_{\text{DB}} \cdot \eta_{\text{TAP}}$ bog'lanish bilan aniqlanadi.

4.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko'rsatkichlari

Quvurlarda suyuqlikning bosimli xarakatini amalga oshirishga mo'ljallangan gidravlik mashinalar *nasoslar* deyiladi. Nasos dvigateldan mexanikaviy energiya olib, uni suyuqlikning xarakatlanayotgan oqimi energiyasiga aylantiradi.

Nasoslar xalq xo'jaligining barcha sohalarida: mashinasozlikda, metallurgiyada, ximiya 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 xarakatlanadi.

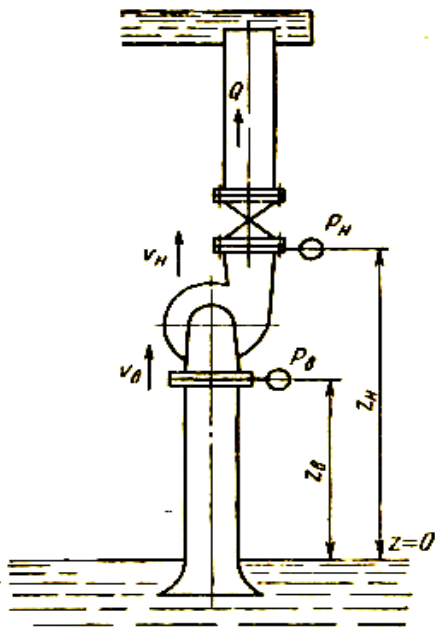
Hajmiy nasoslarda suyuqlik nasosning kirish va chiqish qismlari bilan navbatma-navbat tutashadigan hajmi o'zgaruvchi kamerada xarakatlanadi.

Dinamik nasoslarni parrakli, inersiya va ishqalanish nasoslariga bo'lish mumkin.

Parrakli nasoslarda suyuqlik xarakati 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 xarakatlanadi.

O'qiy nasoslarda suyuqlik ishchi g'ildirak o'qi bo'ylab unga parallel ravishda xarakatlanadi.



4.9-rasm. Nasos naporini aniqlash sxemasi.

Ishqalanish va inersiya nasoslarida suyuqlik ishqalanish va inersiya kuchlari hisobiga xarakatlanadi. Bu guruhga uyurmaviy, labirint, oqimli, gidravlik taran nasoslari va boshqalar kiradi.

Hajmiy nasoslarni ham ikkiga bo'lish mumkin: rotorli va olga-orqaga xarakatlanuvchi nasoslar.

Rotorli nasoslarda ishchi organ aylanma holda xarakatlanadi. Bu nasoslarga tishli uzatmali, vintli, shnekli va boshqa nasoslar kiradi.

Olga-orqaga xarakatlanuvchi nasoslarga porshenli, plunjerli va diafragmal nasoslar kiradi.

Nasosning asosiy ko'rsatkichlari. Nasosning asosiy ko'rsatkichlariga uning ish unumdorligi (suv berish qobiliyati) Q , nabori N , so'rish balandligi $h_{so'r}$, quvvati N va foydali ish koeffisiyenti (FIK) η kiradi.

Nasosning vaqt birligi ichida uzagib 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.

$$H = E_H - E_B = \frac{P_H - P_B}{\rho \cdot g} + \frac{g_H^2 - g_B^2}{2 \cdot g} + (Z_H - Z_B) \quad (4.20)$$

bunda, R_N va R_V – nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi bosim qiymatlari, Pa (N/m^2); g_H va g_B - oqimning nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi o'rtacha tezlik qiymatlari, m/s; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; Z_H , Z_B – quyi b'eyfdagi 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:

$$N = M_H - V_B + (g_H^2 - g_B^2)/2g \quad (4.21)$$

bunda, M_H , V_B – manometr va vakuumetr ko'rsatkichlari, m. Agar manometr va vakuumetr ko'rsatkichlari kgs/sm^2 da berilgan bo'lsa, unda ularni Pa ga aylantirish uchun 98066,5 ga ko'paytirish kerak.

So'rish balandligi. Quyi b'eyfdan nasosning o'qigacha bo'lgan masofa nasosning geometrik so'rish balandligi deyiladi.

$$N_{so'r}^G = \nabla O'N - \nabla QBSS, m. \quad (4.22)$$

Bunda, $\nabla O'N$ – nasos o'qi sathi, m; $\nabla QBSS$ – quyi b'eyf suv sathi, m.

Nasosning vakuumetrik so'rish balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{so'r}^V = N_{so'r}^G + \sum \Delta h_{so'r}, m. \quad (4.23)$$

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:

$$N_{ist} = \rho g Q \cdot H / \eta_n, Vt. \quad (4.25)$$

Bunda, Q , H – nasosning ish unumdorligi va napori, η_n – nasos FIK.

Nasosning foydali ish koeffisienti. Bu qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_n = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (4.26)$$

η_g - nasosda gidravlik napor yo'qolish qiymatlarini hisobga oladigan gidravlik FIK.

η_m - ishchi g'ildirakning aylanish qismlaridagi mexanik qarshilikni hisobga oluvchi mexanik FIK.

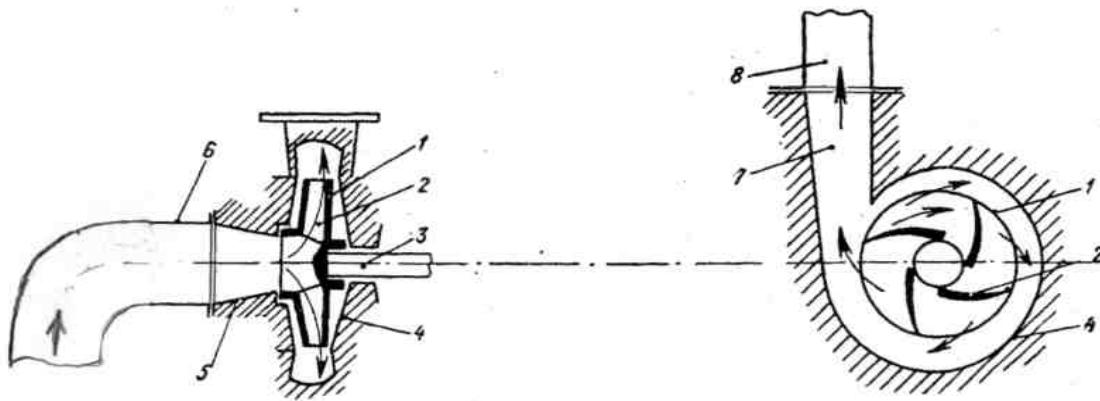
η_x - suvning nasosning ba'zi qismlaridan suzib chiqib ketishini hisobga oluvchi hajmiy FIK.

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).



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.

Shundan keyin dvigatel ishga tushiriladi va u ishchi g'ildiragi 1 ni aylantiradi. Suyuqlik g'ildirak bilan birga aylanib, markazdan kochuvchi 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 b'ye'f 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 chikarib tashlanadi. Shunday kilib 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.

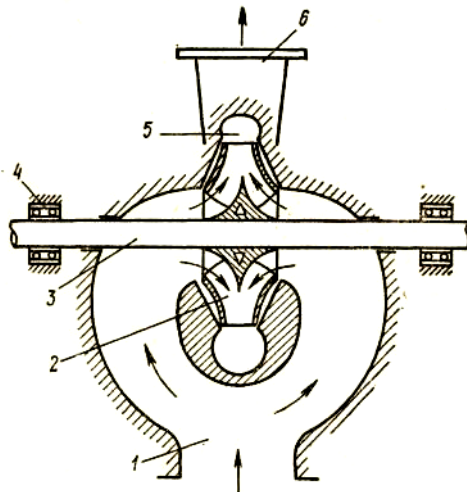
Markazdan qochma nasoslarning quyidagi turlari mavjud:

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 (4.10-rasm).

4. Hosil qilinadigan bosimga ko'ra: *past bosimli* (20 metrgacha), *o'rta bosimli* (20—60 m) va *yuqori bosimli* (60 m dan yuqori) nasoslar.



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.

Bir bosqichli nasoslarning nabori 120 metrgacha, ish unumdorligi 15 m³/s gacha borib yetadi. Ko'p bosqichli markazdan qochma nasoslarning nabori 2000 metrgacha, ish unumdorligi 100 l/s gacha etadi.

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, m³/soat, 90 – nabori, 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, m³/s, 21 – nabori, m.

3. Vertikal markazdan qochma nasoslar, masalan, 2400V – 25/40, bunda 2400 - nasosning kirish qismi diametri, mm, V –vertikal, 25 – ish unumdorligi, m³/s, 40 – nabori, m.

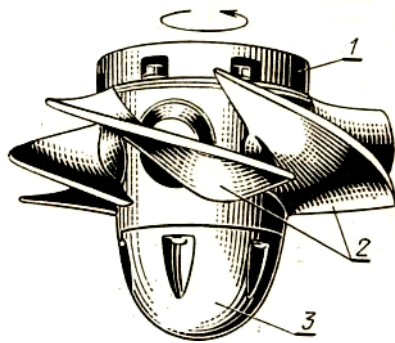
4.4.2. O'qiy nasoslar

O'qiy nasoslar 0,072 – 40,5 m³/ s suv berish qobiliyatiga ega bo'lib, 2,5 – 26 metr napor qiymatlariga ega. Bu nasoslarning ishchi g'ildiragi propellerlarni 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. Rasm da o'qiy nasos sxemasi beril-gan. Ishchi g'ildirakdan 1 chiqayotgan suv oqimi bir oz aylanma xarakatga 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:

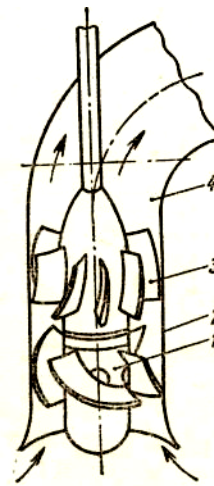
1. Masalan, OPV10 – 260, bunda O – osevoy (o'qiy), P – parraklari buriluvchi, V – vertikal, 10 – modifikasiya nomeri, 260 – ishchi g'ildirak diametri, sm.

2. A50GO – 0,5/10, bunda A – agregat, 50 – bosim quvuri diametri, sm, G – gorizontal, O – maxsus (osobiy), 0,5 – ish unumdorligi, m³/s, 10 – nabori, m



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.

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

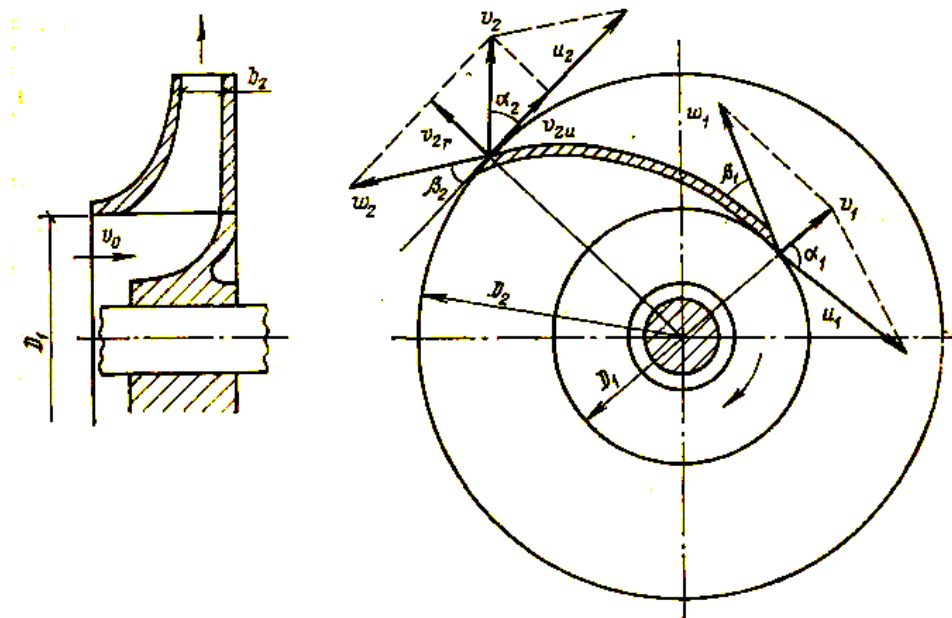
Bu xarakteristik gidroturbinalardagi oqim xarakteristikaga o'xshash bo'ladi (3.3.1). Suyuqlik ishchi g'ildirakka aksial yo'nalishda, ya'ni o'q bo'ylab tezlik bilan beriladi. Ishchi g'ildirakda oqimning yo'nalishi radial holatga, ya'ni uning o'qiga perpendikulyar yo'nalishga o'zgaradi (4.14-rasm). Parraklar orasiga tezlik bilan kirgan suyuqlik va undan tezlik bilan chiqib ketadi. Suyuqlik ishchi g'ildirakda bir tomondan u bilan birgalikda aylanma xarakteristikda ishtirok etadi, ikkinchi tomondan markazdan qochma kuchlar ta'sirida parrakka nisbatan ω tezlik bilan xarakteristiklanadi. Nisbiy xarakteristik berilgan nuqtada parrak yuzasiga, aylanma xarakteristik esa g'ildirak aylanmasiga urinma yo'nalishiga ega bo'ladi. Matematik umumlashtirishni soddalashtirish uchun suyuqlik xarakteristikni 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 α aylanma va mutloq tezliklar orasidagi burchakni, β 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 xarakatning 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 xarakati.

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, ψ - 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 xarakati 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.

$$u_1 = u_2 = \pi \cdot D_1 \cdot n / 60 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60, \text{ chunki } D_1 = D_2$$

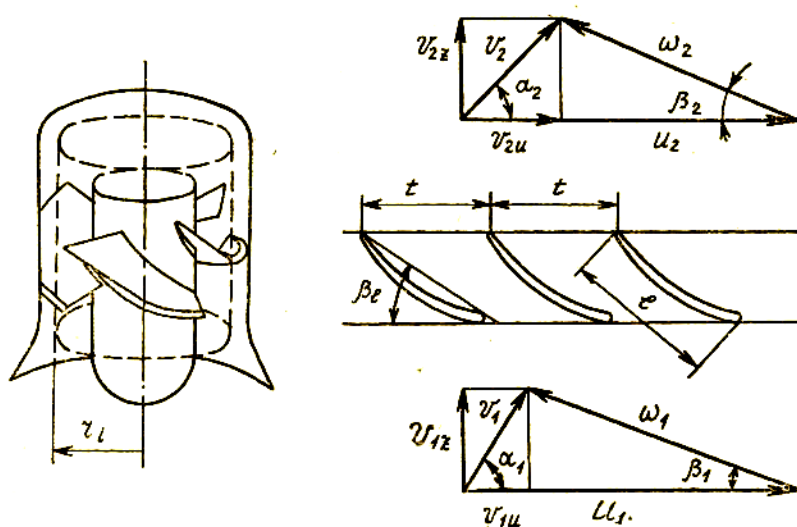
Mutloq tezlik vektorining vertikal tekislikka (o'q yo'nalishiga) proyeksiyasi o'qiy tezlik deb ataladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$\mathcal{G}_z = \mathcal{G} \sin \alpha = \omega \cdot \sin \beta$, bu qiymat ishchi g'ildirakka kirishda ham chiqishda ham bir xil qiymatga ega bo'ladi, ya'ni $\mathcal{G}_{z1} = \mathcal{G}_{z2}$. O'qiy tezlik qiymati geometrik o'lchamlar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$\mathcal{G}_z = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d_{BT}^2)} \quad (4.33)$$

bunda D – ishchi g'ildirak diametri, d_{VT} – 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 $R_1 / \rho g$ bosimni undan chiqishdagi $R_2 / \rho g$ 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 ω_1 parraklar

orasidagi ko'pdalang kesim yuzasining oshishi hisobiga ω_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 N_r – nasosda potensial energiyaning o'zgarishi hisobiga yuzaga kelgan napor.

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 - ishchi g'ildirakka kirishdagi oqim tezligi.

Xuddi shuningdek,
$$\frac{p_2}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + h_u - \frac{g_2^2}{2g} \quad (4.36)$$

Olingan natijalarni (4.34) ga qo'yib, nasosning to'liq nazariy naporini N_T deb belgilab hamda $\rho g = \gamma$ ekanligini hisobga olib quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} = H_p = \frac{p_a}{\gamma} + h_u - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_a}{\gamma} + \left(h_b + \frac{v_1^2}{2g} \right),$$

$$H_p = \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} = h_u + h_b - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g},$$

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} = h_u + h_b - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g},$$

$$h_u + h_b = H_T$$

$$H_T = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},$$

$$H_T = H_p + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}. \quad (4.37)$$

Bu tenglama markazdan qochma nasosning asosiy tenglamasi deyiladi va u nasosdagi kinetik energiyaning o'zgarishini ko'rsatadi.

(4.37) tenglamani ω_1 va ω_2 larni kosinuslar teoremasi $\omega^2 = u^2 + g^2 - 2 u \cdot g \cos \alpha$

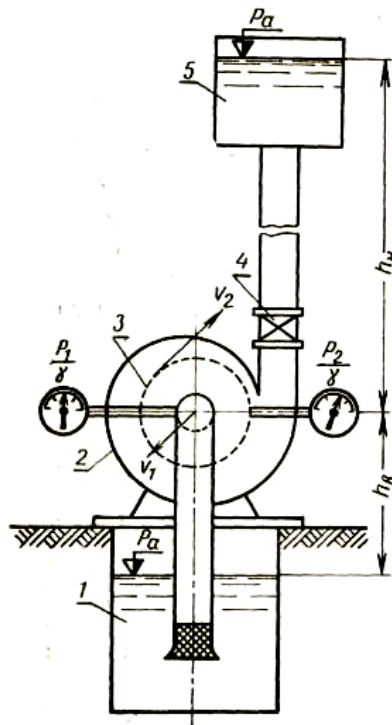
(4.38) bo'yicha ekanligini hisobga olib quyidagi holga keltiramiz.

$$H_T = \frac{g_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2 - g_1 u_1 \cdot \cos \alpha_1}{g} \quad (4.38)$$

Bu tenglama L. Eyler tenglamasi deb ataladi. Agar suyuqlik ishchi g'ildirakka radial

holda kirsam yoki $\alpha_1 = 90^\circ$ bo'lsa (4.38) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$H_T = \frac{g_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_{2u} u_2}{g} \quad (4.39)$$



4.16-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:

1 – suv olish inshooti; 2 – markazdan qochma nasos; 3 – ishchi g'ildirak; 4 – qulfak; 5 – bosimli rezervuar.

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. Gidroenergetik 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:

$$\frac{n^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{D_1^1} \sqrt{\frac{H^1}{H^{11}}}; \quad \frac{Q^1}{Q^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^3 \cdot \frac{n^1}{n^{11}};$$

$$\frac{N^1}{N^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^5 \cdot \left(\frac{n^1}{n^{11}} \right)^3; \quad \frac{H^1}{H^{11}} = \left(\frac{n^1}{n^{11}} \right)^2 \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \quad (4.40)$$

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 kavitasiya xodisasi va ularning chegaralangan so'rish balandligini aniqlash

Suyuqlik oqimida ko'p sonli havo pufakchalarining paydo bo'lishi natijasida oqim tizimining, butunligining o'zgarishi kavitasiya 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'rish 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 qilishadi. Pufakchalar va kavernalar suyuqlik bilan oqib ishchi g'ildirak kirish qismiga yetib kelishganda, oqimning bosimi pufakchalar ichki bosimidan oshib ketadi va natijada ular bir zumda yo'q bo'lib, havo, gazlar kondensasiyalanadi. 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. Kavitasiya hodisasi ro'y berganda nasosning barcha ko'rsatkichlari keskin pasayib ketadi, shovqin, titrash alomatlar paydo bo'ladi. Bunday holda nasosni zudlik bilan to'xtatish zarur.

Nasosning bir me'yorda, kavitasiasiz ishlashi uchun suyuqlik bosimi pufakchalar ichki bosimidan katta bo'lishi kerak. Kavitasiya eng ko'p ro'y beradigan joy ishchi g'ildirakning kirish qismi hisoblanadi. Shu sababli ushbu joyda kavitasiyaning ro'y berishi sharoitini tahlil qilamiz, buning aynan shu kesimdagi bosimni Bernulli tenglamasi orqali aniqlaymiz (4.17-rasm).

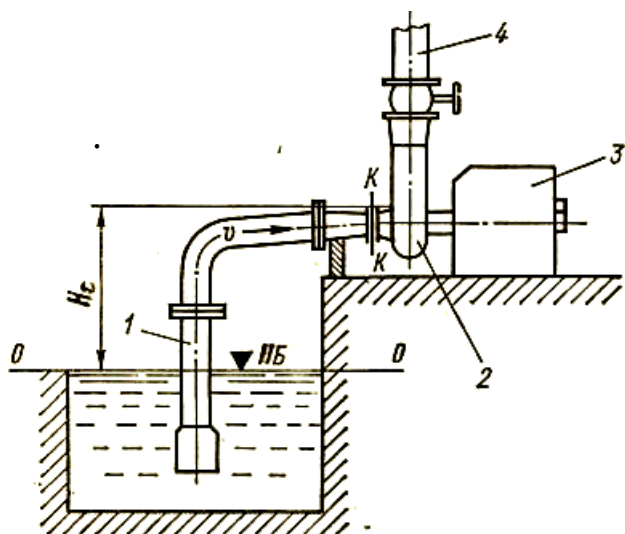
$$\frac{p_n}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} - H_c - \frac{\alpha_n v_n^2}{2g} - \sum \Delta h_c \quad (4.41)$$

bunda, N_s – nasosning geometrik so'rish balandligi; r_n – nasosning k – k kesimidagi bosimi; r_a – pastki b'ye'dagi atmosfera bosimi; $\sum \Delta h_c$ – so'rish quvuridagi napor yo'qolish

qiymati; $\mathcal{G}_h$ - ishchi g'ildirakka kirishdagi oqim tezligi.

Tenglamada 0 – 0 kesimdagi oqim tezligini nolga teng deb qabul qilamiz.

Kavitasiya hodisasi ro'y bermasligi uchun $k - k$ kesimda suyuqlik solishtirma energiyasi pufakchalarning ichki solishtirma energiyasidan katta bo'lishi kerak.



4.17-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:

- 1 – so'rish quvuri; 2 – nasos;
- 3 – dvigatel; 5 – bosim quvuri

$$\Delta h_k = \mathcal{E}_h - \mathcal{E}_n = \left(\frac{p_h}{\rho g} + \frac{\alpha_h \mathcal{G}_h^2}{2g} \right) - \frac{p_n}{\rho g} \quad (4.42)$$

bunda, ortiqcha energiya Δh_k – kavitasiya zahirasi deyiladi va bu qiymat nasosning turi va konstruksiyasiga bog'liq bo'lib, nasos ish rejimi o'zgarganda o'zgaradi. Δh_k qiymatlari laboratoriya sinovlari asosida aniqlanadi. Ishonchli kavitasiyasiz rejimni ta'minlash uchun Δh_k qiymati o'qiy nasoslar uchun $k = 1,15$, markazdan qochma nasoslar uchun $k = 1,2 - 1,4$ koeffitsiyentga ko'paytiriladi; r_p – pufakchalar ichki bosimi; E_n – $k - k$ kesimdagi suyuqlik solishtirma energiyasi; E_p – shu kesimdagi pufakchalar ichki solishtirma energiyasi.

Chegaralangan so'rish balandligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$H_c = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P}{\rho g} - k \cdot \Delta h_k - \sum \Delta h_c \quad (4.43)$$

Amaliy hisob-kitoblarda [8] tavsiyasiga ko'ra chegaralangan so'rish balandligi quyidagiga teng:

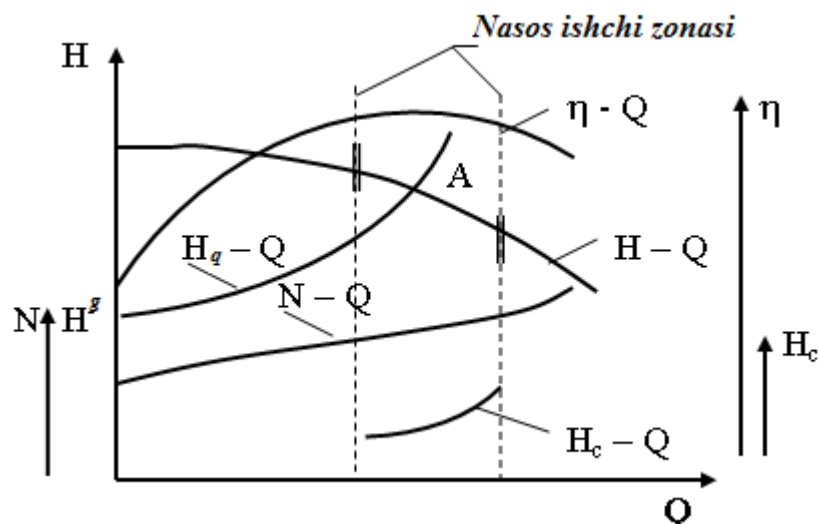
$$H_c = 10 - \frac{\nabla \Pi B}{900} - k \cdot \Delta h_k - \sum \Delta h_c \quad (4.44)$$

4.4.7. Nasoslarning xarakteristikalar

Nasosning asosiy ko'rsatkichlari N , N , η va N_s qiymatlarining uning ish unumdorligi Q qiymatlariga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziqli grafiklar *nasos xarakteristikalar* deb ataladi.

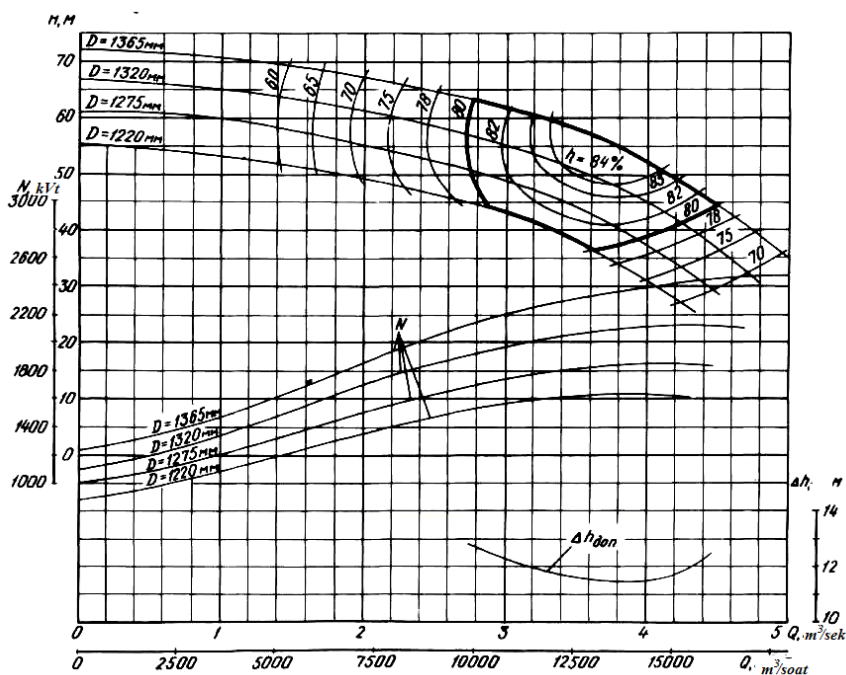
Nasos xarakteristikalarini tajriba o'lchovlari yordamida aniqlanadi. Xarakteristikalar yordamida nasos ish unumdorligining barcha qiymatlarida uning boshqa parametrlari qanday o'zgarishini oldindan bilish mumkin, bu esa nasos ish rejimini rejalashtirish imkonini beradi. Qo'yilayotgan talablar asosida nasoslarni tanlash ham ularning xarakteristikalarini asosida amalga oshiriladi.

Nasos xarakteristikalarini ikki turga bo'lish mumkin: ishchi xarakteristikalar va universal xarakteristikalar. Ishchi xarakteristikalar nasos ish rejimining muayyan bir holatini o'z ichiga oladi (4.18-rasm).



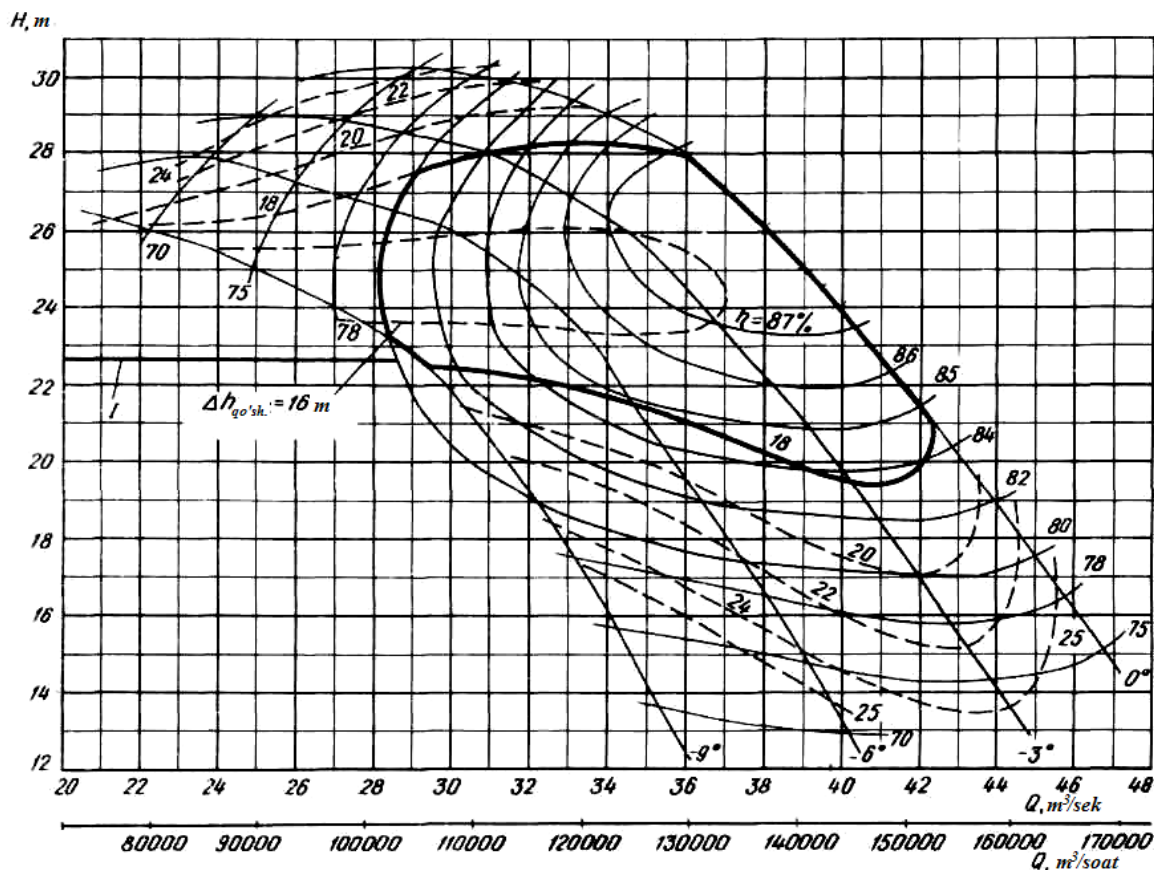
4.18-rasm. Markazdan qochma nasosning ishchi xarakteristikasi.

Bu xarakteristikalar nasos ishchi g'ildiragi va vali aylanishlar sonining o'zgarmas qiymatlarida 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 qiymatlaridagi grafiklarni aks ettirishi mumkin (4.19-rasm).



4.19-rasm. Vertikal markazdan qochma 1000V – 4/53 markali nasosning universal xarakteristikasi (Δh_{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).



4.20-rasm. OPV10 – 260 vertikal o'qiy nasos universal xarakteristikasi ($\Delta h_{qo'sh.}$ – kavitatsiya zaxirasi chizig'i).

Xarakteristikalarda nasos uchun qulay bo'lgan optimal ish zonalari ajratib ko'rsatiladi (yuqoridagi xarakteristikalarda qalin chiziq bilan ko'rsatilgan), bu zonalar nasos yuqori FIK qiymatlariga 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 $H_q - Q$ $H_q = N^g + \sum \Delta h_q$ 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^g 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 koeffisienti. Formuladan ko'rinib turibdiki, $H_q - Q$ grafigi o'suvchi grafik, chunki Q ning qiymatlari oshishi bilan $\sum \Delta h_q$ qiymatlari ham oshib boradi.

Nasos ishchi nuqtasi $\eta - Q$ grafigidagi eng yuqori chuqqiga mos kelsa bunday nuqta *optimal ishchi nuqta* deb ataladi.

Nazorat savollari

1. Ishchi g'ildirakning oqim xarakatiga 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 modellashtirishning asosiy maqsadi nima?
5. Modellashtirishning asosiy mezonlarini aytib bering.
6. Ishchi g'ildirak diametri qisqartirilganda uning parametrlari o'zgarishi qanday

aniqlanadi?

7. Nasoslarda kavitasiya qanday yuzaga keladi?
8. Nasoslarning chegaralangan so'rish balandligi qanday aniqlanadi?
9. Nasoslarning xarakteristikalari deb nimalarga aytiladi?
10. Nasos ishchi nuqtasi qanday topiladi?

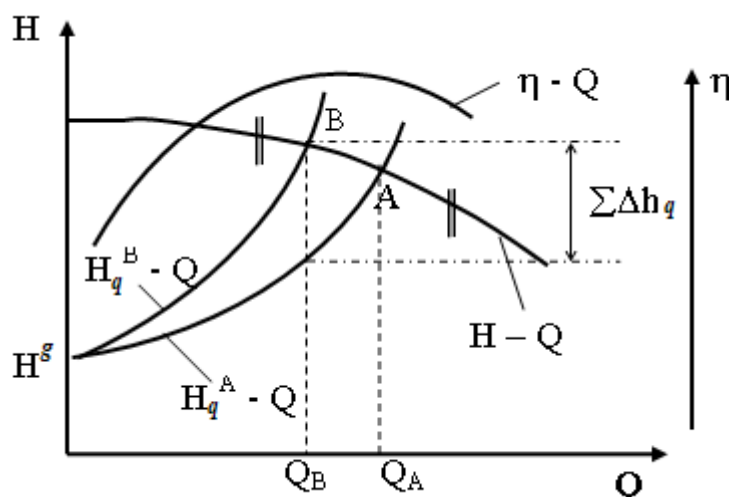
4.4.8. Nasos ish rejimini rostlash usullari

Nasosning napor 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 kupayadi 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.

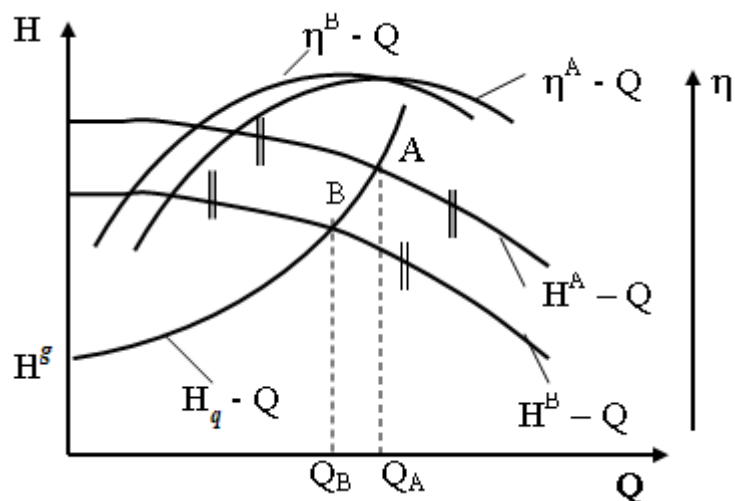


4.21-rasm. Nasosning ish rejimini drossellash usuli bilan rastlash grafigi.

Nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostlash. Bu usul energiya sarfi jihatidan eng tejamli 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 $N^V - Q$, FIK xarakteristikasi $\eta^A - Q$ dan $\eta^V - Q$ 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 $N^V - Q$ 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 elektrodvigateldan foydalanish, gidravlik, elektromagnit sirg'anuvchi muftalarni qo'llash, fazali rotorning zanjiriga qarshilik kiritish (reostat), dvigatel zanjiriga berayotgan kuchlanishning chastotasini o'zgartirish.



4.22-rasm. Nasosning ish rejimini nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostlash grafigi.

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.

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 rostlash uchun buriluvchi parraklardan foydalaniladi. Parraklarning burilish burchaklariga mos keluvchi napor xarakteristikalari 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.

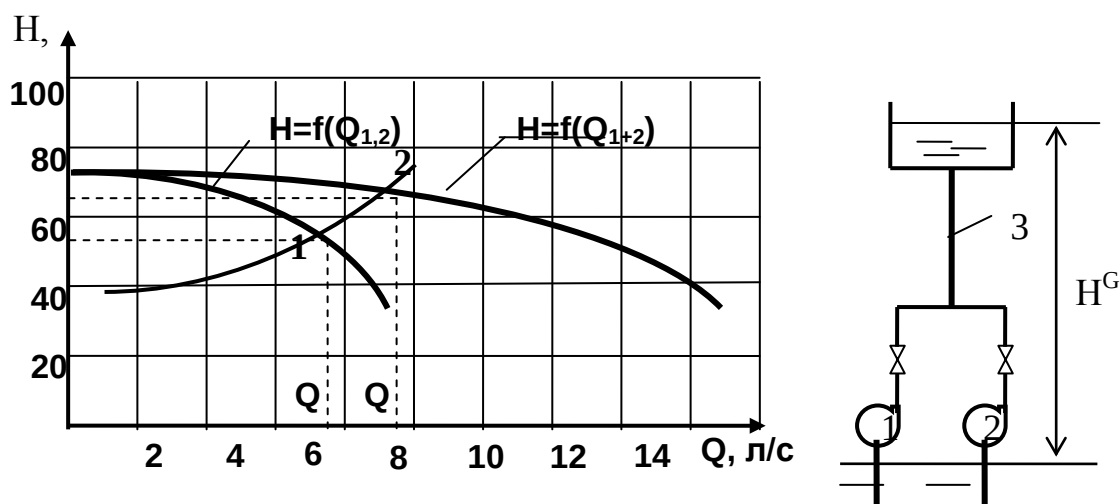
Nasoslarning parallel ishi. Agar bir nechta nasos bir vaqtda umumiy bosim quvuriga suyuqlik haydab bersa, ularning bunday ishi *parallel ish* deb ataladi. Nasoslarni parallel ulashdan asosiy maqsad bosim quvuriga sarf bo'ladigan xarajatlarni kamaytirishdir, chunki umumiy bosim quvuri qurilishiga sarf 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;
- v) bitta bosim quvuriga uchtdan 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 $Q_{um} = 2 Q_{1,2}$ 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 xar 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.

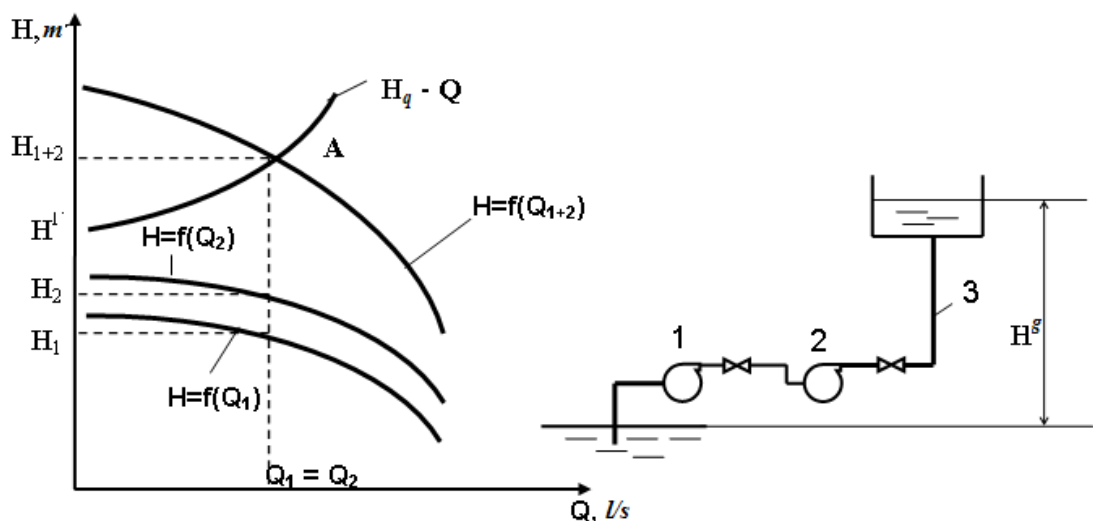


4.23-rasm. Nasoslarning parallel ishlashi grafigi va sxemasi (sxemada – 1, 2 – nasoslar, 3 – umumiy bosim quvuri).

Nasoslarning ketma-ket ishi. Birinchi nasos manbadan olingan suyuqlikni ikkinchi nasosning so'rish quvuriga yetkazib bersa, ikkinchi nasos uchinchi nasos so'rish quvuriga va xokazo, 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 naporini 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 N^G ikkala nasosning ham naporidan (N_1, N_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 $N_{1+2} = N_1 + N_2$. Q ning qolgan qiymatlari uchun ham xuddi shuningdek N_{1+2} ning boshqa qiymatlari topilib, olingan nuqtalar egri chiziqli bilan birlashtiriladi va umumiy napor xarakteristikasi quriladi $H=f(Q_{1+2})$. Ushbu xarakteristikaning quvurlar tizimi xarakteristikasi $N_q - Q$ 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

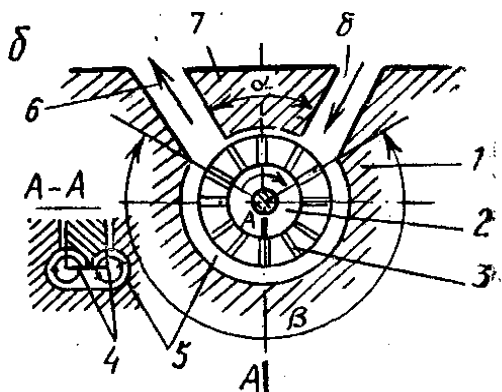
4.25-rasmda uyurmaviy nasosning sxemasi ko'rsatilgan. Qo'zg'almas korpus 1 ning ichida ish g'ildiragi 2 joylashgan, uning gardishida ikki qator kalta radial parraklari 3 bor. G'ildirakning ikkala tomonida joylashgan bu ikki qushni parraklar bir-biri bilan bo'shliqlar 4 hosil qiladi. G'ildirak 2 bilan 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 xarakat yuzaga keladi, shu sababli nasos shunday nom olgan. Bunda suyuqlik zarrachalari vintsimon xarakatda 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'prikcha; 8 – so'rish quvuri;

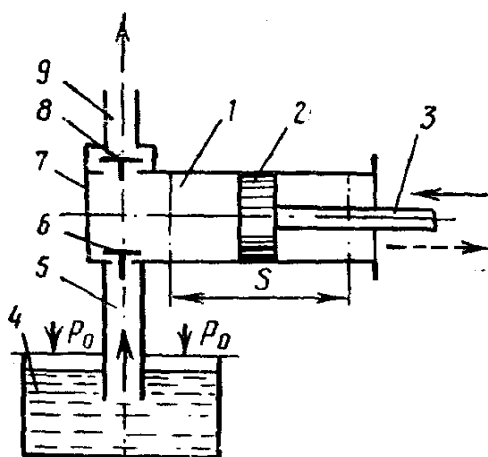
Bu nasosning kamchiliklari sifatida FIK ning pastligi (0,25 – 0,5) va loyqa, qumli suyuqliklarni haydab berishda tezda ishdan chiqishini ko'rsatsa bo'ladi.

Uyurmaviy nasoslar 1 – 40 m³/soat ish unumdorligiga, 15 – 90 metr napor qiymatlariga ega bo'lishi mumkin.

4.5.2. Porshenli nasoslar

Porshenli nasoslar bilan xar qanday qovushqoqlikdagi suyuqliklarni xaydash mumkin. Porshenli nasoslardan oz miqdordagi suyuqliklarni yuqori bosimda xaydashda 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 xarakat 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` yulining 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 xarakatlanadi: Nasos porsheni so'rish jarayonida o'ngga (orqaga) tomon xarakat 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

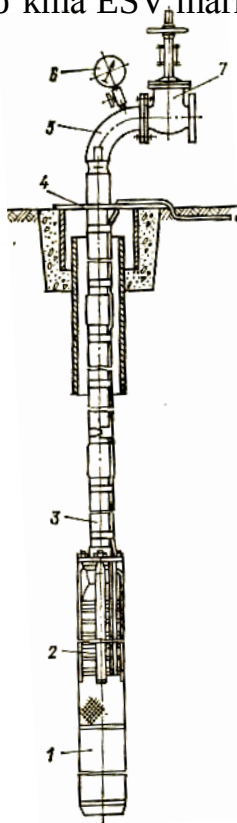
suyuqlik rezervuardan so'rish quvuri bo'ylab silindrga ko'tariladi va so'rish klapanini ochib nasosning ishchi kamerasini to'ldiradi.

Porshenning o'ngdan chapga (olga) tomon teskari xarakatida kamerada bosim keskin oshib ketadi, bu esa so'rish klapanining yopilishiga va haydash klapanining ochilishiga olib keladi. Natijada ishchi kameradagi suyuqlik xaydash 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. Qudug nasoslari

Quduglardan suyuqlik ko'tarishga mo'ljallangan nasoslarning eng ko'p tarqalgani cho'kma ESV markali nasoslardir (4.27-rasm).



4.27-rasm. ESV markali quduq nasos sxemasi:

1 – elektrodvigatel; 2 – nasos; 3 – bosim quvuri; 4 – tayanch plitasi; 5 – tirsak; 6 – manometr; 7 – qulfak.

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 qismiga joylashtiriladi. Aksariyat hollarda elektrodvigatel cho'lg'ami mahkam suv o'tkazmaydigan polietilen izolyasiyada 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 (sentrobejniy), V – suvga mo'ljallangan (vodyanoy), 12 – quduqning 25 marta kichraytirilgan diametri, mm, 255 – ish unumdorligi, m^3/soat , 30 – napori, m.

Nazorat savollari

1. Nasos ish rejimini rostlashning qanday usullari bor?
2. Nima uchun drossellash usuli tejamsiz hisoblanadi?
3. Quvurlar tizimi napor 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 elektrodvigatellar 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:

$$Q_i = \frac{\omega \cdot q_{ki}}{100\eta_c}; \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.45)$$

Bunda ω - sug'orish maydoni (netto), ga

q_{ki} - ixchamlashtirib keltirilgan gidromodul, l/sek, ga

η_c - sug'orish sistemi 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'irlatib 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.

$$Q_i = q_m \cdot n, \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.46)$$

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'rsatkichlariga 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 berish mumkin.

Bunda $Q_n \approx 1/2 Q_{\min}$ yoki $n_1 Q_n^I + n_2 Q_n^{II} = Q_{HC}$

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 o'rnatiladi. Bu nasoslarning vazifasi ishdan chiqqan asosiy nasoslarni almashtirish, vegetasiya davrida ba'zan yuzaga keladigan oshirilgan suv sarflari qiymatlarini ta'minlashdan iboratdir.

Sug'orish sistemasidagi nasos stansiyalar uchun zaxira nasoslari soni har 1...8 ta nasos uchun 1 ta, ba'zi ichimlik va texnik suv ta'minoti 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 yo'li bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir.

Nasoslarning ekspluatasiya davrida buzilmasdan ishlashi muhim ahamiyatga egaligi, hamda ularning yirik energiya iste'molchilari ekanligi nasoslarni tanlashda aniqlovchi faktorlar hisoblanadi. Shu sababdan tanlanadigan nasoslar mustahkam ekspluatasiya ko'rsatkichlariga ega bo'lishi va energiyani mumkin qadar kam iste'mol qilishi lozim.

Shunday nasoslar markasi texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadi. Bu hisoblarda taqqoslanayotgan nasoslarni o'rnatish, quvurlarni, elektr jihozlarni joylashtirish stansiya binosini qurishga sarf bo'ladigan kapital harajatlar va yillik ekspluatasiya harajatlari yig'indisining keltirilgan qiymatlari ko'rib chiqiladi.

Bu qiymatlar minimumi bo'yicha eng iqtisodiy qulay variant aniqlanadi.

Nasoslar markasi maxsus yig'ma grafiklar yordamida hisoblangan ko'rsatkichlar N va Q_N bo'yicha topiladi. N va Q_N qiymatlari albatta nasoslar ishchi zonasiga to'g'ri kelishi va yuqori foydali ish ko'effitsiyentiga ega bo'lishi lozim.

4.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel` tanlash

Nasoslarni harakatga keltirish uchun ba'zi hollarda ichki yonuv dvigatellari qo'llansada, o'zining ixchamligi, ishonchliligi va iqtisodiy jihatdan qulayligi tufayli elektr dvigatellari deyarli barcha nasos stansiyalarda foydalaniladi. Ba'zi bir yirik nasos agregatlardan tashqari, barcha nasoslar elektrodvigatel bilan birgalikda ishlab chiqariladi.

Agar birgalikda chiqarilgan nasoslar o'rnatish talablariga javob bermasa yoki nasos ko'rsatkichlarni bir oz o'zgartirishga to'g'ri kelsa, yangi elektrodvigatel tanlanadi. Yangi elektrodvigatel` aylanishlar soni nasos aylanishlar soniga to'g'ri kelishi zarur. Uning quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_{dv} = N_H \cdot K_3, \quad \text{kVt} \quad (4.48)$$

N_N – nasos quvvati, kVt

K_3 – qo'shimcha quvvat uchun ko'effitsiyenti, $K_3 = 1,05...1,15$

Elektrodvigatellarni tanlashda quyidagi tavsiyalarga e'tibor qilish kerak:

- quvvati 200 kVt gacha bo'lgan nasoslar uchun past vol'tli asinxron elektrodvigatellar tanlash kerak;
- quvvati 250 kVt dan oshgan nasoslar uchun yuqori vol'tli elektrodvigatellar tanlash zarur;
- quvvati 400 kVt dan oshgan nasoslar uchun sinxron elektrodvigatellar qo'llash kerak;
- kataloglarda elektrodvigatellar quvvati 35°C harorat uchun beriladi, agar havo temperaturasi 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} – elektrodvigatelning katalogda berilgan quvvati, kVt

$K_T = 0,95/0,95$ $t = 40^{\circ}\text{S}$ bo'lsa,

$K_T = 0,90/0,875$ $t = 45^{\circ}\text{S}$ bo'lsa,

$K_T = 0,85/0,75$ $t = 50^{\circ}\text{C}$ bo'lsa.

K_T ning maxrajda berilgan qiymatlari sinxron elektrodvigatellar uchun ko'rsatilgan.

Nasos stansiyalarda o'rnatiladigan elektrodvigatellar ikki turga: asinxron va sinxron elektrodvigatellarga bo'linadi. Asinxron elektrodvigatellarda rotor aylanish chastotasi aylanayotgan magnit maydoni chastotasidan ozroq farq qiladi, shu sababli bu

elektrodvigatellar asinxron elektrodvigatellar deyiladi. Qo'layligi, arzonligi jihatidan bu elektrodvigatellar kichik va o'rta nasos stansiyalarning deyarli barchasida keng qo'llanilmoqda.

Sinxron elektrodvigatellar o'zgarmaydigan aylanish chastotasi bilan ishlaydi. Bu elektrodvigatellar asinxron elektrodvigatellarga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega:

- sinxron elektrodvigatel bir va undan ham ortiqroq bo'lgan quvvat ko'effisiyenti ($\cos\phi$) bilan ishlashi mumkin, bu esa elektr energiyasini tejash imkonini beradi, dvigatel FIK ni oshiradi;

- tarmoqdagi kuchlanishning tebranishi sinxron elektrodvigatel ishiga kam ta'sir qiladi.

Sinxron elektrodvigatellarning asosiy kamchiligi ularni ishga tushirishda maxsus uyg'otuvchi moslamaning zarurligidir. Bu elektrodvigatellarning aylanish chastotasi quyidagiga asoslangan bo'lishi kerak:

$$n = 3000/p, \quad p - \text{qutblar soni} \quad (4.50)$$

4.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari

4.8.1. Mexanik jihozlar

Nasos stansiyasining mexanik jihozlariga suv darvozlari qulfaklari, oqiziq tutuvchi panjaralar, panjara tozalovchi mashinalar, ko'tarish - tashish mexanizmlari va boshqalar kiradi.

Suv darvozlari asosan suv qabul qilish va suv chiqarish inshootlarida o'rnatiladi.

Suv darvozlari 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 elektrodvigatellarni 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:

$$G_{kr} \geq (G_H, G_{dv}) + 0,1(G_H, G_{dv}) \quad (4.51)$$

Formulaga ko'ra nasos yoki elektrodvigatellardan qaysi og'ir bo'lsa, shuning og'irligi bo'yicha mexanizm yuk ko'tarish quvvati aniqlanadi.

4.8.2 Vakuu-sistemalar

Pastki b`yefdagi 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 ishlayotgan 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 N_a – atmosfera bosimiga mos keluvchi suv nabori, m,

W – so`rish quvuri, nasos korpusi va bosim quvurining qulfakgacha bo`lgan hajmi 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 asboblari uchun, jihozlarni changdan tozalash uchun, ishchi g`ildiraklar kameralaridan suvni siqib chiqarish uchun va boshqa maqsadlarga 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 b`yefga 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 - sal'niklardan 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, gorizontalar uchun $q_1 = 0,05...0,1$ l/s ga teng (har bir sal'nik 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 b'yeif 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 elektrodvigatel` 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 tanlandi?
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 derivasiyali*.

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.

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 pul'ti va ko'plab maxsus xonalar joylashadi. Bu qismda ta'mirlash ishlarni bajaradigan jihozlar, jumladan kutarish– tashish mexanizmlari ham joylashgan.

5.1-jadval

N	GES binolari turlari	Turbina turi	Nap or, m	Agregatlar o'qi
1	O'zanda joylashgan N = 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, N = 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	Derivasiyali, N = 10 – 1800 m (kanalda yoki bosim quvuri trassasida)	Parrakli buriluvchi	10 – 90	
		Diagonal	50 – 170	
		Radial o'qiy	30 – 700	Vertikal (kam hollar-da gorizontal)
		Cho'michli	400 – 1800	Vertikal, gorizontal

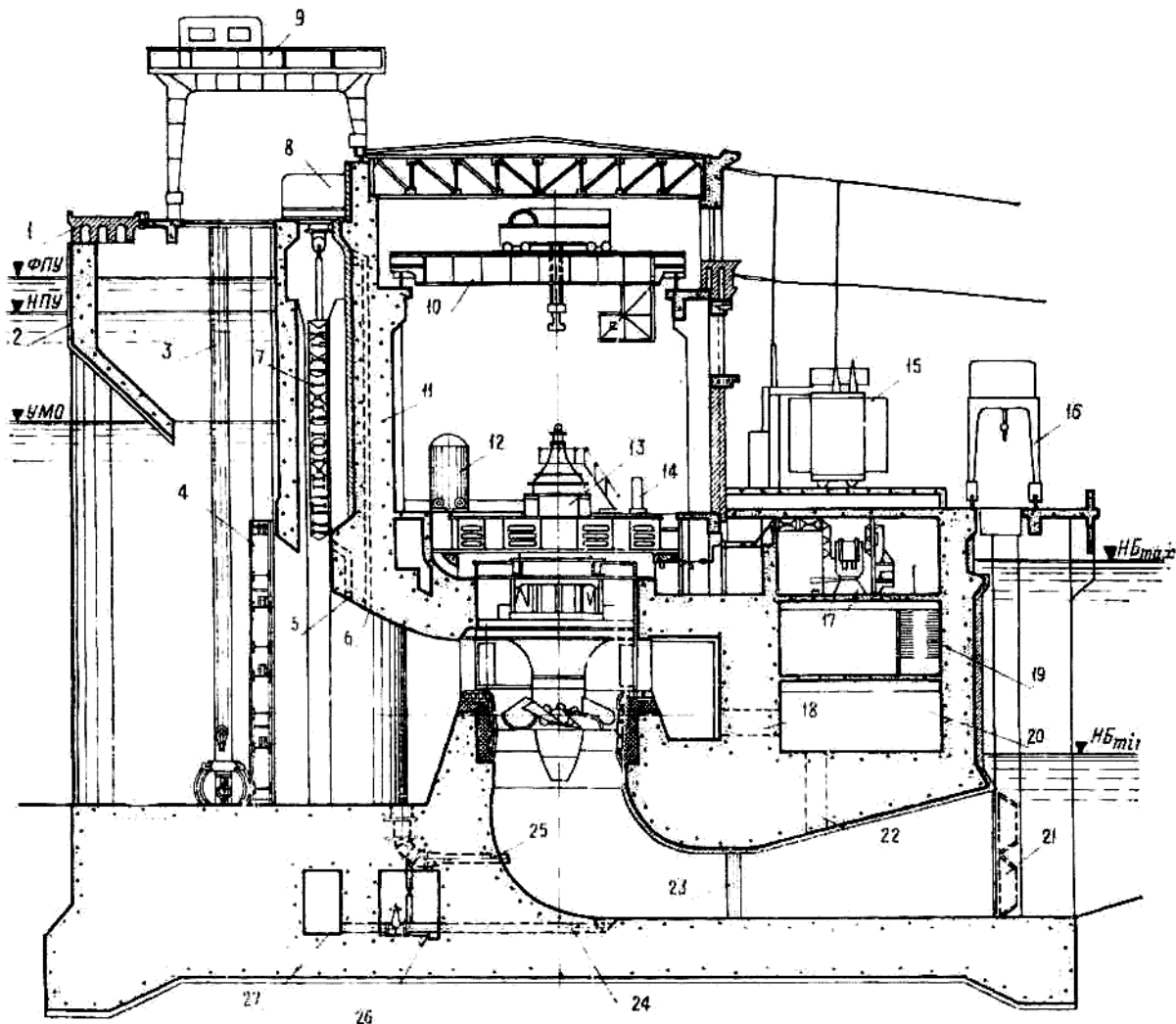
5.1.1. O'zanda joylashgan GES binosi

Bir turdagi GES binolari daryo yoki derivasiya kanallari o'zanida joylashgan bo'lib, yuqori b'eyfdan 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'eyf 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:

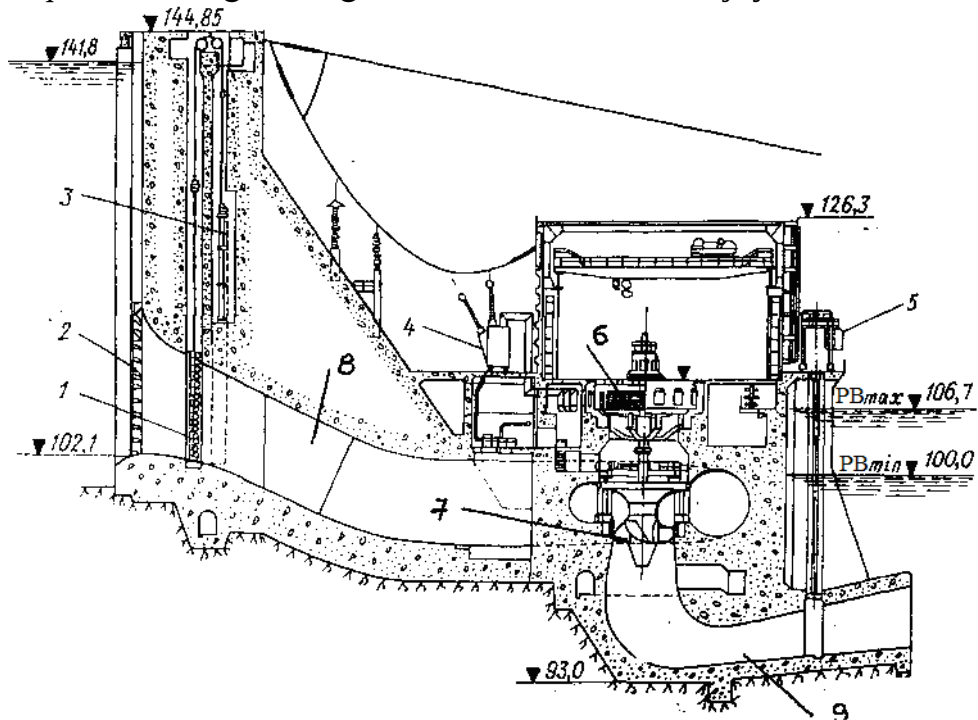
1 – ko'prik; 2 - balka; 3 - panjara tozalaydigan greyfer; 4 - oqiziq ushlovchi panjara; 5 - turbina kamerasini suv bilan to'ldirish baypassi; 6 - havo berish teshigi; 7 - suv darvozasi; 8 - darvoza lebedkasi; 9 - yuk krani; 10 – ko'prik kran; 11 - bosim devori; 12 - bosimli moy qurilmasi; 13 - gidrogenerator; 14 - boshqaruv kolonkasi; 15 - transformator; 16 - yuk krani; 17- elektr ta'minlash qurilmalari; 18 - spiral kameraga kirish teshigi; 19 - kabel yulakchalari; 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 b'eyfdan 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. Derivasiya GESi binosi

Derivasiya 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.

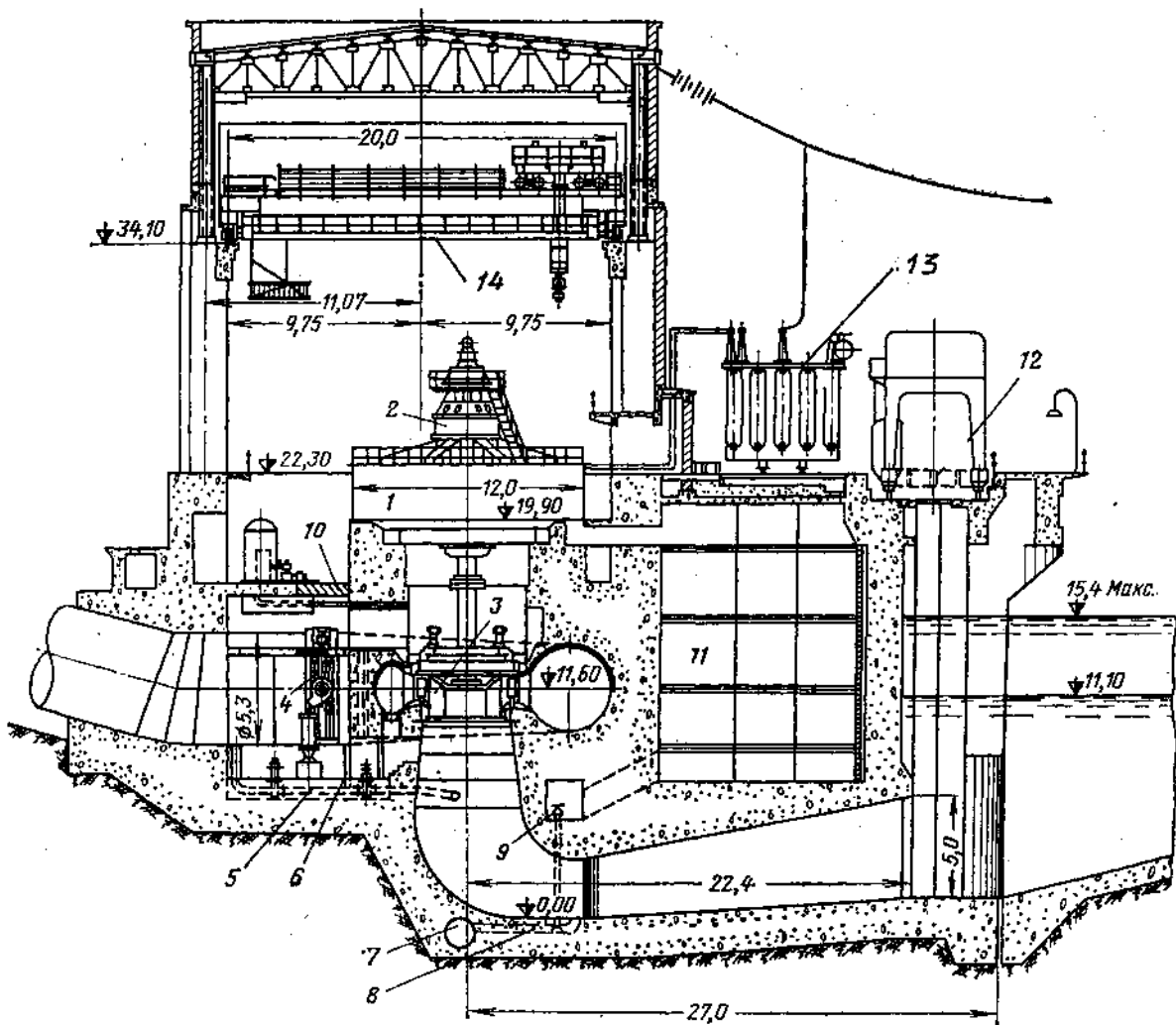
Buning asosiy sababi katta naporlarda turbina diametri, generator o'lchamlari kichik bo'ladi (5.3-rasm).

Derivasiya GESida turbina quvurlari (bosim quvurlari) katta uzunlikka ega, bu esa o'z navbatida turbina oldidagi quvurlarda qulfaklar o'rnatilishini taqazo etadi. Qulfaklar maxsus xonalarda yoki mashinalar zali doirasida o'rnatilishi mumkin.

Agar qulfak mashinalar zalida o'rnatilsa, unda gidroagregat quyi b'eyef 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. Derivasiya 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. Gidroagregat blokini joylashtirishda turbinaga nisbatan generator holati, generator osti tayanch elementlari turlari, turbina shaxtasi o'lchamlari, blokning gorizontal 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 soʻrish quvuridan tashkil topgan. Shu qismning vertikal oʻlchamlari quyi bʻyefning hisobiy sathi va soʻrish balandliklariga qarab aniqlanadi.

$$\nabla I.G'. = \nabla QBSS + H_s \quad (5.1)$$

Bunda $\nabla I.G'. -$ ishchi gʻildirak sathi, m

$\nabla QBSS -$ quyi bʻyef suv sathi, m

$N_s -$ soʻrish balandligi, m

Undan keyin soʻrish quvurining, turbina kamerasi, turbina shaxtasi, gidrogenerator oʻlchamlarini bilgan holda bino pastki qismi balandligini aniqlash mumkin (5.4-rasm).

$$N_{p.k} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \text{ m} \quad (5.2)$$

bunda $h_1 -$ poydevor plitasi qalinligi, m

$h_2 -$ soʻrish quvuri balandligi, m

$h_3 -$ yoʻnaltiruvchi apparat balandligi, m

$h_4 -$ turbina shaxtasi balandligi, m

$h_5 -$ gidrogenerator oʻlchami, m

Bino pastki qismi oʻlchamlari birinchi navbatda spiral kamera va soʻrish quvurining oʻlchamlari bilan aniqlanadi. Bu oʻlchamlar standart holatda zavodlar tomonidan beriladi.

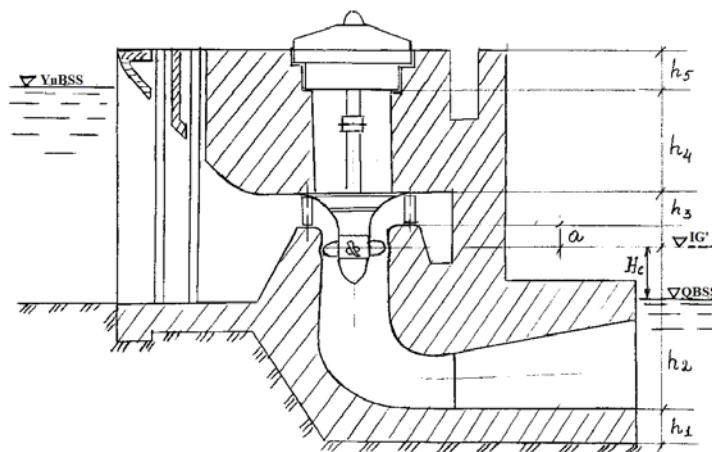
Pastki qism gorizontal oʻlchamlarini 5.5-rasm boʻyicha aniqlash mumkin.

Oʻzanda joylashgan GES binolarida, baʼzan toʻgʻonli GESlarda tavr shakldagi kesimli beton spirallar qoʻllaniladi.

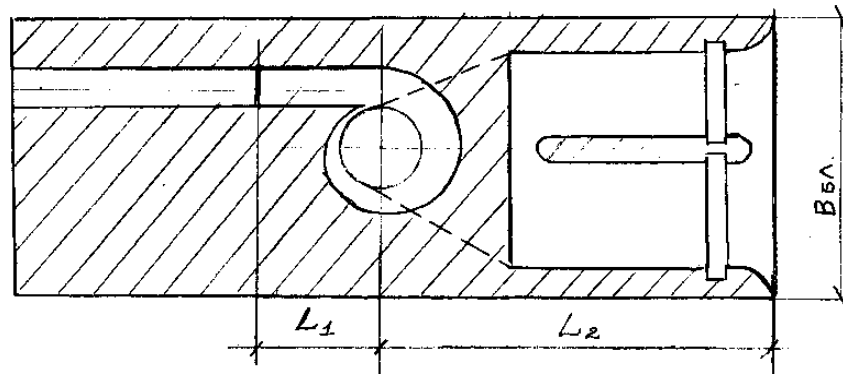
$$V_{b.l.} = (2,9 \dots 3,1) D_1 \text{ m.} \quad (5.3)$$

Yuqori naporli GESlarda qamrab olish burchagi $345^\circ - 360^\circ$ boʻlgan metall spiral kameralar qoʻllaniladi. Bunday kameralarda $V_{b.l.} = (4 - 4,5) D_1$, yuqori qiymatli naporlarda $V_{b.l.} = (3 - 3,5) D_1$.

$L_2 -$ soʻrish quvuri uzunligi $N \leq 230 \text{ m}$ boʻlganda $L_2 = (4 - 5) D_1$, $N \geq 230 \text{ m}$ da $L_2 = (5 - 6) D_1$.



5.4-rasm. Binoning pastki qismi vertikal oʻlchamlari.



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;

$V_{b,l}$ – 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 $V_{m,m} = V_b$, ya'ni mashinalar zali eniga teng bo'ladi.

Montaj maydonchasi uzunligi agregatlar soni 4 – 5 ta bo'lganda $L_{m,m} = (1,0 - 1,2) V_{b,l}$.

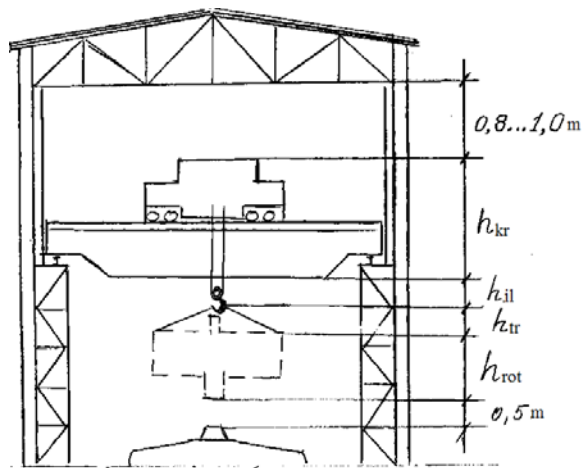
Agar agregatlar soni 10 dan ortiq bo'lsa $L_{m,m} = (1,5 - 2) V_{b,l}$ qabul qilinadi. Ko'p hollarda montaj maydonchasi uzunligi $L_{m,m} = 1,5 V_b$ dan oshmaydi.

Mashinalar zalining eni V_b generatorning tashqi o'lchamlariga bog'liq holda aniqlanadi.

$$V_b = D_{gen} + 5 \text{ m.}$$

Mashinalar zali balandligi quyidagicha aniqlanadi.

$$N_{m,3} = h_{pot} + h_{tp} + h_{il} + h_{kp} + (0,8 - 0,1) + 0,5 \text{ m.}$$



5.6-rasm. Bino yuqori qismi o'lchamlari.

h_{pot} – rotor ulchami; h_{tp} – rotor mahkamlanadigan tros o'lchami, $h_{\text{tp}} = 0,5 - 1,0 \text{ m}$;
 h_{il} – ilgak balandligi, $h_{\text{il}} = 1,0 - 1,5 \text{ m}$; h_{kp} – kran balandligi.

Agar ishchi g'ildirak o'lchami rotor o'lchamidan katta bo'lsa, unda h_{pot} o'rniga ishchi g'ildirak balandligi qabul qilinadi.

Nazorat savollari

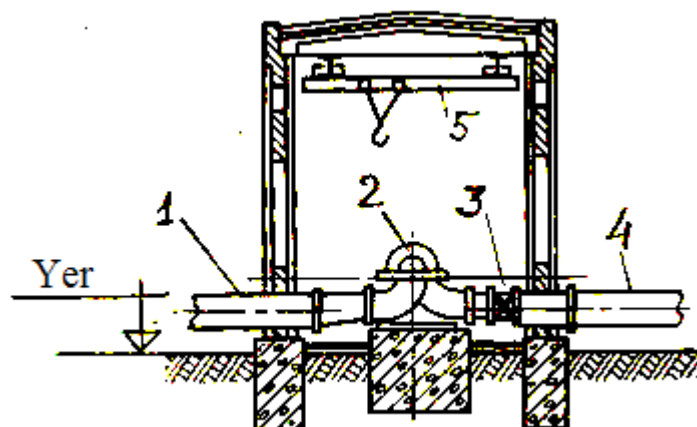
1. GES binosi turlarini aytib bering.
2. Qanday holda GES binosi o'zanda joylashadi?
3. To'g'onli GES binosida qanday turbinalar o'rnatiladi?
4. Nima uchun cho'michli turbina o'rnatilgan binolar katta naporlarga mo'ljallanadi?
5. GES mashinalar zali o'lchamlari qanday aniqlanadi?
6. Ishchi g'ildirakning 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 bir muncha yuqori, nasoslar esa alohida poydevorga o'rnatiladi (5.7-rasm). Binoga asosan gorizontol markazdan qochma nasoslar o'rnatiladi. Aksariyat hollarda bu binolarga o'rnatiladigan nasoslar ish unumdorligi $Q_H < 2 \text{ m}^3/\text{s}$.

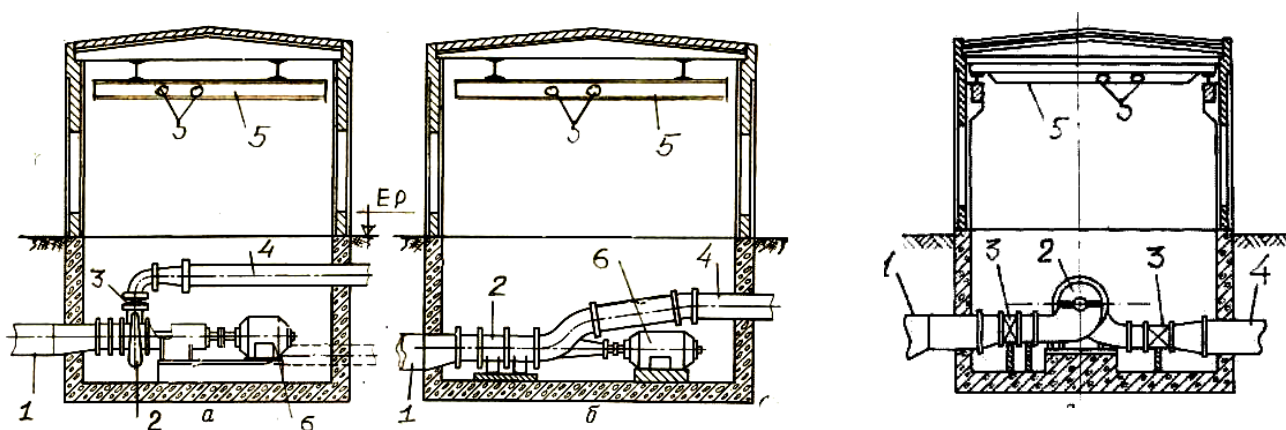


5.7-rasm. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosi sxemasi:

1 – soʻrish quvuri; 2 – nasos; 3 – qulfak; 4 – bosim quvuri; 5 – yuk kutarish krani.

5.2.2. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi

Bu bino turi suv manbai sathining oʻzgarish amplitudasi nasosning chegaralangan soʻrish balandligidan oshganda qabul qilinadi. Bu binoda nasoslar yerga nisbatan pastda joylashgan umumiy poydevorga oʻrnatiladi (5.8-rasm). Nasoslar suv sathining minimal qiymatiga nisbatan pastda joylashganligi munosabati bilan ular doimo suv bilan toʻlgan holda boʻladi, bu esa nasoslarni ishga tushirishni engillashtiradi.



5.8-rasm. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi:

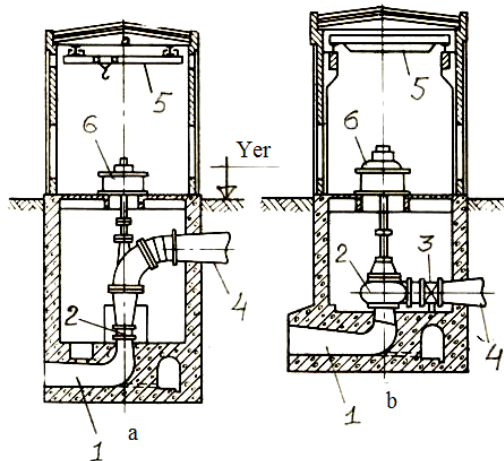
1 – soʻrish quvuri; 2 – nasos; 3 – qulfak; 4 – bosim quvuri; 5 – yuk koʻtarish krani; 6 – elektrodvigatel.

5.8-rasmda konsolli markazdan qochma (a), “O” markali oʻqiy (b) va “D” markali gorizont markazdan qochma nasoslar (v) bilan jihozlangan nasos stansiyalar sxemalari keltirilgan

Bu binolarda asosan gorizont markazdan qochma, “O” – markali oʻqiy nasoslar, baʼzi hollarda suv berish unumdorligi $4 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kam boʻlgan vertikal “V” markali markazdan qochma nasoslar oʻrnatiladi.

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" gorizontal 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 5.9. 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 kutarish krani; 6 – elektrodvigatel.

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 echimini 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);
- murakab 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 elektrodvigatellar 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 o'zaytirish yo'li bilan elektrodvigatellar yer usti qismiga olib chiqilishi kerak;
- bino yer osti qismi tubi va devorlari qalinligi $0,1 \cdot N_{st}$ dan kam bo'lmasligi kerak (N_{st} – pastki b'eyef 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.

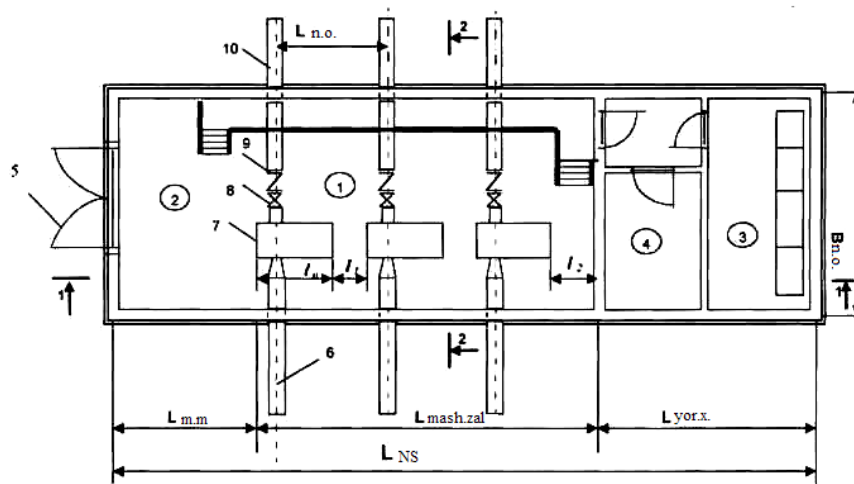
Bino yer osti qismi va bo'yini aniqlashda quyidagilarga e'tibor berish kerak:

- agregatlar bir qatorda joylashishi kerak, agar nasoslar gorizontal 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 jihozlarning (pul't 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 elektrodvigatellar (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; $V = 6; 9; 12; 15; 18; 21$ va 24 m.
- agar bino eni 6,0 m va karkassiz bo'lsa, uning uzunligi har 1,5 m da oshib boradi, masalan, $V = 6,0; 7,5; 9,0; 10,5; 12,0$ va hokazo.



5.10-rasm. Nasos stansiya binosi gorizontal tekislikda 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;

- 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 gorizontal tekislikdagi joylashish rejasini shartli ravishda uchga bo'lish mumkin: mashinalar zali, montaj maydonchasi, yordamchi xonalar (5.10-rasm).

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, $W_{yor. xon.} = 54 - 60 \text{ m}^2$
b) dvigatel` quvvati 250 - 1000 kVt bo'lsa, $W_{yor. xon.} = 180 - 200 \text{ m}^2$
v) dvigatel` quvvati 1000 - 2000 kVt bo'lsa, $W_{yor. xon.} = 280 - 300 \text{ m}^2$

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 $V_{n.s.}$ ning standart qiymati va $W_{yor. xon.}$ qiymatlaridan kelib chiqadi; $l_1 = 1,0 \div 1,2 \text{ m}$; $l_2 = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$

5.2.6. Nasos stansiya binosining vertikal tekislikda joylashish shartlari

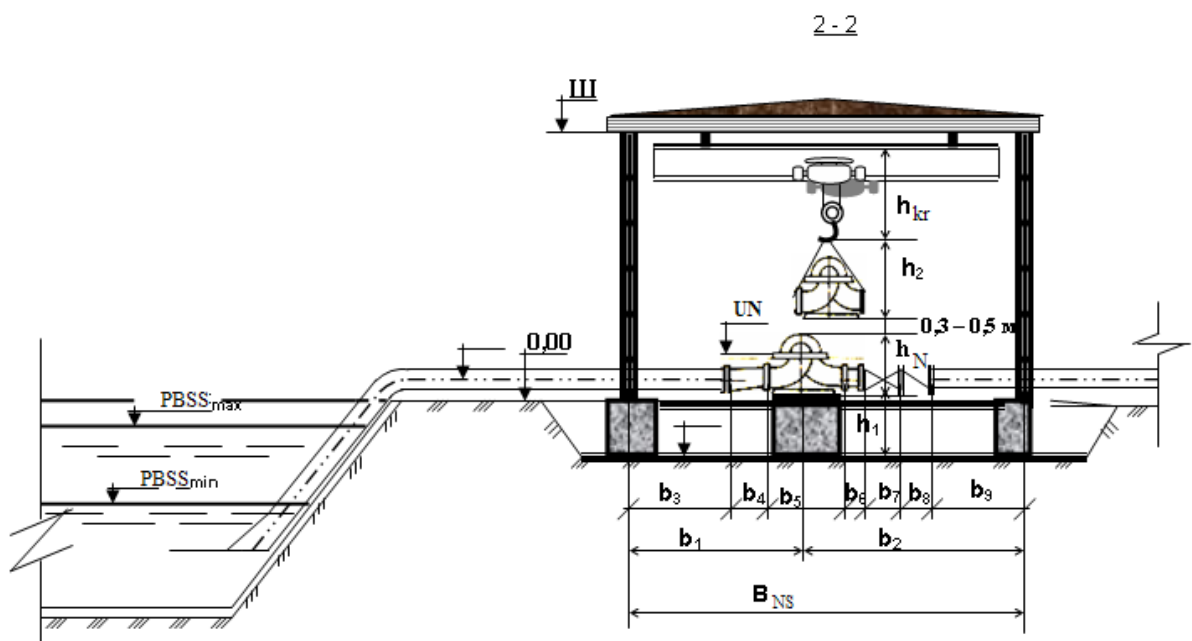
a) yer osti qismi bo'yicha:

- bino er osti qismining eng yuqori sathi pastki b'yeif maksimal suv sathidan 0,6 ... 1,0 m balandda joylashishi kerak;

- bino tubining qalinligi pastki b'yefda suv chuqurligining 10% idan kam bo'lmasligi kerak;
- agar binoda gorizontal markazdan qochma nasoslar o'rnatilsa, ular o'rnatiladigan poydevor balandligi 0,2 – 0,3 m ni tashkil qiladi;
- bino yer osti qismining balandligi pastki b'yef 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.



5.11-rasm. Nasos stansiya binosining ko'ndalang kesimi.

Bino yer usti qismi balandligi (pol sathi $\nabla 0,00$ dan tom plitasi pastki qismi, shipgacha ∇Sh bo'lgan masofa) quyidagi qiymatlarga ega bo'lishi kerak:

$N = 3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,0$ m;

Agar bino ko'prik kranlar bilan jihozlangan bo'lsa, bu qiymatlar quyidagiga teng:

$N = 8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18,0$ 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 klapan o'lchami;

b_9 – V_{ns} ning standart o'lchami bo'yicha aniqlanadi; $V_{ns} = 6; 9; 12; 15; 18$ metr.

$N = h_1 + h_H + h_2 + h_{kr} + 0,2 \div 0,3$ m; h_1 poydevor balandligi; $h_1 = 0,1 \cdot N^g$, m;

h_n – nasos balandligi, m; $h_2 = h_n + (1,0 \div 1,5)$ m; h_3 – kran o'lchami; $h_4 = 0,15 \div 0,2$ m;

5.2.7. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikasiyalari

Stansiya ichki bosim kommunikasiyalariga 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 kommunikasiyalari orqali suv yetkazib beradi. Bosim kommunikasiyalari quyidagilardan iborat:

a) markazdan qochma nasoslar uchun montaj halqasi, teskari klapan, qulfak, diffuzor va quvur;

b) o'qiy nasoslar uchun bosim kommunikasiyasi diffuzordan iborat, agar suv nasosdan keyin 90° ga burilsa, qo'shimcha olib ketish qurilmasi (otvod) 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 kommunikasiyasi quvuri diametri $D_u \leq 100$ mm bo'lganda kran yoki ventil o'rnatiladi.

- bosim kommunikasiyasi quvuri diametri $100 \leq D_y \leq 1000$ mm da flanesli parallel qulfaklar (zadvijkalar), $D \geq 1000$ mm bo'lganda diskli, burilma darvoza (zatvorlar) qo'llaniladi.

- agar quvur diametri 400 mm dan kichik bo'lsa, qulfak va teskari klapan diametrlari ham shu diametrlarda qabul qilinadi.

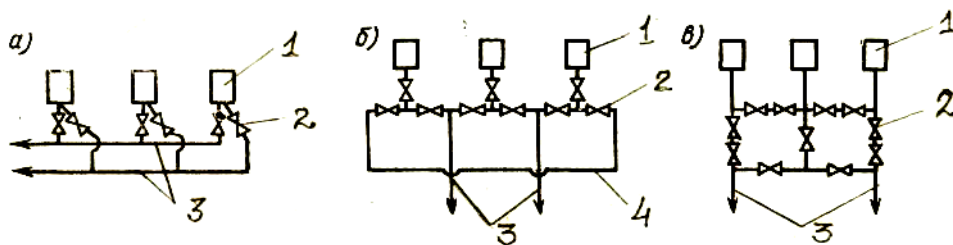
- agar quvur diametri 400 mm dan oshiq bo'lsa o'rnatiladigan kommunikasiya diametrlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi.

- qulfak diametri $D_k \geq 400$ mm bo'lgan hollarda ularni boshqarish elektrlashgan yoki gidravlik uzatma orqali avtomatik ravishda bajariladi.

- bosim kommunikasiyalaridagi diffuzor bir diametrli quvurdan kattaroq diametrli quvurga o'tishni ta'minlaydi. Uning uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\ell_q = (6 \dots 7)(D - d).$$

Bosim kommunikasiyalarni 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, v-rasmda ko'rsatilgan sxemalar bo'yicha bitta qulfakning ishdan chiqishida faqat bitta nasos ishdan to'xtatiladi.

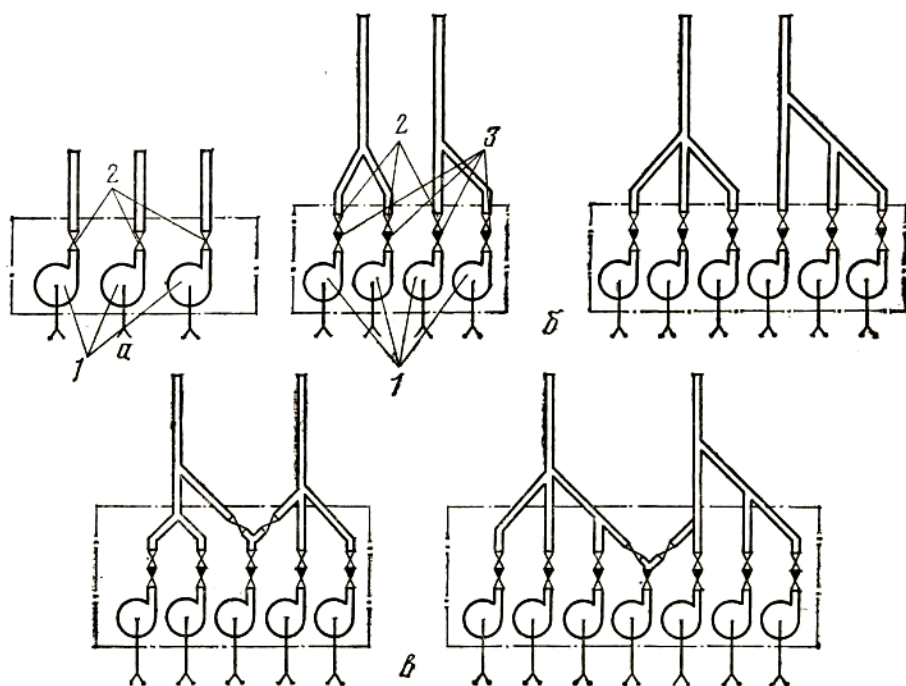


5.12-rasm. Ichimlik suv ta'minoti nasos stansiyalarining ichki bosim kommunikasiyalarini ulash sxemalari:

1 – nasoslar; 2 – qulfaklar; 3 – bosim quvurlari; 4 – kollektor.

Ushbu sxemalar bo'yicha kommunikasiyalar to'liq nasos stansiyasi binosi ichida joylashadi.

Sug'orish nasos stansiyalarida texnologik jarayonga talab birmuncha kichikroq bo'lganligi uchun bosim kommunikasiyalarining 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 kommunikasiyalarida 90° li burilishlar, krestovinalar, troyniklar bo'lmaydi. Ikkita nasosni bir quvurga 60° burchak ostida, uchta nasosni 45° burchak ostida birlashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.



5.13-rasm. Sug'orish nasos stansiyalarida ichki bosim kommunikasiyalarini ulash sxemalari:

1 – nasoslar; 2 – qulfaklar; 3 – teskari klapanlar.

Bosim kommunikasiyalari quvurining diametri undagi chegaraviy tezlik bo'yicha aniqlanadi:

$$d_{\delta_K} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot g_{\delta_K}}}, \text{ m} \quad (5.4)$$

Chegaraviy tezlik qiymatlari quyidagicha qabul qilinadi:

$v_{\delta k} = 1,5 \dots 2,0 \text{ m/s}$, $d_{\delta k} \leq 250 \text{ mm}$ bo'lganda,
 $v_{\delta k} = 2,0 \dots 2,5 \text{ m/s}$, $d_{\delta k} > 250 \text{ mm}$ 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 gorizonttal masofa qanday aniqlanadi?
7. Nasos stansiya binosining balandligi qanday aniqlanadi?
8. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikasiyalariga 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'jaligining alohida tarmoqlarining ehtiyojlarni 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 b'eyfini tublik xavza bilan bog'lovchilarga bo'linadi. Bundan tashqari, kanallar boshqa xususiyatlar 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.

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 ekspluatasiya qilishni va muhofazalashni yaxshilaydi.

5.2.-jadval

MDH dagi sarfi $Q = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lgan kanallar xarakteristikasi

Nº	Nomi	L, km	Q, m^3/s	Suv ko'tarlik b-gi, N,m	i, %	B, m	h, m	o'zani	Bitir. yili
1	Qaraqum	1100	820	-	0,03	110	5,0	Yerdan	1966

2	Irtish-Qoraganda	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-Buxara	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. Golodnostkepskiy	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 Andijan	109	330	-	0,15	-	4,5	--//--	1957
15	Volgo-Don suv transporti	101	160	88	-	-	-	--//--	1952
16	Lenin nomli	97	133	-	0,06	41	4,8	--//--	1940

	kanal								
--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--

5.3.1. Kanallarning ko' ndalang kesimi.

Derivasion kanal ko' ndalang kesimi joylashadigan rel' yefga 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 koeffisienti $m = \text{ctg } \varphi$.

Har xil materiallar uchun qiyalik koeffisientining 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' uurtacha 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.

Kanallar ko' ndalang kesim yuzasiga ko' ra (5.14-rasm) quydagi turlarga bo' linadi:

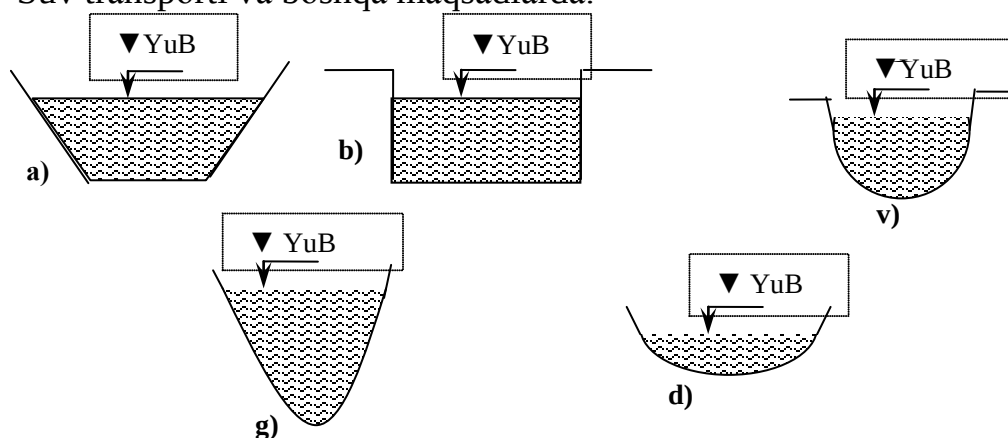
- Trapesiadal (a);
- To'g'ri burchakli (b);
- Yumaloq (v);
- Parabolik (g);

– Poligonal (d);

Eng ko'proq qo'llaniladigan kanal turi bu tropesiadal shaklli kanallardir.

Kanallar quyidagi maqsadlarda quriladi:

1. Irrigasiya;
2. Energetika;
3. Suv ta'minoti;
4. Suv transporti va boshqa maqsadlarda.



5.14-rasm. Kanallarning ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha ko'rinishi.

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	$Q, m^3/s$	Kanal tipii	Vazifasi	Foydalanish davri
IV sinf	<35	Kichik	Sug'orish yoki suv ta'minoti	Vegetasiya
III sinf	35-350	O'rtacha kattalikdagi kanal	Sug'orish, suv ta'minoti suv transporti	Vegetasiya
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 derivation kanal trassasini tanlash maqsadga muvofiq. Bu eng qisqa yo' l hisoblanib, suv qabul qilish inshootining stansion uzelligacha bo' lgan masofadir. Kanal o' tkaziladigan rel'yefga asosan trassani chuqur kovlash ishlarini kamaytirib, yoki tuproqqa to' ldirish balandligini pasaytirib, trassa uzunligini oshirish 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 ekspluatasiya 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, ruhsat etilgan minimal radiusi (egrilik) r kanaldagi o' rtacha tezlik v va harakat kesimi yuzasi ω orqali topiladi:

$$r = 11 \cdot v^2 \cdot \sqrt{\omega} + 12. \quad (1)$$

va $r \geq 5b$ bo' lishi talab qilinadi.

B – kanal tagidan (eni) kengligi.

Kanaldan muz va boshqa jismlar o' tkazilsa $r \geq 10b$ bo' lishi va burilishi burchagi $\alpha \leq 35^0$;

$\alpha > 55^0$ da $r \geq 20b$ bo' lishi zarur.

$35^0 < \alpha < 55^0$ da $r \geq 14btga$ 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, ekspluatasiya sharoitini yaxshilashni va ekspluatasion 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 choklari (shovlari) 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 rasional 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 fil'tr bilan jihozlanadi va qopqog'i bo' ladi. Asosan qopqoq yopiq bo' lib, faqat drenajdagi suv bosimi oshganda ochiladi va suv kanalga qo' yiladi. 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 deformasiyalanadigan 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, a chok (shov) kengligi ≈ 50 sm olinadi. Drenaj qilib tayyorlanshan joyga temir-beton qoplmlar yotqiziladi. Ayrim hollarda suv o' tkazmaslik qobiliyatini oshirish uchun temir-betonli qoplamalarga gidroizolyasiya rulon materiallardan ishlatilishi mumkin.

Asfal't-betonli qoplamalar unchalik ko' p ishlatilmaydi. Lekin bu qoplamalar kam g'adir-budurlikka, suv o' tkazmaslik va elastiklik qobiliyatiga ega. Asfal't-beton – bitum, to' ldiruvchi, qum va tosh (graviy) lar aralashmasidan iborat. Bu aralashma 160°S...180°S temperaturagacha qizdiriladi va yotqizilishida temperaturasi 140°S dan kam bo' lmasligi talab etiladi. Agar graviy va sheben aralashmada ishlatilmasa, uni asfal't (rastvori) 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 (trambovka) va ustidan bitum qo' yiladi.

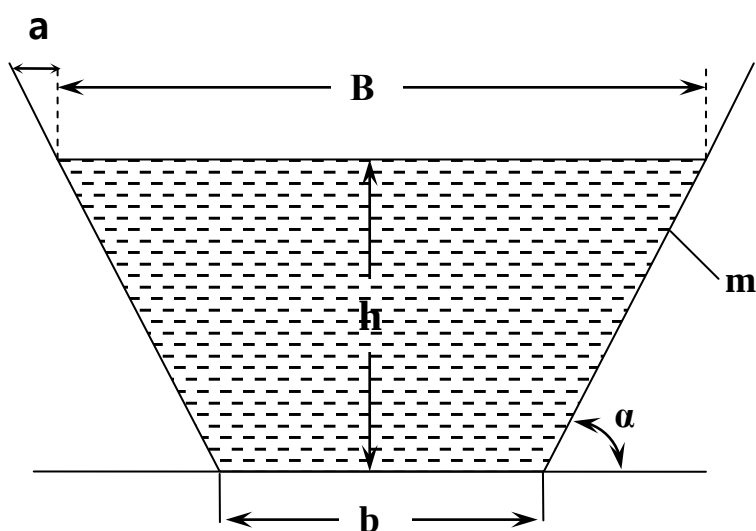
Plastik materialli qoplamalar – faqat kanaldagi suv fil'trasiyasini kamaytirish uchun qo' llaniladilar. Bunda tuproq, suglinok, tuproq beton (tuproq, graviy qum aralashmasi) va tirdan iborat bo' lishi mumkin. Qoplama qalinligi 30...60 sm qilib shag'al (graviy) qatlami bilan 0,3...0,1 m

da himoyalanishi 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 ishlatiladilar. Suv chiqaruvchi derivasiya bema'lol suv fil'trasiyasiga ega bo'lishi, agar beton qoplama ishlatilsa, uni panjarali qilish tavsiya etiladi. Suv chiqaruvchi kanalni daryo o'zanida qilinadigan bo'lsa, uni qoplamasiz quriladi.

Plyonkali qoplama – tuproqli himoya qatlami bilan meliorasiya 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 (SNIIP) 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.



5.15-rasm. Trapesiya 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 koeffisienti;

α – kanalning qiyalik burchagi;

a – qiyalik kattaligi.

Kanalning ko'ndalang kesim yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h, \text{ m}^2. \quad (5.5).$$

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:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ m}. \quad (5.7) \quad \text{orqali topiladi.}$$

Qiyalik kattaligi a ni quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$a = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \text{ m}. \quad (5.8)$$

Kanalning qiyalik darajasi koeffisienti quyidagicha topiladi:

$$m = \frac{a}{h} = \operatorname{ctg} \alpha. \quad (5.9)$$

Kanal kengligining kanal tubiga bog'liqligi:

$$\beta = \frac{b}{h} \quad (5.10) \quad \text{orqali aniqlanadi.}$$

Kanalning namlanganlik perimetri quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\chi = h \cdot (\beta + m'), \text{ m}. \quad (5.11)$$

Agar (3.7) formulani differensiallasak, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$d\chi = h \cdot d\beta + (\beta + m')dh = 0 \quad (5.12).$$

Bundan

$$d\beta = -\frac{\beta + m'}{h}dh \quad (5.13) \quad \text{ni keltirib chiqaramiz.}$$

Kanalning ko'ndalang kesim yuzasini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\omega = \beta \cdot h^2 + m h^2 = (\beta + m)h^2 = \text{const}. \quad (5.14)$$

(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 (3.9) tenglikdagi  $d\beta$  qo`yib quyidagiga ega bo`lamiz:

$$\beta_{z.h.} = m' - 2m = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (5.16).$$

Gidravlik eng foydali trapesoidal ko`rinshni xosil qilish uchun trapesiyaning shunday shaklini tanlash kerakki, unda kanal kengligining kanal tubiga bog`liqligi $\beta_{z.h.}$ ga teng bo`lishi kerak.

Kanalndagi suv tezligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$V = C\sqrt{R \cdot i}, \text{ m/s.} \quad (5.17).$$

Kanalning suv sarfi (Q) quydagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = V \cdot \omega, \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.18)$$

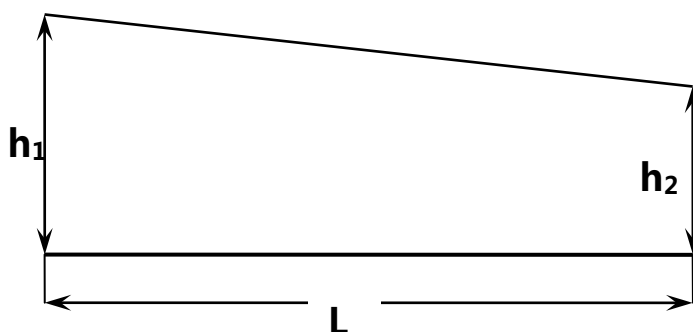
yoki

$$Q = \omega \cdot C\sqrt{R \cdot i}, \text{ m}^3/\text{s.} \quad (5.19)$$

i – nishablik.

$$i = \frac{\Delta h}{L}; \quad (5.20)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2, \text{ m} \quad (5.21)$$



5.16 – rasm. Kanalning uzunlik bo`yicha qirqim 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 S uchun maxsus jadvallar tuzilgandir:

2) Manning formulasi

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (5.23)$$

bu yerda n – koeffisient, 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

Kanal xarakteristikasi	n
Qoplamasiz	
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 noteksi, o` simliklar qoplangan; qum bilan qoplangan (yoki graviy cho` kindasi)	0,0225...0,025
Toshliq joyda	
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
Torkret qoplama	
Ishqalgan va metall qoplamali	0,012...0,015
Ishqalmagan	0,015...0,020

Agar qishda kanalda muz qatlami kuzatilsa, gidravlik hisoblarda keltirilgan g`adir-budurlik koeffisienti $\tilde{n}$ ishlatiladi va y L.A. Mojevitinov 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. Derivasion kanallardagi ruxsat etilgan suv tezligi.

Kanallardagi suv tezligi - uning o' azin 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 kanallardagi quyidagichadir:

Yer materiallari xili	v_{max} , m/s
Supes`: (qumloq tuproqli yer) 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
Ilist`iy (serloyqa) graviy (shag`al)	0,5
Galechnik – shag`al va boshqa. Tog`jinsi (toshqotishma) Sheben (maydalangan tosh yoki g`isht)	

Bu yerda v_{max} $R = 1...2$ m uchun berilgan, agar $R > 2$ m bo' lsa, tezlikni $\left(\frac{R}{2}\right)^{0,125}$ kattalika oshiriladi.

Iqtisodiy foydali tezlik beton kanallarda 1,5...2,5 m/s tashkil etadi. Tog`da uyilgan, katta g`adir-budurlikka ega kanallarda bulardan ham kichik tezlik ruhsat 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 qanaday turlarga ajraladi?
3. Kanallarda qoplama sifatida qanday xom-ashyodan foydalaniladi?
4. Kanallarda suv tezligi qanday bo'lishi kerak?

VI. GIDROENERGETIK QURILMALARNING BOSIM QUVURLARI

6.1. Gidroenergetik qurilmalar bosim quvurlarining turlari

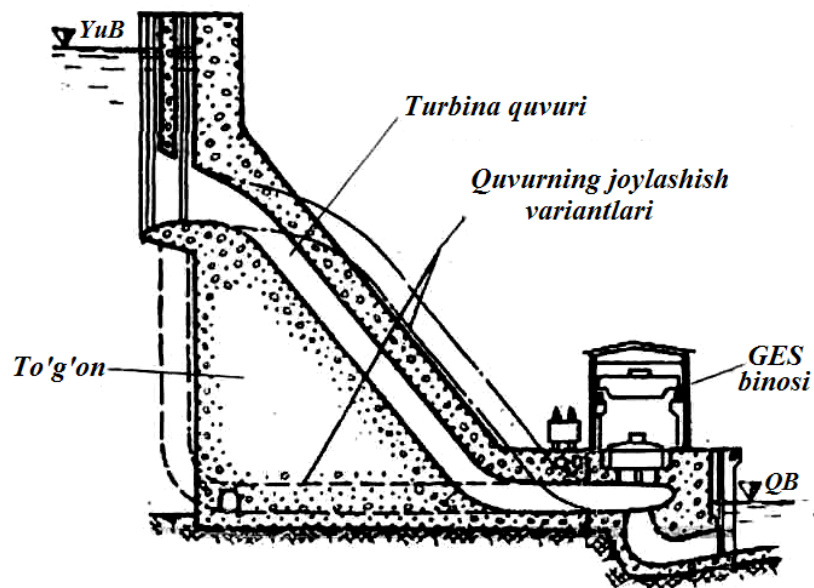
Gidroenergetik qurilmalarning eng muhim, mas'uliyatli inshootlaridan biri uning suv bosimi ostida ishlaydigan quvurlaridir. Bu quvurlar GESlarda turbina quvurlari, NS larda bosim quvurlari deb ataladi. Turbina yoki bosim quvurlariga qo'yiladigan talab juda katta, chunki quvurning ishdan chiqishi butun 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:

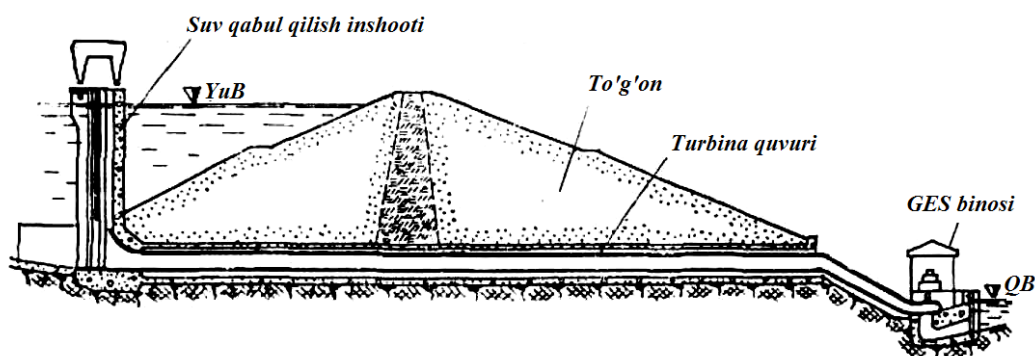
1. To'g'on oralig'iga yoki ostiga joylashgan quvurlar.
 2. To'g'on orti GES larida to'g'onning yuza qismiga, derivation GES va GAES larda qo'llaniladigan er sathida joylashgan erkin holatda yotqiziladigan quvurlar.
 3. Ko'milgan quvurlar. Bunday quvurlar transheyalarga yotqaziladi va yengil tuproq bilan yopiladi. Shuning uchun bunday quvurlar tashqi tomondan gidroizolyasion material bilan qoplanadi.
 4. Tunnel quvurlar.
- Quvurlar to'g'on oralig'iga faqat beton to'g'onlarda joylashtiriladi (6.1-rasm).



6.1-rasm. To'g'on oralig'iga joylashtirilgan turbina quvuri.

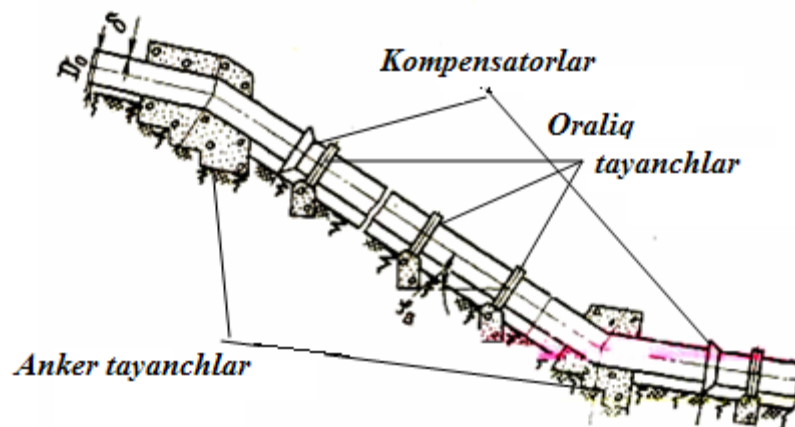
Tuproq to'g'onlarda quvurlar aksariyat hollarda to'g'on ostiga yotqizilishi mumkin (6.2-rasm). Bunday turdagi quvurlar mahkamlik bo'yicha talablarga to'la javob berishi, yaxshi himoyalanganligi va yillik foydalanish xarajatlarining kamligi kabi bir qator afzalliklarga ega.

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 qo'layliklar to'g'iradi.



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 kompensasiya qilish uchun maxsus kompensatorlar, siljishga qarshi anker va oraliq tayanchlari o'rnatiladi.

Ko'milgan quvurlarda bu qo'shimcha ishlarni amalga oshirishga xojat 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 oralig'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' oralig'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.

6.2. Quvur trassasi va turbinaga suv keltirish sxemalari

Quvur trassasi eng qisqa tanlanib, joy rel'yefi, 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 fil'trasiya, 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.

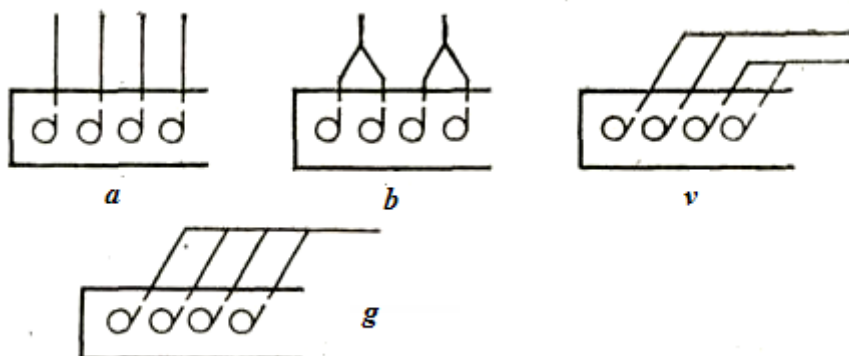
Quvurni loyihalashda ekspluatasiya sharoitini hisobga olish zarur. Quvurni shunday joylashtirish kerakki, gidravlik zarba vaqtida vakuum hosil bo'lishining oldini olish uchun u eng past p'ezometrik sathdan pastda bo'lsin. Suv darvozalari (zatvorlar)dan keyin quvur to'ldirilganda havoni chiqarish vantuzlar 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 flanes qopqoqlar o'rnatiladi.

Suvni turbinaga yo'naltirish sxemalari rasm 6.4. da 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, v, g - 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.

6.3. 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.

$$3 + P \rightarrow \min \quad (6.1)$$

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.

Quvurning taxminiy, birlamchi diametrini turbina quvurlari uchun

$$D_u \approx \sqrt[3]{\frac{5,2 \cdot Q_{\max}^3}{H}} \quad (6.2) \quad \text{bilan, NS bosim quvurlari uchun}$$

$D_u = 0,85 \cdot \sqrt{Q_{\max}}$ (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 jadval orqali beriladi [16].

6.1-jadval

$Q_x,$ m^3/s	0,5	1,0	2,0	4,0	9,0	15,0	25,0	50,0
D_u, mm	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,5	3,0	4,0

Bunda Q_x – quvurning hisobiy suyuqlik o'tkazish unumdorligi, m^3/s . Bu qiymatni taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_x = (0,7...0,9) Q_n \cdot n \quad (6.4)$$

Q_n – nasosning o'rtacha ish unumdorligi, m^3/s , n – bitta quvurga bir vaqtda ishlaydigan nasoslar soni.

Q_x ning aniqroq qiymatini hisoblashda quvurdan o'tadigan suyuqlik miqdorining ish davrida tez-tez o'zgarib turishi hisobga olinadi.

$$Q_x = \sqrt[3]{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q^3 \cdot dt} \quad (6.5)$$

Q – 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.

$$\mathfrak{E} = 9,81 \cdot \eta_{\Gamma\mathfrak{E}C} \int_0^T Q \Delta h dt \quad (6.7)$$

Bunda η_{GES} – GES FIK, Δh – quvurdagi napor yo'qolish qiymati.

$\Delta h = S \cdot Q^2$, bunda S – quvurning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti.

Demak, $\mathfrak{E} = 9,81 \cdot \eta_{\Gamma\mathfrak{E}C} \cdot S \int_0^T Q^3 \Delta h dt$, bunda $Q_x^3 = \frac{1}{T} \int_0^T Q^3 dt$ deb qabul qilsak,

$$\mathfrak{E} = 9,81 \cdot \eta_{\Gamma\mathfrak{E}C} \cdot S \cdot Q_x^3 \cdot T \quad (6.8)$$

Xuddi shuningdek nasos stansiyalarning bosim quvurlarida yo'qolgan energiya qiymati quyidagiga teng bo'ladi.

$$\mathfrak{E} = \frac{\gamma}{102 \cdot \eta_{HC}} S \cdot Q_x^3 \cdot T \quad (6.9)$$

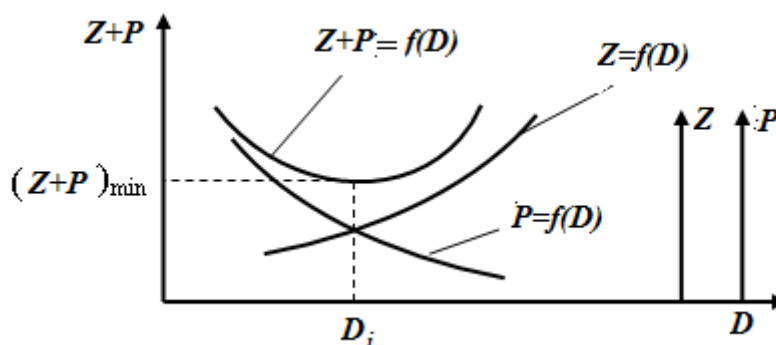
Yo'qolgan energiya narxini quyidagicha aniqlash mumkin.

$P_e = E \cdot a$, bunda a – 1 kVt-soat elektr energiyasi narxi, γ - suyuqlik solishtirma og'irligi.

Quvurning yillik xarajatlariga yo'qolgan energiyani qoplashga sarf bo'lgan xarajatlardan tashqari uni ta'mirlashga, foydalanishga sarf bo'lgan xarajatlar va amortizasiya 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. 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 asbestosement, temirbeton va po'lat quvurlaridan iborat bo'lishi mumkin. Keyingi paytlarda polivinilxloriddan, polietilendan qilingan quvurlar ham ishlatilmoqda.

1. Asbestosement quvurlar (VT-6, VT-9, VT-12) diametri $D_u = 100..500$ mm bo'lishi mumkin. Bu quvurlar 1,5 MPa bosimgacha mo'ljallangan.

2. Yig'ma temir – beton quvurlari diametri $D_u = 250 \dots 1500$ 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 $D_u = 10...600$ 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 uchtdan (juda kam hollarda to'rtta) oshmasligi kerak.

Bosim quvurlari soni bir nechta bo'ladigan bo'lsa, ular orasidagi masofani quyidagicha qabul qilish kerak:

$\ell = 0,7$ m	agar quvur diametri	$D_{\delta k} < 400$ mm
$\ell = 1,0$ m	$D_{\delta k} = 400 \dots 1000$ m	bo'lganda
$\ell = 1,5$ m	$D_{\delta k} > 1000$ mm	bo'lganda

Nazorat savollari

5. GESlarda turbina quvurlarining qanday turlari mavjud?
6. Quvurlarda temperatura, cho'kish ta'sirida bo'ladigan o'zgarishlarga qarshi qanday chora qo'llaniladi?
7. Quvurlardagi anker tayanchlar qanday joylarga o'rnatiladi va ular orasidagi masofa qancha bo'lishi kerak?
8. Quvurning eng iqtisodiy qulay diametri nimaga asoslanib aniqlanadi?
9. Quvurda napor yo'qolish qiymati qanday aniqlanadi?
10. Quvurdan o'tadigan hisobiy suv sarfi qanday aniqlanadi?
11. Quvurdan suv o'tish mobaynida energiyaning bir qismi nima uchun yo'qoladi?
12. Bosim quvurlari qanday materiallardan ishlab chiqariladi?
13. Bosim quvurlarida qanday qo'shimcha moslama, uskuna va asboblari o'rnatilishi mumkin?
14. Sun'iy materiallardan qilingan quvurlar qanday diametrga va bosimga mo'ljallangan?

VII. GIDROAKKUMULYASIYA ELEKTR STANSIYALARI VA KICHIK GESLAR

7.1. Gidroakkumulyasiya stansiyalarining turlari

GAESning vazifasi va sinfiy guruhlar. 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 to'g'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% ishlab chiqarilmoqda. IESlar ish rejmining o'ziga xos xususiyatlardan 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 jihozlarning 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 holarda, GAES nafaqat sutkalik energiya taqsimotida, balki haftalik energiyani akkumulyasiya qilishda xam 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.

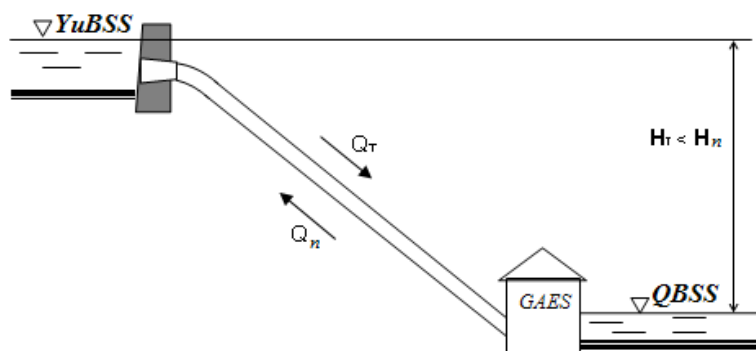
GAESning quyidagi sinfiy guruhlari mavjud:

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).



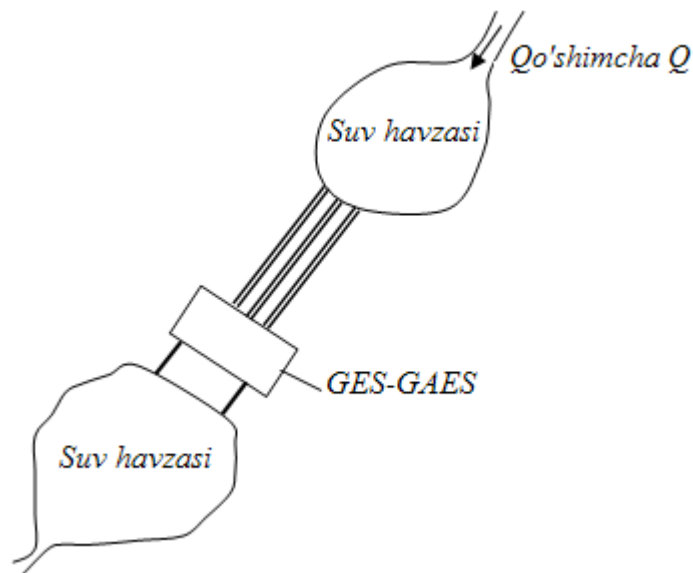
7.1-rasm. Sof GAES sxemasi.

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.

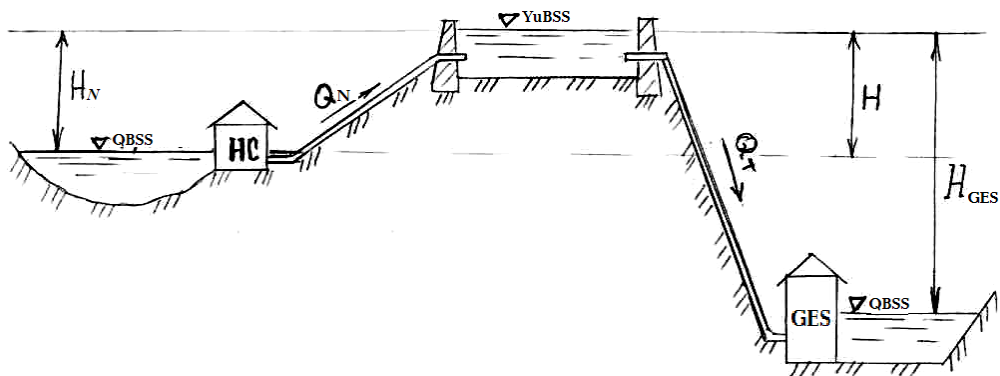
Bu sxemaning o'ziga xos xususiyatlardan biri yuqori havzaga boshqa manbadan suv berilmasligidir. Bug'lanish, fil'trasiyaga sarf bo'ladigan kichikroq suv hajmi quyi b'eyfda to'ldiriladi.

GES-GAES sxemasi bo'yicha GAES binosida odatdagi agregatlarda 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 koeffisientini ko'rsatish mumkin.

GAES naponi. Yuqori b'yeif suv sathi bilan quyi b'yeif suv sathi orasidagi farq geometrik napor deb ataladi. GAESning to'la naponi uning geometrik napor deb ataladi. GAES ning to'la naponi uning geometrik naponi bilan quvurlaridagi napor yo'qolish qiymatiga bog'liq. To'la napor qiymati nasos rejimida turbina rejimidagi qiymatga qaraganda katta, ya'ni $N_N \geq N_{tur}$.

Buning sababi nasos stansiya va GAES to'la naporini aniqlash formulalaridan bilib olish mumkin, $N_N = N^G + \sum \Delta h_k$ va $N_{TUR} = N^G - \sum \Delta h_k$

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 $N_{N.R.}$ quvvati iste'mol qiladi. Kunduz kuni tiGiz paytlarda turbina $N_{T,R}$ quvvatga ega bo'ladi.

$$N_{H.P} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_H \cdot H_H}{\eta_{HP}}; \quad V_t \quad (7.1)$$

Bunda $\eta_{N.R}$ – nasos rejimdagi GAES FIK.

GAES [] da ta'kidlanganidek $Q_H = (0,75 \dots 0,8) Q_T$, napor qiymatlari esa yuqorida ko'rsatilganidek. $N_N \geq N_T$

Shu sabablik ikkala rejimda quvvat qiymatlari har xil bo'ladi.

$$N_{TP} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_T \cdot H_T}{\eta_{TP}}; \text{Vt} \quad (7.2)$$

Bunda $\eta_{T.R}$ – turbina rejimidagi FIK.

GAESning sutkalik ishlab chiqaradigan energiyasi miqdori quyidagi tartibda aniqlanadi:

$$E_{T.R} = N_T \cdot T_T = \frac{V \cdot H_T \cdot \eta_{TP}}{367}; \text{kVt. soat} \quad (7.3)$$

Bunda V – yuqori havzadagi turbina rejimida ishlatiladigan suv hajmi, m^3 .

N_T – turbina o'rtacha nabori, m.

$\eta_{T.R}$ – turbina rejimidagi FIK.

N_T – GAESning turbina rejimidagi o'rnatilgan quvvati, kVt.

T_T – GAESning elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun bir sutkada sarflangan vaqti, soat, [] da $\eta_{T.R} = 0,86...0,87$ ga $T_T = 3...5$ soatga tengligi ko'rsatib o'tiladi.

GAES foydali ish ko'effisiyenti. GAES FIK ishlab chiqariladigan va iste'mol qilinadigan elektr energiyalari qiymatlariga bog'liq holda aniqlanadi.

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{TP}}{\mathcal{E}_{HP}}; \quad (7.4)$$

Bunda $E_{N.R}$ – nasos rejimidagi iste'mol qilinadigan elektr energiyasi, [kVt. soat]

$$E_{N.R} = N_H \cdot T_N = \frac{V \cdot H_H}{367 \cdot \eta_{H.P}}; \quad (7.5)$$

Bunda N_H – 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:

$$\eta_{GAES} = \eta_T \cdot \eta_N \cdot \eta_{GEN} \cdot \eta_{ED} \cdot \eta_{Sh.Z} \cdot \eta_K \cdot \eta_{YU.V.L.} \quad (7.6)$$

η_T – turbina FIK.

η_N – nasos FIK.

η_{GER} – generator FIK.

η_{EL} – elektrodvigatel FIK

$\eta_{T.Z}$ – shaxsiy zaruriyatlar FIK.

η_K – quvurlar FIK

$\eta_{YU.V.L}$ – yuqori vol'tli liniya FIK.

7.3. Kichik quvvatli GES, 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 quyishning afzalligi;
- kichik quvvatli GES larni qurishning nisbatan engilligi, 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 xukumatning 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 $N = 20$ metrgacha;
- b) o'rta naporli $N = 20 - 100$ m;
- v) yuqori naporli $N > 100$ m.

Hozirgi paytda kichik GESlarda o'rnatilayotgan turbinalar quyidagi ko'rsatkichlarga ega:

Napor – 2 – 400 m

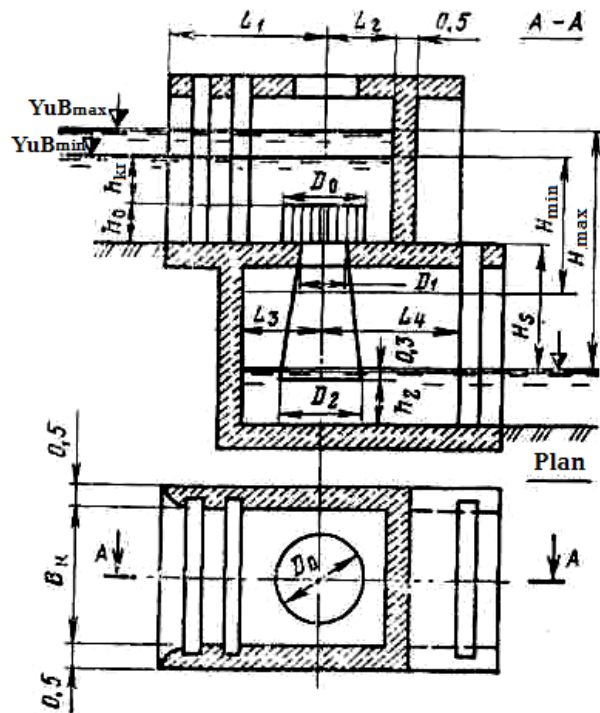
Quvvati – 10 – 8000 kVt

Ishchi g'ildirak diametri – $D_1 = 0,2 - 2,0$ m

Kichik GESlarni foydalanilayotgan irrigasiya 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.



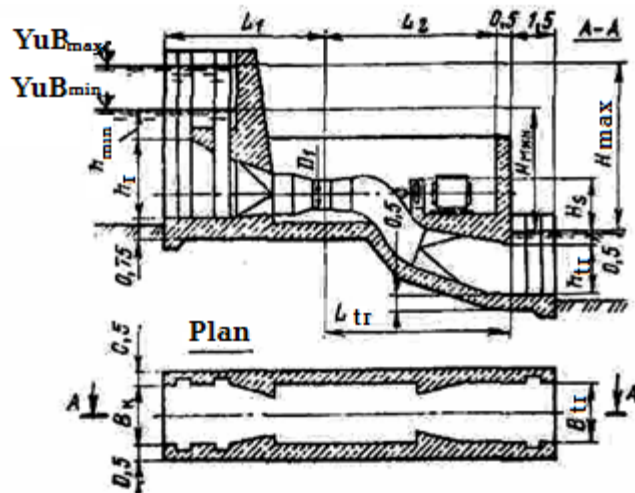
7.4-rasm. O'zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad L_2 = 1,5 \cdot D_1; \quad L_3 = (1,5 - 2,0) D_1;$$

$$L_4 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad h_{kp} = 1,2 \cdot D_1; \quad h_0 = 0,9 \cdot D_1;$$

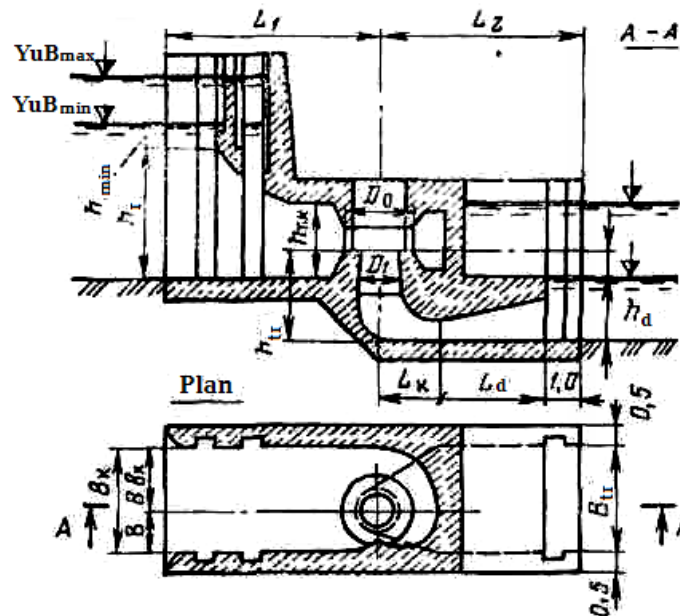
$$h_2 = D_1; \quad D_0 = 1,8 \cdot D_1; \quad B_k = 3 \cdot D_1.$$

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).



7.5-rasm. Gorizontal turbinali o'zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (5 - 6) D_1; \quad L_2 = (6 - 7) D_1; \quad L_{tr} = (6 - 6,5) D_1; \quad h_{min} = D_1; \quad h_p = (2,5 - 3,0) D_1; \quad h_{tr} = (1,5 - 2,0) D_1; \quad B_k = B_{tr} = 2 D_1.$$



7.6-rasm. O'zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (5 - 6)D_1; \quad L_2 = (5 - 6) D_1; \quad L_k = (1,5 - 1,8)D_1; \quad L_d = (2,5 - 3,0) D_1.$$

$$h_{\min} = 0,75 D_1; \quad h_p = 3 \cdot D_1; \quad h_{tk} = (1,8 - 2,0) D_1; \quad h_{tr} = (2,0 - 2,5) D_1;$$

$$h_d = (1,2 - 1,4) D_1; \quad B_k = B_{tr} = (2,8 - 3,0) \cdot D_1; \quad B_{vx} = 1,7 \cdot D_1.$$

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).

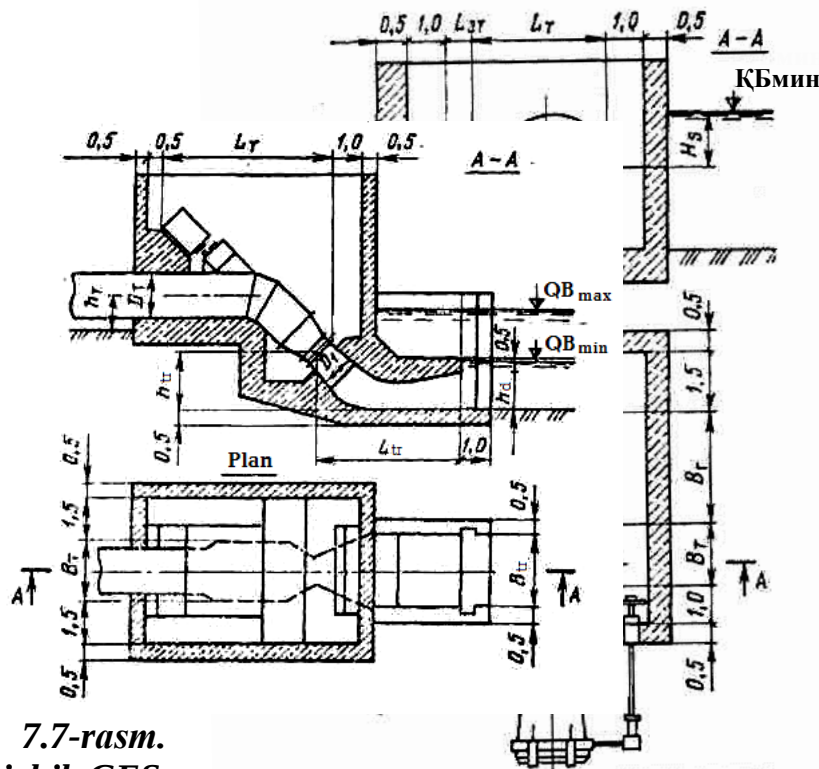
Ishchi g'ildirak diametri 2,0 – 3,0 metr, napor qiymati 4 – 12 m bo'lganda beton kam sarf bo'lishi jihatidan shubhasiz eng yaxshi variantlardan biri gorizontall to'g'ri o'qli va kapsulali agregatlar bilan jihozlangan GES binolaridir. Lekin bu binolarda metall ko'p sarf bo'lishini, agregatlarni ishlatish ancha murakkabligini hisobga olib, ushbu sharoitlar uchun 7.5-rasmdagi variant tavsiya etiladi.

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 gorizontall radial – o'qiy turbinalarni qo'llash talablarga javob beradi (rasm 7.8).

Bu holda turbina metall kojuxli kameraga va to'g'ri o'qli konussimon so'rish quvuriga ega bo'ladi.

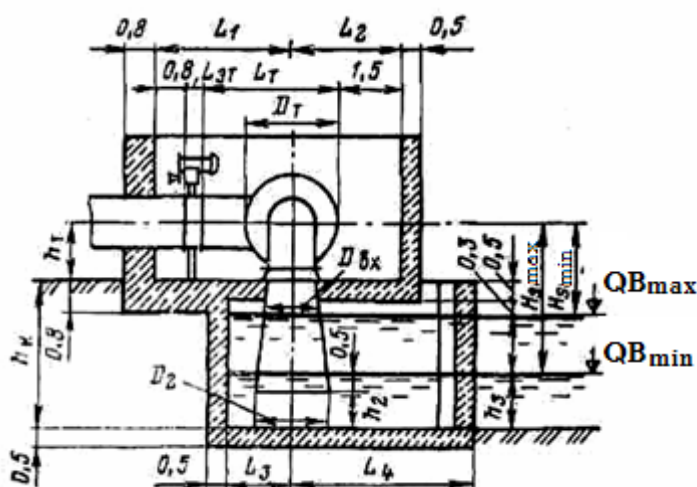


**7.7-rasm.
kichik GES**

**Egilgan o'qiy turbinali
binosi:**

$$L_1 = 6,0 \cdot D_1; \quad L_{tr} = 5 \cdot D_1; \quad h_{tr} = 2 \cdot D_1; \quad h_d = (1,2 - 1,4) D_1; \quad B_T = 2 \cdot D_1; \quad B_{TP} = (2,5 - 3,0) D_1.$$

Napor yanada yuqori qiymatlarga ega bo'lsa, ya'ni $N=100 - 400$ m ga teng bo'lganda ham GES binosida gorizont radial-o'qiy ($D_1 = 0,5$ m) turbinalarni qo'llash o'rindir.



7.8-rasm. To'g'onli kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad L_2 = 3 \cdot D_1; \quad L_T = (3,5 - 4,0) D_1; \quad D_T = 2,5 \cdot D_1; \quad D_{vx} = 1,4 \cdot D_1;$$

Pastki kamera o'lchamlari 7.4-rasmdagi o'lchamlar kabi olinadi.

Bunda turbina metall spiral kamera va konussimon gorizont so'rish quvuri bilan jihozlanadi (7.9-rasm).

Adabiyotlar

1. Latipov K.Sh., Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar, Toshkent “O’qituvchi”, 1992.
2. Isayev A.P., Sergeyev B.I., Didur V.A, Gidravlika i gidromexanizatsiya sel’skoxozyaystvennix prosessov. M.: “Agropromizdat”. 1990 g.
3. Bashta T.M. i dr. Gidravlika, gidromashini i gidroprivodi M.: “Mashinostroeniye” 1982 .
4. Shtrenlixt D.B. Gidravlika M.: “Energoatomizdat”, 1984.
5. Chugayev R.R. Gidravlika L.: “Energiya” , 1971.
6. Andreevskaya A.I. i dr. Zadachnik po gidravlike. M.: “Energiya” , 1970.
7. Bogomolov A.I. i dr. Primeri gidravlicheskix raschyotov M.: “Transport” 1977.
8. Gidroenergeticheskiye ustanovki: Uchebnik dlya vuzov/ Pod red. D. S. Shaveleva. 2 – e izd. pererabot. i dop. – L.: Energoizdat, 1981. – 520 s., il.
9. Gidroelektricheskiye stansii: Uchebnik dlya vuzov/ Pod red. V.Ya. Karelina, G.I. Krivchenko. – 3 – e izd. pererabot. i dop. – M: Energoatomizdat, 1987. – 464 s.
10. Ispol’zovaniye vodnoy energii: Uchebnik dlya vuzov/ Pod red. YU.S. Vasil’eva. – SPb: Energoizdat, 2000.
11. Potapov V.M., Tkachenko P.E., Yushmanov O.A. Ispol’zovanie vodnoy energii. – M.: Kolos, 1972.
12. Vasil’yev YU.S., Pretro G.A. Gidroakkumuliruyushie elektrostansii. Uchebnoe posobie. – L.: LPI, 1984.
13. Neporojniy P.S., Obrezkov V.I. Gidroeлектроenergetika: Ucheb. posobie. M.: Energoizdat, 1982.
14. Nasosi i nasosnie stansii: Uchebnik dlya vuzov/ Pod red. V.F. Chebaevskogo. – M.: Kolos, 1990.
15. Turk V.I., Minaev A.V., Karelin V.Ya. Nasosi i nasosnie stansii: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Stroyizdat, 1977.
16. Proektirovanie nasosnix stansiy i ispitaniye nasosnix ustanovok/ Pod red. V.F. Chebaevskogo. – M.: Kolos, 1982.
17. Lisov K.I., Grigor’ev K.T. Nasosi i nasosnie stansii. M.: Kolos, 1977.
18. Lobachev P.V. Nasosi i nasosnie stansii: Uchebnik dlya texnikumov. – M.: Stroyizdat, 1983.
19. Muxammadiyev M.M., Urishev B.U. Nasos stansiyalarni loyihalash: O’quv qo’llanma. Toshkent.: TDTU, 1997.
20. Muxammadiyev M.M., Urishev B.U. va boshqalar. Gidrotexnik inshootlarni loyihalash: O’quv qo’llanma. Toshkent.: TDTU, 1997.

KIRISH.....	4
I. SUV ENERGIJASIDAN FOYDALANISHNING GIDRAVLİK ASOSLARI.....	7
1.1. Gidravlikaning rivojlanishi haqida qisqacha ma`lumot.....	7
1.2. Suyuqliklar to`g`risida asosiy tushunchalar.....	8
1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari.....	8
1.4. Gidrostatika. Tinch turgan suyuqlikka ta`sir etuvchi kuchlar.....	12
1.5. Gidrostatik bosim va uning xossalari.....	12
1.6. Bosimni o`lchash birliklari.....	13
1.7. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.....	13
1.8. Suyuqliklarda bosimning uzatishi. Paskal` qonuni.....	14
1.9. Mutloq va manometrik (ortiqcha) bosim. Vakuum. Bosim o`lchash asboblari.....	15
1.10. Gidrodinamika. Suyuqlik harakatining asosiy tenglamalari.....	18
1.11. Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi va o`rtacha tezligi.....	19
1.12. Uzluksizlik tenglamasi.....	20
1.13. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi.....	21
1.14. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari. P`ezometrik chiziq.....	24
1.15. Real suyuqliklar kichik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi.....	26
1.16. Napor (bosim) yo`qolishining ikki turi.....	28
1.17. Suyuqlikning laminar va turbulent harakati.....	28
1.18. Gidravlik nishabliklar.....	30
1.19. Mahalliy qarshilik turlari va koeffitsiyentlari.....	31
II. GIDROENERGETIKA VA SUV RESURSLARIDAN MUKAMMAL FOYDALANISH.....	35
2.1. Suv xo`jaligi tizimlarida suv energiyasidan foydalanish ahamiyati.....	36
2.2. Suv resurslari va ulardan mukammal foydalanish.....	36
2.3. Gidroenergetik qurilmalar turlari, vazifalari va suv energiyasidan foydalanish usullari.....	38
2.3.1. Gidroenergetik qurilmalar turlari.....	38
2.3.2. Suv energiyasidan foydalanish sxemalari.....	39
III. GIDROLEKTROSTANSIYALAR. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI.....	43
3.1. GESning asosiy parametrlari.....	43
3.2. Gidroturbinalarning sinfiy guruhleri, tuzilishi, asosiy parametrlari va xarakteristikalari.....	43
3.2.1. Gidravlik turbinalarning sinfiy guruhleri.....	46
3.2.2. Gidroturbinalar tuzilishi.....	47
3.2.3. Gidravlik turbinalarning asosiy parametrlari.....	50
3.2.4. Gidroturbinalar xarakteristikalari.....	52
3.3. Gidroturbinalarda oqim xarakati, uning asosiy tenglamasi, turbinalarni modellashtirish.....	55
3.3.1. Gidroturbinalarda suv oqimi harakati.....	55
3.3.2. Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi.....	58

3.3.3. Hidroturbinalarni modellashtirish. O'xshashlik mezonlari.....	61
3.3.4. O'xshashlik tenglamalari. Hidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari.....	63
3.4. GESning elektroenergetik jihozlari, ularning tarkibi turlari va parametrlari.....	67
3.4.1. Hidrogeneratorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi.....	67
3.4.2 Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari.....	69
3.4.3 Elektr ulash sxemalari.....	69
3.5. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari.....	70
3.5.1. Ko'tarish – tashish mexanizmlari.....	71
3.5.2. Yog' bilan ta'minlash xo'jaligi.....	71
3.5.3. Texnik suv ta'minoti.....	72
3.5.4 Siqilgan havo bilan ta'minlash xo'jaligi.....	72
IV. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI.....	73
4.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlar va joylashish sxemalari.....	73
4.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari.....	76
4.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko'rsatkichlari.....	80
4.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi.....	83
4.4.1. Markazdan qochma nasoslar.....	83
4.4.2. O'qiy nasoslar.....	84
4.4.3. Parrakli nasoslarda oqim xarakati.....	86
4.4.4. Parrakli nasoslarning asosiy tenglamasi.....	88
4.4.5. Nasoslarni modellashtirish. Nasoslar ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari.....	90
4.4.6. Nasoslarda kavitatsiya xodisasi va ularning chegaralangan so'rish balandligini aniqlash.....	90
4.4.7. Nasoslarning xarakteristikalar.....	92
4.4.8. Nasos ish rejimini rostlash usullari.....	95
4.4.9. Nasoslarning birgalikdagi ishi.	96
4.5. Nasoslarning boshqa turlari.....	98
4.5.1. Uyurmaviy nasoslar.	98
4.5.2. Porshenli nasoslar.....	99
4.5.3. Quduq nasoslari.	100
4.6. Nasos stansiyalarida nasoslarni tanlash.....	101
4.6.1. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash.....	101
4.6.2. Nasoslar sonini aniqlash.....	102
4.6.3. Nasoslar markasini aniqlash.....	103
4.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel tanlash.....	103
4.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari.....	105
4.8.1. Mexanik jihozlar.....	105
4.8.2 Vakuum-sistemalar.....	105
4.8.3 Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta'minlash tizimlari.....	106
V. GIDROENERGETIK QURILMALAR BINOLARI VA INSHOOTLARI.....	107
5.1. Hidroelektr stansiyasi binolari.....	107
5.1.1. Uzanda joylashgan GES binosi.....	109

5.1.2. To'g'onli GES binolari.....	110
5.1.3. Derivasiya GESi binosi.....	110
5.1.4. GES binosi hisoblari va loyihalashning asosiy masalalari.....	112
A. Stansiya binosining pastki qismi.....	112
B. GES binosi yuqori qismi.....	113
5.2. Nasos stansiyasi binolari.....	115
5.2.1. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binosi.....	115
5.2.2. Yarmi yer ostida joylashgan nasos stansiya binosi.....	116
5.2.3. Blokli nasos stansiya binosi.....	116
5.2.4. Nasos stansiya binosini loyihalashning texnik shartlari va qoidalari.....	117
5.2.5. Nasos stansiya binosining gorizontaal tekislikda joylashish shartlari (planda).....	117
5.2.5. Nasos stansiya binosining vertikal tekislikda joylashish shartlari....	120
5.2.6. Nasos stansiyasining ichki bosim kommunikatsiyalari.....	121
5.3. Gidroenergetik qurilma kanallari.....	
5.3.1. Kanallarning ko' ndalang kesimi.....	
5.3.2. Kanallardagi inshooatlar.....	
5.3.3. Energetik kanallarni qoplash jarayonlari.....	
5.3.4. Kanalning gidravlik parametrlari.....	
5.3.5. Derivasion kanallardagi ruxsat etilgan suv tezligi	
VI. GIDROENERGETIK QURILMALARNING	
BOSIM QUVURLARI.....	123
6.1. Gidroenergetik qurilmalar bosim quvurlarining turlari.....	124
6.2. Quvur trassasi va turbinaga suv keltirish sxemalari.....	126
6.3. Quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash.....	127
VII. GIDROAKKUMULYASIYA ELEKTR STANSIYALARI	
VA KICHIK GESLAR.....	130
7.1. Gidroakkumulyasiya stansiyalarining turlari.....	130
7.2. GAES asosiy parametrlari.....	132
7.3. Kichik quvvatli GES, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi.....	134
Adabiyotlar.....	140