

B.U.URISHEV

KICHIK GIDROELEKTRSTANSIYALAR

Darslik



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
QARSHI MUXANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

B.U.URISHEV

KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALAR

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan.
(5312400 - "Muqobil energiya manbalari")

Toshkent
«Tafakkur avlodi»
2020

ergiya
gidro-
e'tirof

ya va
jara-
maq-
GES)
ko'p

lash-
min-
ektr-
katta
arish
ener-
sho-
on-
iyasi

idan
dan
kla-
da-
giya
va
da.
tika
na-
iya
ish
asi
lib

UO'K: 621.311.21(075.8)

KBK: 31.57ya73

U 64

U 64 Urishev B.U.

Kichik gidroelektr stansiyalar [Matn]: darslik /

B.U.Urishev. – Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2020. – 200 b.

Darslikda O'zbekiston Respublikasida kichik gidroelektr stansiyalarning barpo etilishining qisqacha tarixi, ulardan foydalanishning jahonda va Respublikadagi hozirgi holati, rivojlanish istiqbollari to'g'risida ma'lumotlar berilgan. Kichik GESlarda suv energiyasidan foydalanish inshootlari, asosiy texnologik jihozlari, ularning turlari, tuzilishi masalalari hamda jihozlar va inshootlar parametrlarini aniqlash usullari bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Kichik GESlarning elektro-energetika tarmoqlaridagi ish rejimlarini, ularning iqtisodiy samaradorligini aniqlashning zamonaviy usullari berilgan.

Darslik 5312400 – «Muqobil energiya manbalari» ta'lim yo'nalishida ta'lim olayotgan bakalavrlar uchun mo'ljallangan, shu bilan bir qatorda undan 5310100–»Energetika», 5310200–»Elektroenergetika», 5450100 – «Irrigatsiya tizimlarida suv energiyasidan foydalanish», 5450400 – «Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalardan foydalanish» ta'lim yo'nalishlarida ta'lim olayotgan bakalavrlar, shu yo'nalishlarga turdosh bo'lgan mutaxassisliklarda o'qiyotgan magistrlar ham foydalanishi mumkin.

Taqrizchilar:

Muxammadiyev M.M. – ToshDTU "Gidravlika va gidroenergetika" kafedrasining mudiri, t.f.d., prof.

Eshev S.S. – QarMII "Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalardan foydalanish" kafedrasining mudiri, t.f.d., prof.

UO'K: 621.311.21(075.8)

KBK: 31.57ya73

ISBN 978-9943-6691-9-2

© **Urishev B.U.**

© «Tafakkur avlodi», 2020

KIRISH

Bugungi kunda kichik gidroenergetika mamlakatlar energiya ta'minotida muhim o'rinlarni egallayotgani va uning katta gidroenergetikaga nisbatan afzalliklari xalqaro miqyosda e'tirof etilmoqda.

Hozirgi zamon kichik gidroenergetikasi yetuk texnologiya va boshqaruv tizimiga ega, shu sababli energiya ishlab chiqarish jarayoni atrof-muhitga minimal ta'sir ko'rsatadi, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq hisoblanadi, kichik gidroelektr stansiyalar (KGES) qisqa muddatlarda qurib bitkaziladi, ularning suv omborlari ko'p joylarni egallamaydi.

Dunyoning ko'pgina mintaqalarida uzoq masofalarda joylashgan, shu sababli markazlashgan holda elektr energiyasi bilan ta'minlash ancha qimmat va mushkul bo'lgan aholi turar-joylarini elektrlashtirish muammolarini hal qilishga kichik gidroenergetika katta hissa qo'shmoqda, aholining turmush darajasini va ishlab chiqarish sharoitlarini yaxshilashga yordam bermokda. KGESlar gidroenergetik potensialga ega bo'lgan deyarli barcha suv manbalari va inshootlarida qurilishi mumkin, hatto hech qanday quvurlar va tug'onlardan foydalanmasdan, faqat suv oqimining kinetik energiyasi hisobiga ishlaydigan kichik energetik qurilmalar mavjud.

Keyingi paytlarda jahonda markazlashgan energiya ta'minotidan ajralgan, yakka holdagi kichik energetik tizimlar – (microgrid)lardan foydalanish keng rivojlanmoqda. Mazkur tizimlar asosan qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan, jumladan, KGESlardan foydalanishga mo'ljallangan bo'lib, ulardan oqilona foydalanish, energiya resurslarini tejash, zarur hollarda to'plash (akkumulyatsiyalash) va to'g'ri taqsimlash hisobiga katta samaradorlikka ega bo'lmoqda. Jahonning nufuzli energetik tashkilotlaridan biri Xalqaro Energetika Agentligining ma'lumotlariga ko'ra 2030-yilga borib rivojlana-yotgan mamlakatlarda kichik energetik tizimlarning energiya ta'minotidagi ulushi 30...40 % ni tashkil etadi.

O'zbekiston Respublikasida ham energetikani rivojlantirish asosida iqtisodiyot tarmoqlarini va ijtimoiy sohani elektr energiyasi bilan to'liq va sifatli ta'minlash bo'yicha katta miqyosda ishlar olib borilmoqda.

DENOV TADBIRKORLIK
VA PEDAGOGIKA
INSTITUTI ARM
№ 25968

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 2-maydagi «2017 - 2021-yillarda gidroenergetikani yanada rivojlantirish chora-tadbirlari dasturi to'g'risida»gi, 2017-yil 26-maydagi «2017 - 2021-yillarda qayta tiklanuvchi energetikani yanada rivojlantirish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari dasturi to'g'risida»gi Qarorlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan keng foydalanish asosida yoqilg'i - energetik resurslar balansini diversifikatsiyalash, ya'ni an'anaviy yoqilg'i turlarini qayta tiklanadigan energiya turlariga almashtirish hisobiga ularning elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqarishdagi hissasini kamaytirish masalalariga katta e'tibor berilmoqda. Jumladan, 2017 - 2021-yillarda gidroenergetikani yanada rivojlantirish chora-tadbirlari dasturida «yirik, o'rta, kichik va mikro gidroelektrostansiyalarni loyihalashtirish va qurish sohasida zamonaviy va asoslangan ilmiytexnik yechimlarni tatbiq etish, shu asosda respublika energetika balansi tarkibida gidroenergetika quvvatlarining ulushini ko'paytirish» ko'zda tutilgan [1,2,3].

Respublikamiz tabiiy geografik sharoiti va suv resurslarining holati gidroenergetik quvvatlarni o'zlashtirishda ko'proq kichik quvvatli GESlardan foydalanish maqsadga muvofiqligini taqozo etadi. Shuni hisobga olib 2017 - 2021-yillarda qurilishi rejalashtirilgan 42 ta GESdan 35 ta har biri 2,0...30 MVt quvvatga ega bo'lgan va umumiy quvvati 349 MVtni tashkil etadigan kichik quvvatli GESlarni barpo etish mo'ljallanmoqda. Buning natijasida Respublikamiz gidroenergetikasi quvvati 1,7 barobarga oshadi.

Shu bilan bir qatorda Respublikada mikroGESlardan foydalanish bo'yicha ham birmuncha ishlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2017-yil 14-sentyabrdagi 724-son Qaroriga ko'ra kanallar, soylar, zovurlar, suv omborlarda umumiy quvvati 6100 kVt bo'lgan 37 mikroGESning tajriba loyihalari amalga oshirilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi energetikasini rivojlantirish sohasida belgilangan marralarda 2025-yilga borib energiya ishlab chiqarishda tiklanuvchi energiya manbalarining ulushini 20 % dan oshirish, 2030-yilga borib mahsulot ishlab chiqarishning energiya sig'imdorligini ikki barobar kamaytirish ko'zda tutilgan. Ushbu marralarni egallashda bajariladigan ishlarning asosiy salmog'i kichik

gidroenergetikaning hissasiga to'g'ri keladi, shu sababli mazkur soha bo'yicha zamonaviy kadrlarni tayyorlash ham shu kunning dolzarb masalalaridan biri bo'lib turibdi.

«Kichik gidroelektr stansiyalar» darsligi 5312400 - «Muqobil energiya manbalari» ta'lim yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan, shu bilan bir qatorda undan 5310100 - «Energetika», 5310200 - «Elektroenergetika», 5450100 - «Irrigatsiya tizimlarida suv energiyasidan foydalanish», 5450400 - «Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalardan foydalanish» ta'lim yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalar, shu yo'nalishlarga turdosh bo'lgan mutaxassisliklarda o'qiyotgan magistrlar ham foydalanishi mumkin.

Darslikni tayyorlashda ko'rsatilgan yordam va maslahatlar uchun muallif TDTU «Gidravlika va gidroenergetika» kafedrası mudiri, texnika fanlari doktori, professor M.M. Muxammadiyevga o'z minnatdorchiligini bildiradi.

Darslikning mazmuni bo'yicha bildirilgan taklif va kamchiliklarni quyidagi manzilga jo'natishingizni so'raymiz: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik ko'chasi, 225, Qarshi muxandislik iqtisodiyot instituti, «Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalaridan foydalanish» kafedrası.

I-BOB.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALARNING BARPO ETILISHI TARIXI, JAHONDA VA RESPUBLIKADA ULARNING ENERGETIK RESURLARIDAN FOYDALANISHNING HOZIRGI HOLATI

1.1. O'zbekistonda kichik GESlar qurilishining qisqacha tarixi

O'zbekistonda qariyb 3000-yillar avval ham suv energiyasidan tegirmon toshlarini aylantirishda, charxpalak shaklidagi suv g'ildiraklari bilan yuqoriga suv ko'tarishda foydalanib kelingan. IX asrda, 800 yillarning boshida yashab ijod qilgan buyuk olim Axmad al - Farg'oniyning asarlarida ham suv sarfini va sathini aniqlash, daryolardagi oqim miqdorini hisoblash usullari keltirilgan. Olim tomonidan kashf etilgan suv sathini aniqlovchi «Miqyos an-Nil» qurilmasi nilometr nomi bilan ko'p yillar muhandislik ishlarida qo'llanib kelingan.

O'zbekistonda gidroenergetikaning rivojlanishi 1926-yilda Bo'zsuv daryosida quvvati 4 MVt bo'lgan birinchi GESning qurilishi bilan boshlandi (1.1- rasm). Bu GES nafaqat O'zbekistonda, shuningdek sobiq respublikalar Ittifoqida qurilgan (Rossiyada Volxov GESi) birinchi GESlardan hisoblanadi.

1931-yilda Toshkentda bo'lib o'tgan O'rta Osiyo energetika qurultoyida O'rta Osiyoni elektrlashtirish Bosh rejasi tasdiqlanadi va bu rejaga ko'ra O'rta Osiyoning gidroenergetik resurslarini o'zlashtirish ishlarida loyiha-qidiruv va loyiha ishlarini amalga oshirish 1930-yilda tashkil etilgan «Sredazgidroproyekt» institutiga topshiriladi. 1.1 - jadvalda mazkur institut tomonidan loyihalangan va natijada qurib foydalanishga topshirilgan GESlar ro'yxati berilgan.

Bosh rejaga asosan 1931-yilda quvvati 13,2 MVt bo'lgan Qodiriya GESining qurilishi uchun tayyorgarlik ishlari boshlab yuboriladi va bu GES 1933-yilda ishga tushiriladi (1.2 - rasm).

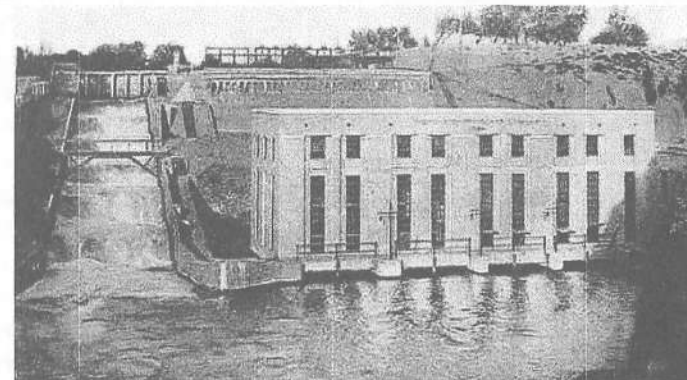
O'zbekiston Respublikasida qurilgan kichik GESlar ("Gidroproyekt" AJ ma'lumotlari)

1 - jadval						
GES nomi	Suv manbai	GES suv sarfi, m ³ /s	GES o'rnatilgan quvvati MVt	Agregatlar soni	Yillik ishlab chiqarilgan el. energiya, mln. kVtch	Qurilgan yillari
Bo'zsuv	Bo'zsuv	48	4,0	4	32	1923-1926
Qodiriya	Bo'zsuv	52	13,2	4	112	1930-1933
Bo'rjjar	Bo'zsuv	45	6,4	2	45	1933-1936
Qibray (Oqqovoq №3)	Chirchiq	76,2	11,2	1	89	1942-1944
Oqtapa	Chirchiq	45	15	1	80	1941-1943
Salor	Salor	73,2	11,2	1	85	1943-1944
Quy i Bo'zsuv №1	Bo'zsuv	45	10,7	1	41	1942-1944
Talig'ulon №1	Darg'om	24	3,0	2	12	1943-1945
Oqqovoq №2	Chirchiq	90	9,0	2	66	1943-1946
Namangan №2	Yangi kanali	18,5	1,2	1	9	1945-1947
Shahrixon №6	Shaxri-xonsoy	48,4	11,4	2	72	1945-1949
Quy i Bo'zsuv №2	Bo'zsuv	73,5	7,0	3	15,4	1945-1949
Quy i Bo'zsuv №3	Bo'zsuv	96	11,2	2	41	1947-1950
Qumqurg'on	Qumqurg'on kanali	14,3	1,8	1	13	1950-1952
Namangan №1	Namangansoy	18,5	2,4	1	21	1949-1952
Shayxontovur	Bo'zsuv	55	3,6	3	23	1951-1954

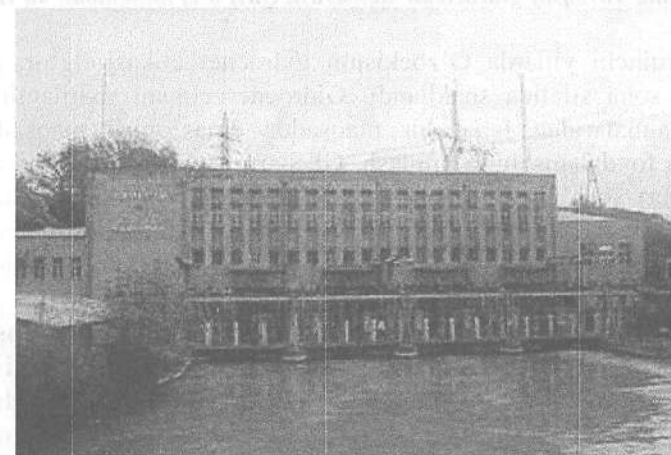
Shaxrison №7	Shaxrisonsoy	44	7,1	2	54	1949-1953
Quyí Bo'zsuv №4	Bo'zsuv	60	17,6	2	88	1950-1954
Quyí Bo'zsuv №6	Bo'zsuv	50	4,4	2	21,8	1950-1956
Namangan №3	Namangansoy	18,5	2,4	1	17	1951-1955
Paytoq	Katta Farg'ona kanali	21,5	1,3	1	4	1955
Xishrov	Darg'om	67,5	21,9	3	123	1951-1958
Xazarbog'	Xazarbog' kanali	13	1,5	2	10	1957
QFK №1	Quyí Farg'ona kanali	26,7	2,1	2	12	1957
Qudosh	Sux daryosi	22,6	5,0	2	25	1954-1958
Namangan №4	Namangansoy	18,5	2,4	1	18	1956-1960
Yerteshar	Darg'om	45	6,4	2	20	1955-1960
Talig'ulon №3	Darg'om	45	8,8	2	24	1962
Andijon	Andijansoy	5,6	2,5	2	5	1962
Oqsuv	Oqsuv daryosi	3,7	2,7	2	9	1965
QFK №3	Quyí Farg'ona kanali	35,0	6,7	2	40	1963-1966
Urgut	Darg'om	40,4	3,0	6	11,8	2003
Tupolang GES (1 navbat)	Tupolang daryosi	24	30	2	63,3	2006
Oxangaron GES	Oxangaron suv ombori	41,6	21	2	66,6	2010

Bundan sal o'tgandan keyin 1936-yilda Bo'rijar GESi (6,4 MVt) qurib bitkaziladi va elektr energiyasini ishlab chiqara boshlaydi.

Bundan sal o'tgandan keyin 1933-yilda Qodiriy (13,2 MVt), 1936-yilda Bo'rijar (6,4 MVt) GESlari qurib bitkaziladi va elektr energiyasini ishlab chiqara boshlaydi. Mazkur GESlarning oqim miqdori yil davomida ko'p o'zgarmaydigan Bo'zsuv daryosiga qurilib ishga tushirilishi yiliga 180...190 mln. kVt

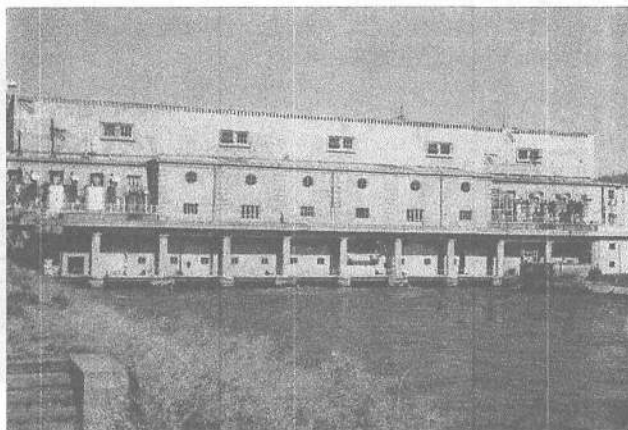


1.1 – rasm. Bo'zsuv gidroelektr stansiyasi.
Quyí b'ef tomonidan ko'rinishi.



1.2 – rasm. Qodiriya gidroelektr stansiyasi.
Quyí b'ef tomonidan ko'rinishi.

1932-yildan boshlab O'zbekistonda yirik gidroenergetik inshootlar qurilishi boshlandi, bunga misol sifatida Chirchiq daryosida qurilgan umumiy quvvati 160 MVt bo'lgan Chirchiq va Tovoqsoy GES larini keltirish mumkin (1.3 – rasm). Ushbu GESlarning 1935...1940-yillarda ishga tushishi Chirchiq shahrida joylashgan yirik sanoat korxonalarini arzon elektr energiyasi bilan ta'minlash imkonini berdi.



1.3 – rasm. Tovoqsoy gidroelektr stansiyasi. Quyi b'ef tomonidan ko'rinishi.

Qirqinchi yillarda O'zbekiston gidroenergetikasi ilg'or, rivojlangan soha sifatida shakllandi. Gidroenergetikani rivojlantirishda suv manbalaridan faqat bir maqsadda emas, turli maqsadlarda oqilona foydalanishni ta'minlash, GESlarni suv manbalarida kaskad (pog'ona) shaklida joylashtirish kabi progressiv usullardan foydalanish keng yo'lga qo'yildi. Bu usullarni qo'llash suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshiradi, energiya ishlab chiqarish va uni taqsimlashda uning isrof bo'lishini kamaytiradi.

Ikkinchi jahon urushi boshlanishi bilan O'zbekistonga Rossiya-dan evakuatsiya qilingan sanoat korxonalarini elektr energiyasi bilan ta'minlash masalasi o'ta dolzarb masala sifatida yuzaga keladi, shu sababli birdaniga bir nechta GESning qurilishi boshlanadi (Oqqovoq-1, Qibray, Oqtepa, Salor, Quyi Bo'zsuv va boshq.).

Og'ir urush yillarida ishchi kuchi, texnika yetishmasligiga qaramasdan hashar yo'li bilan rekord muddatlarda 40 yaqin kichik quvvatli GESlar qurib bitkazildi, masalan Oqtepa GESi 13 oyda, Qibray GES 18 oyda, Salor GESi 11 oyda, Oqqovoq – 1 GESi 15 oyda ishga tushirildi.

Elliginchi yillarda Respublikada kichik GESlarning qurilishi davom ettirildi, bu muddatda quvvati 1,5 MVtdan 22 MVtgacha 13 ta GES qurib bitkazildi, ulardan eng yirigi Samarqanddagi Darg'om kanalida qurilgan Xishrov GESi hisoblanadi.

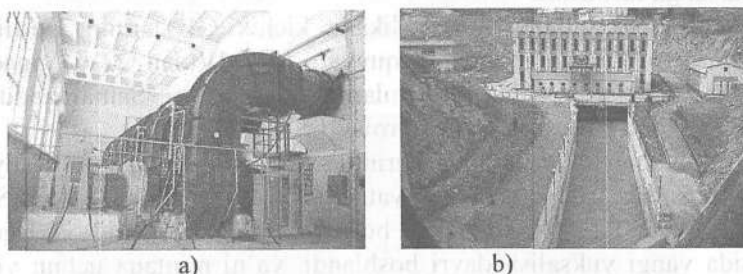
Oltmishinchi yillarning birinchi yarmida Farg'ona vodiysi, Samarqand, Qashqadaryo viloyatlarida yana 6 ta kichik GESlar barpo etildi, ikkinchi yarmidan boshlab O'zbekiston gidroenergetikasida yangi yuksalish davri boshlandi, ya'ni mintaqa uchun yirik bo'lgan GESlarni qurish davri boshlab yuborildi, 1963...1985- yillar oralig'ida quvvati 120 MVtdan 620,5 MVtgacha bo'lgan 5 ta GES ishga tushirildi.

1985-yildan 2000-yillargacha elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojni qondirish boshqa mamlakatlardagidek issiqlik elektr stansiyalarni qurish hisobiga amalga oshirildi. Shu sababli Respublikada gidroenergetika inshootlarning qurilishida deyarli o'zgarishlar yuz bermadi, asosiy ishlar ishlab turgan GESlarning samaradorligini oshirish, ularni ta'mirlash va rekonstruksiya qilish masalalariga qaratildi.

Mamlakatimiz mustaqillikka erishgandan so'ng, Respublikamiz iqtisodiyoti va ijtimoiy sohaning energiyaga bo'lgan talabini qondirish uchun ekologik toza energiya manbalaridan foydalanish, jumladan irrigatsiya tarmoqlarida - magistral, xo'jaliklararo va ichki xo'jalik kanallarida, kollektor-zovur tizimlarida, suv omborlarida, soylarda va boshqa suv manbalarida kichik va o'rta GESlarni barpo etish konsepsiyasi hukumatimiz qabul qilgan qarorlar va dasturlarda o'z aksini topdi. 2003-yilda Darg'om kanalida qurilgan 3 MVtli Urgut GESi ishlay boshladi (1.4a – rasm), 2006-yilda 30 MVt quvvatga ega bo'lgan Tupolang GESining birinchi navbati ishga tushdi, 2010-yilda Oxangaron GESi 21 MVt quvvat bilan elektr energiyasini ishlab chiqara boshladi (1.4b – rasm).

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan xulosa qilib aytish mumkinki, O'zbekiston Respublikasidagi gidroenergetika sohasidagi

tashkilotlarda KGESlarni loyihalash qurish va ishlatish borasida boy tajriba va an'analar to'plangan bo'lib, hozirgi kunda ulardan Respublikamizda mazkur sohada qabul qilingan dasturlarni, ishlarni amalga oshirishda unumli foydalanilmoqda.



1.4 – rasm. Urgut (a) va Ohangaron (b) gidroelektr stansiyalari.

KGESlarni loyihalash, qidiruv, izlanish ishlarini amalga oshirish «Gidroyekt» AJ tomonidan amalga oshirilmoqda, GESlarni qurish va ularning ekspluatatsiyasi ishlari «O'zbekgidroenergo» AJ tomonidan tashkil etilmoqda.

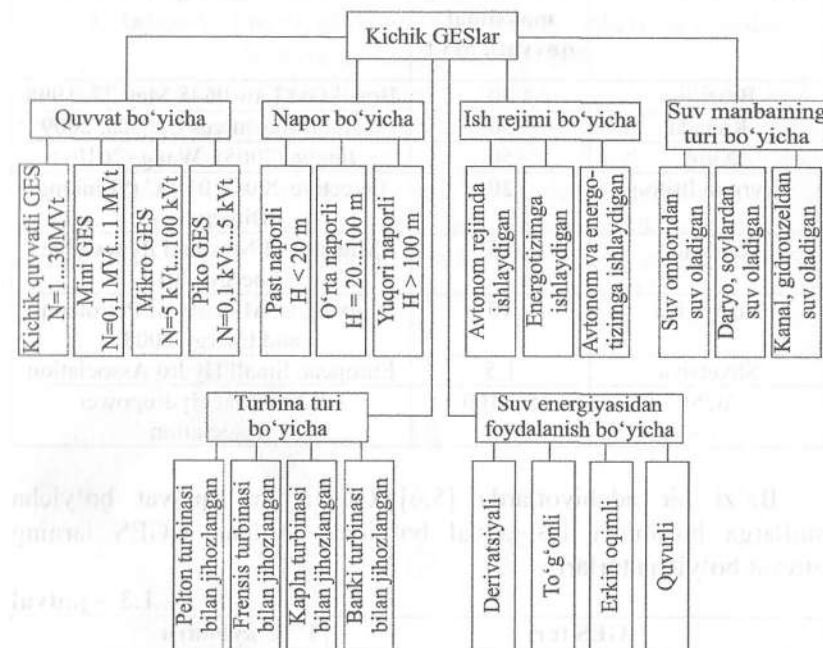
1.2. Kichik GESlarning sinflari

Kichik GESlar har xil iste'molchilarni ularning talablariga ko'ra elektr energiyasi bilan ta'minlashga xizmat qiladigan jihozlar va inshootlar majmuidan iborat qurilma hisoblanadi. KGES larning tuzilishi, ular tarkibidagi inshootlar, sxemalari ish jarayonida maksimal samaradorlikka erishish mezoniga mos ravishda tanlanishi kerak.

KGESlarni sinflarga bo'lishda qo'llaniladigan eng asosiy ko'rsatkich sifatida ularning quvvati qabul qilinadi (1.5– rasm). Lekin KGESlarning maksimal quvvatini belgilashda jahondagi energetika sohasidagi tashkilotlarning mezonlari har xil.

Bu asosan mamlakatlarda kichik gidroenergetika sohasidagi qo'llanilayotgan tendensiyalarga, suv resurslariga, KGESlarni loyihalashning qabul qilingan tartibi, qoidalariga va boshqa faktorlarga bog'liq. Shvetsiya, Shveysariyada KGESlarning maksimal quvvati 1,5 MVt, Avstriya, Ispaniya, Germaniya va Fransiyada 20,0 MVt, Osiyo va Latin Amerikasining ba'zi mamlakatlari va Norvegiyada

10 MVt, Rossiyada 30 MVt qabul qilingan. Bizning Respublikamizda ham gidroenergetikaga oid me'yoriy hujjatlarda KGESlarning maksimal quvvati 30 MVt belgilangan.



1.5 – rasm. Kichik GESlarning sinflarga bo'linishi.

2000-yillargacha KGESlarning maksimal quvvati sifatida 10 MVt hisoblanishi manbalarda ko'p uchraydi. Keyingi yillarda bu quvvat kichik gidroenergetika texnologik jihozlarning yiriklashganligi tufayli ancha oshdi. Xalqaro Energetika Agentligining 2012-yilda nashr etilgan ilg'or energetik texnologiyalarga bag'ishlangan Technology Roadmap Hydropower nomli qo'llanmasida quyidagi jadvalda keltirilgan mezon beriladi [4].

KGESlarning quvvat bo'yicha sinflarga bo'linishi

1.2-jadval

Mamlakatlar nomi	KGESlarning maksimal quvvati, MVt	Mezon belgilangan manba
Braziliya	30	Brazil Gvt Law 9648 May 27, 1998
Kanada	50	Natural Resources Canada, 2009
Xitoy	50	Jinghe (2005), Wang (2010)
Yevropa Ittifoqi	20	Directive 2004/101/EC ("Linking Directive")
Hindiston	25	Ministry of New and Renewable Energy, 2010
Norvegiya	10	Norwegian Ministry of Petroleum and Energy 2008
Shvetsiya	1,5	European Small Hydro Association
AQSh	5 – 100	US National Hydropower Association

Ba'zi bir adabiyotlarda [5,6] GESlarning quvvat bo'yicha sinflarga bo'linishi 1.3-jadval bo'yicha berilgan KGES larning quvvat bo'yicha turlari

1.3 – jadval

GES turi		ГЭС кубвати
Yirik		> 100 MVt
O'rta		15...100 MVt
Kichik GESlar	GESlar Kichik quvvatli	1...15 MVt
	Mini	100 kVt dan... 1 MVt gacha
	Mikro	5 kVt... 100 kVt gacha
	Piko	100 Vatt...5 kVt gacha

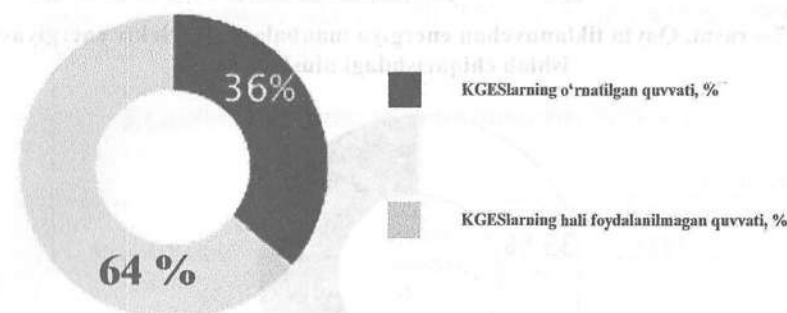
Napor bo'yicha KGESlarning sinflari ham dunyo mamlakatlarida geografik sharoitdan kelib chiqqan holda har xil qiymatlarda belgilangan.

KGESlar ularning oldiga qo'yiladigan vazifalarga qarab turli ish rejimlarida faoliyat yuritishi mumkin, agar lokal energota'minot

ehtiyojlari uchun elektr energiyasi ishlab chiqarilayotgan bo'lsa avtonom rejimda yoki markazlashgan energotizim doirasida, ba'zi hollarda ikkala ish rejimida ham ishlashi ko'zda tutiladi.

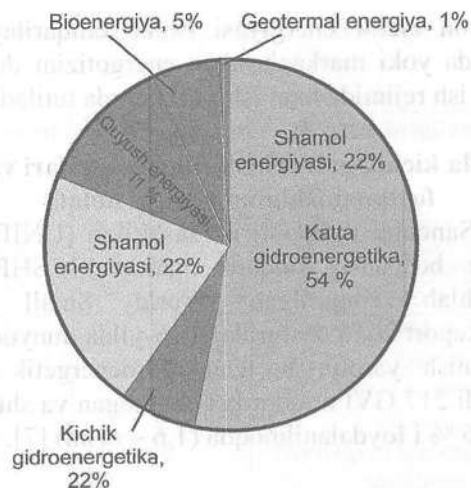
1.3. Jahonda kichik gidroenergetika resurslari va ulardan foydalanishining hozirgi holati

BMTning Sanoatni rivojlantirish tashkiloti (UNIDO) va kichik gidroenergetika bo'yicha Xalqaro markaz (ICSHP) tomonidan birgalikda ishlab chiqarilgan World Small Hydropower Development Report 2016 dasturida 2016-yilda dunyodagi KGESlar uchun foydalanish yaroqli bo'lgan gidroenergetik resurslarning texnik potentsiali 217 GVt miqdorda belgilangan va shundan 78 GVt quvvat, ya'ni 36 % i foydalanilmoqda (1.6 – rasm) [7].

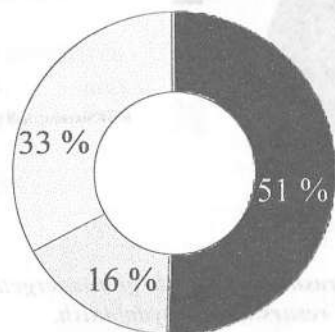


1.6 – rasm. KGESlarda gidroenergetik resurslardan foydalanish.

Yuqorida keltirilgan dastur ma'lumotlariga ko'ra qayta tiklanuvchan energiya manbalari orasida gidroenergetik resurslardan foydalanish ko'lami 61 % ni tashkil etadi, shundan 7 % KGESlar ulushiga to'g'ri keladi (1.7 - rasm). KGESlardan foydalanish darajasini mamlakatlar kesimida ko'rib chiqsak, bunda shubhasiz Xitoy Xalq Respublikasi peshqadam, uning ulushiga KGESlarning 51 % o'zlashtirilgan quvvati mos keladi (1.8 – rasm). KGESlarning 16 % o'rnatilgan quvvati Italiya, Yaponiya, Norvegiya va Amerika Qo'shma Shtatlari (AQSh) kompaniyalari hissasiga to'g'ri keladi.



1.7 – rasm. Qayta tiklanuvchan energiya manbalarining elektr energiyasi ishlab chiqarishdagi ulushlari.



1.8 – rasm. KGESlar o'rnatilgan quvvati miqdorining davlatlar kesimida taqsimlanishi.

■ Xitoy □ Italiya, Yaponiya, Norvegiya va AQSh; □ qolgan davlatlar

KGESlarning potensial quvvatlari va ularni o'zlashtirish bo'yicha ham Osiyo mamlakatlari Xitoy Xalq Respublikasining gidroenergetik imkoniyatlari tufayli yuqori o'rinda. Amerika qit'asi zahiralari bo'yicha Yevropadan oldinda bo'lsada, lekin Yevropada KGES quvvatlarini o'zlashtirish miqyosi ancha yuqori (1.4 – jadval). Bunday holatni dunyo mamlakatlarida 2016-yilda

KGESlar quvvatlarining qit'alar bo'yicha taqsimlanishi

4 – jadval

Qit'alar nomi	Texnik potensial, GVt	O'zlashtirilgan quvvat, GVt
Osiyo	120,614	50,729
Amerika	44,162	7,863
Evropa	38,684	18,684
Afrika	12,197	0,58
Okean	1,206	0,447
Jami:	216,863	78,303

KGESlardan foydalanish darajasi aks ettirilgan 1.5 – jadval ma'lumotlari ham ko'rsatib turibdi. Ispaniya, Germaniya, Avstriya, Shvetsiya va Shvetsariyada deyarli 100 % KGESlarning texnik potensialidan foydalanilgan

KGESlar quvvatlaridan foydalanish darajasi

5 – jadval

Mamlakatlar nomi	Texnik potensial, MVt	O'zlashtirilgan quvvat, MVt	
		MVt	%
Hindiston	11914	2119	17,8
Yaponiya	10270	3545	34,5
Norvegiya	7676	2248	29,3
Italiya	7073	3173	44,9
Vetnam	7200	1836	25,5
Turkiya	6500	1156	17,8
AQSh	6366	3676	57,7
Fransiya	2615	2021	77,3
Ispaniya	2185	2104	96,3
Germaniya	1830	1826	99,8
Avstriya	1780	1368	76,8
Shvetsiya	1280	1280	100,0
Shveysariya	859	859	100,0

World Small Hydropower Development Report 2016 dasturi ma'lumotlariga asosan Markaziy Osiyo davlatlarida (O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston va Turkmaniston) KGESlarning gidroenergetik resurslari 6112 MVt ni tashkil etadi va shundan faqat 4 % idan foydalanilmoqda.

Toshkentdagi "Gidroproyekt" AJ ma'lumotlari bo'yicha Markaziy Osiyo davlatlari hududidagi umumiy gidroenergetik potensial energiya hisobida 750 mlrd. kVt•soatni tashkil etadi, shundan, 305,8 mlrd. kVt•soat texnik potensial hisobiga mos keladi [8]. Ushbu potensialning davlatlar kesimida taqsimlanishi 1.6 – jadvalda keltirilgan.

O'zbekiston Respublikasida KGESlarning texnik potentsiali 2,3 mlrd. kVt•soat miqdorida belgilangan bo'lib, ushbu resurslardan 1109,24 mln. kVt•soat elektr energiyasi ishlab chiqarilmoqda, ya'ni KGESlar texnik potentsialini o'zlashtirish holati 48 % ni tashkil etadi. Texnik potensial tushunchasi hozirgi paytdagi mavjud texnika va texnologik jihozlar yordamida samarali o'zlashtirish mumkin bo'lgan energiyaning quvvati yoki ishlab chiqariladigan energiya miqdorini anglatadi.

Markaziy Osiyo mamlakatlarida gidroenergetik resurslarning taqsimlanishi

1.6 - jadval

Davlatlar nomi	Texnik potentsial, mlrd. kVt•soat	O'zlashtirish holati, %
Tojikiston	143,6	11,0
Qirg'iziston	72,9	14,0
Qozog'iston	61,9	13,0
O'zbekiston	27,4	25,0
Jami:	305,8	13,3

Jahonning rivojlangan mamlakatlaridan biri bo'lgan Xitoyda kichik gidroenergetikani rivojlantirishga katta e'tibor berilmoqda. 2015-yilning oxiriga kelib Xitoydagi barcha GESlar quvvati 320 GVtni, shundan KGESlar quvvati esa 39,8 GVtni tashkil etdi (KGESlar texnik potentsialini o'zlashtirish holati 62,7 %). Bugungi

kunda Xitoyda 4400 ta KGESlar faoliyat ko'rsatmoqda, ular asosan qishloq aholi punktlarini, kichik va o'rta biznes sub'yektlarini elektr energiyasi bilan ta'minlamoqda, bundan tashqari "O'tin o'rniga kichik GES" nomli milliy dastur amalga oshirilmoqda, natijada 2016-yil davomida qishloq joylardagi 592 000 xonadon KGESlar elektr energiyasi bilan yetarli miqdorda ta'minlandi, bu esa o'z navbatida 733 ming gektardan ortiq maydondagi daraxtzorlarni saqlab qolish imkonini berdi. 2020-yilning oxiriga borib Xitoydagi gidroenergetik potentsialni 350 MVtga, shundan KGESlar quvvatini 81 GVtga olib chiqish rejalashtirilgan.

Yaponiyadagi KGESlar soni 1370 dan oshib ketdi, ular yordamida yil davomida 18 810 mln. MVt•soat elektr energiyasi ishlab chiqarilmoqda [9].

Hindistonda yirik GESlar energetika vazirligiga qarashli bo'lsa, quvvati 25 MVtgacha bo'lgan KGESlar tabiatdan foydalanish vazirligi tasarrufidadir. Mazkur vazirlik ma'lumotlariga ko'ra KGESlarning aniqlangan potentsiali 19749 MVtni tashkil etadi. Bu potentsialdan 6474 ta KGESda foydalanish mumkin, shundan 2017-yilga kelib umumiy quvvati 4324 MVt bo'lgan 1077 ta KGES ishga tushirildi. Hindistonda KGESlar qurilishida xususiy sektorning ulushi katta, masalan ishga tushirilgan KGESlarning 416 tasi (2389 MVt) yakka tartibdagi tadbirkorlar mablag'lari hisobidan amalga oshirilgan [10].

Respublikamizda ham gidroenergetikani rivojlantirish dasturiga ko'ra GESlar quvvatini 2025-yilga borib 3037,8 MVt ga yetkazish, ya'ni hozirgiga nisbatan 1,7 barobar oshirish, shu jumladan 35 ta umumiy quvvati 343 MVt bo'lgan KGESlarni ishga tushirish ko'zda tutilmoqda.

Bundan tashqari Respublika Vazirlar Mahkamasining 2017-yil 14-sentyabrdagi "Mikrogidroelektrostansiyalarni qurish bo'yicha tajriba loyihalarini amalga oshirish hisobiga Respublikaning gidroenergetikadan foydalanish salohiyatini kengaytirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qaroriga binoan 2018 – 2019-yillarda umumiy quvvati 6,1 MVt bo'lgan 37 mikro-va mini GESlarni qurish ishlari olib borilmoqda.

Dasturda belgilangan ishlar amalga oshirilsa gidroenergetikaning Respublikadagi elektr energiyasini ishlab chiqarishdagi ulushini 20 % gacha oshirish imkoni tugʻiladi.

Takrorlash uchun savollar

1. Oʻzbekiston Respublikasida qachondan boshlab gidroelektr stansiyalar qurilishi boshlandi?
2. Respublikamizda qurilgan birinchi GES qanday nomlanadi?
3. Jahonda va Respublikamizdagi gidroenergetik resurslarning texnik potentsiali miqdorini aytib bering.
4. Kichik GESlar qanday sinflarga boʻlinadi?
5. Respublikada keyingi yillarda qurilgan KGESlar haqida ma'lumot bering.
6. Respublikada keyingi yillarda gidroenergetikani rivojlantirish bo'yicha qanday dastur qabul qilingan?
7. Respublikamizda gidroenergetikani rivojlantirish dasturiga ko'ra GESlar quvvati 2025-yilga borib qancha bo'lishi kerak?
8. Gidroenergetik resurslarning yalpi, iqtisodiy va texnik potentsiali haqida tushuncha bering.

II-BOB.

KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALARNING SUV MANBALARI

2.1. Suv resurslari va ulardan kichik GESlarda foydalanish istiqbollari

KGESlarning suv manbalari sifatida kichik daryolar, soylar, suv omborlari, ko'llar, gidrotexnik suv taqsimlash va dimlash inshootlari, kanallarning napor hosil qilish mumkin bo'lgan qismlari qabul qilinishi mumkin. Hozirgi kunda KGESlar texnologik jihozlarning keng diapazonlarda ishlash imkoniyatlari ularni deyarli har qanday napor va suv sarfi qiymatlariga ega bo'lgan suv manbalarida qo'llash imkonini beradi.

Shu sababli, KGESlar katta GESlarga nisbatan bir qator boshqa afzalliklarga ham ega bo'lganligi uchun keng ommaviylashib bormoqda. Bu afzalliklar quyidagilardan iborat:

– KGESlarning eng muhim afzalligi uni qurish uchun katta suv omborlari va to'g'onlar, shu sababga ko'ra katta miqdordagi mablag'lar talab qilinmaydi;

– KGESlarning atrof-muhitga zararli ta'sirini deyarli yo'q deb hisoblasha bo'ladi. Katta GESlar atmosferaga zararli chiqindilar chiqarmasada, ular joylashgan akvatoriyada ekologik muvozanat buziladi, katta maydonlar suv ostida qoladi, yer osti suvlari sathi ko'tariladi, flora va faunaga zarar yetkaziladi, hatto suvning tarkibiga zarar yetadi. Jahondagi eng katta Xitoyning "Uch dara" GESi 2012-yilda ishga tushirilgan edi, natijada 13 ta shahar, 1440 ta katta kichik qishloqlar, 1300 ta yodgorliklar suv tagida qolib ketdi, 1,3 mln. aholi boshqa joylarga ko'chirildi. Bugungi kunda yuqorida keltirilgan zararli oqibatlardan tashqari, Yanszi daryosida uzunligi 2300 metr, balandligi 185 metr bo'lgan to'g'onning qurilishi tufayli ushbu daryo orqali okeanga chiqarib yuboriladigan zararli sanoat va maishiy chiqindilar suv omborda qolib ketmoqda va suv tarkibiga, unda yashaydigan jonzotlarga, atrof muhitga katta zarar ko'rsatmoqda;

– KGESlarning qurilish muddatlari juda qisqa, shu sababli xarajatlarni qoplash muddati ham qisqa bo'ladi;

– KGESlarni to'liq avtomatlashtirish mumkin, unda inson qo'l mehnatidan, xarajatli mehnat turlaridan deyarli foydalanilmaydi, shu sababli unda ishlab chiqariladigan elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyasida ishlab chiqarilgan elektr energiyasidan 4...5-marta, katta GESlardagiga nisbatan 1,5...1,7-marta arzon hisoblanadi;

O'zbekiston Respublikasida gidroenergetik maqsadlar uchun yaroqli bo'lgan 83369 km³ suv yig'ish maydoniga ega 656 ta daryo, soylarning umumiy quvvati 12 231 MVt bo'lib, ular yordamida bir yilda 107 mlrd. kVt*soatdan ortiq elektr energiyasini ishlab chiqish mumkin. Shundan texnik potensial 7225 MVt oshiq bo'lib, 27,4 mlrd. kVt*soat elektr energiyasini ishlab chiqarish imkonini beradi. "O'zbekgidroenergo" AJ mutaxassislari tomonidan Respublikadagi 27 ta daryoning gidroenergetik imkoniyatlari o'rganib chiqildi va ular yordamida faqat eng istiqbolli KGESlarni qurish va ishga tushirish hisobiga qo'shimcha 2,3 mlrd. kVt*soat elektr energiyasini ishlab chiqarish mumkinligi aniqlandi. Bu daryolar quyidagilardan iborat:

Toshkent viloyatida: Chotqol, Oqbuloq, Ko'ksuv, Pskom, Ugam, Ohangaron, Chirchiq (quyi oqimi); Jizzax viloyatida: Sangzor, Zominsuv; Farg'ona viloyatida: Sux, Shoximardon, Isfayramsoy, Podshoota, Kosonsoy; Surxondaryo viloyatida: Surxondaryo, Tupolangdaryo, Qishtut, Sangargakdaryo, Xujaipak (Xalqajar).

Qashqadaryo viloyatida: Qashqadaryo, Jinnidaryo, Oqsuv, Qizildaryo, Katta Uradaryo, Kichik Uradaryo, G'uzordaryo.

Bundan tashqari Respublika suv xo'jaligi tizimida 180 ming kilometr uzunlikdagi kanallar tarmog'i, 160 ming dona gidrotexnik inshootlar (shundan 800 tasi yirik), foydali suv hajmi 14,86 km³ bo'lgan 51 ta suv omborlari mavjud. Ushbu gidroenergetik manbalaridan olinishi mumkin bo'lgan elektr energiya miqdori to'g'risidagi ma'lumotlar 2.1-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, asosiy gidroenergetik potensial daryo va soylar ulushiga to'g'ri keladi, buning asosiy sababi ularda napor va suv miqdori yil davomida katta qiymatlarda o'zgarmaydi.

O'zbekiston Respublikasidagi daryo va soylarni ularning gidroenergetik potensialiga qarab 4 guruhga bo'lish mumkin

1 – guruh – quvvati 200 MVtdan oshadigan yirik daryolar.

2 – guruh – quvvati 100....200 MVt bo'lgan katta daryolar.

Gidroenergetik resurslardan olinadigan energiya miqdori

2.1-jadval

Energetik ko'rsatkichlar nomi	Jami miqdori	Shu jumladan		
		Tabiiy suv manbalarida	Suv omborlarida	Kanallar va inshootlarda
1. GES quvvati, MVt	2920,53	2352,65	406,38	161,50
2. Ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori, GVt*soat	9965,80	7870,44	1147,66	947,70

3 – guruh – quvvati 2...100 MVt bo'lgan o'rtacha daryolar.

4 – guruh – quvvati 2 MVtgacha bo'lgan kichik daryolar.

Daryolarning yuqoridagi sinflarga bo'linishidan ma'lum bo'lyaptiki, KGESlar asosan 3 va 4 – guruhlardagi suv manbalarida barpo etiladi.

Misol sifatida Qashqadaryo viloyatidagi gidroenergetik resurslar sxemasini keltirish mumkin. Bu sxemaga ko'ra barcha qurilishi mumkin bo'lgan KGESlar 4 – guruh suv manbalariga mansub bo'lib, ular quyidagi parametrlarga ega (2.1–rasm).

Qashqadaryo daryosida quvvati 2,5 MVtdan 4,5 MVtgacha bo'lgan 4 ta, Jinnidaryoda 1 ta (quvvati 2,8 MVt, nabori 125 metr), Oqsuv daryosida 3 ta quvvati 11,0...11,9 MVt bo'lgan KGESlar joylashishi mumkin. Bu daryoda hozirgi kunda quvvati 45 MVt Hisorak GESi shu nomdagi suv ombori tarkibida faoliyat olib bormoqda, shuningdek Oqsuv GESini rekonstruksiya qilib ishga tushirish rejaga kiritilgan. Tanxoz daryosida 5 ta har birining quvvati 2,5...3,8 MVt, Qizildaryoda ham 4 ta quvvatlari 6,5 MVtdan 12,7 MVtgacha bo'lgan KGESlar qurilishi mumkin. Bu daryoda napor qiymati 450 metr, quvvati 34,8 MVt bo'lgan Oqqultiqsoy GESi ham sxemaga kiritilgan.



Foydalanish uchun yaroqli bo'lgan gidroenergetik resurslarning Respublika viloyatlari bo'yicha taqsimlanishi quyidagicha:

Daryolar orasida eng katta gidroenergetik quvvatga ega bo'lgan daryo Toshkent viloyatidagi Pskom daryosi hisoblanadi, unda Respublikaning hali foydalanilmagan resurslarining 45,3 %, ya'ni 1324 MVt quvvat mavjud. Undan keyin Tupolangdaryo (10,2 %), Chotqol daryosi irmoqlari bilan (8,33 %), Sangardakdaryo (5,15 %), Ko'ksuv (3,37 %), Ohangaron daryosi (2,55 %), Ugam va Xalqajar (2,3 %) turadi.

Suy omborlarida KGESlardan foydalanish

Hozirgi kunda Respublikaning Toshkent viloyatida 3 ta, Qashqadaryoda 2 ta, Jizzax va Samarqand viloyatlarida 1 tadan, umumiy suv hajmi 45 mln. m³ bo'lgan yangi jami 7 ta suv ombori qurilishi mo'ljallanmoqda.

**O'zbekiston Respublikasidagi suv omborlarining
ko'rsatkichlari**

2.2 – jadval

Suv ombori nomi	Ishga tushgan yili	Suv manbai	To'g'on turi	Suv ombori hajmi, mln.m3	GES quvvat iMVt
1	2	3	4	5	6
Oqdaryo	1989	Oqdaryo	tuproq	112,5	-
Andijon	1983	Oqdaryo	tuproq	1900	140
Asakaadir	1980	Asakaadir	tuproq	3,5	-
Arnasoy	2001	Sirdaryo	qum va tuproq	650	-
Ohangaron	1987	Ohanga-ron	tuproq	198	21
Vorziqsoy	1989	Gavasoy	tuproq	18,2	-
Hisorak	1988	Oqsuv	Tosh va tuproq	170	45
Dehqonobod	1991	Kichik Uradaryo tuproq	tuproq	18,4	-
Jizzax	1973	Sangzarsoy	tuproq	100	-
Jiydalisoy	1980	Chadak-soy	tuproq	7,7	-
Zomin	1987	Zominsuv	tuproq	51	-
Zarkent	1983	Qoraqurumsoy	tuproq	25	-
Qalgama	1987	Qumdaryo	tuproq	9,45	-
Qamashi	1957	Qorabog'-daryo	tuproq	25	-
Qorabog'	1977	Qorabog'-daryo	tuproq	7,5	-
Qorasuvli	1977	Isparan-shovand	tuproq	6,5	-
Qoramurd	1968	Zovur suvlari	tuproq	0,8	-
Qorasuv	1987	Qorasuv	tuproq	27,6	-
Qorovultepa	1987	Zarafshon	tuproq	53,0	-
Qoratepa	1981	Qoratepa-soy	tuproq	19	-
Karkidon	1967	Quvasoy	tuproq	218,4	-
Kosonsoy	1967	Kosonsoy	Tosh shag'al, temir beton	165	-
Kattakurg'on	1952	Zarafshon	tuproq	900	-

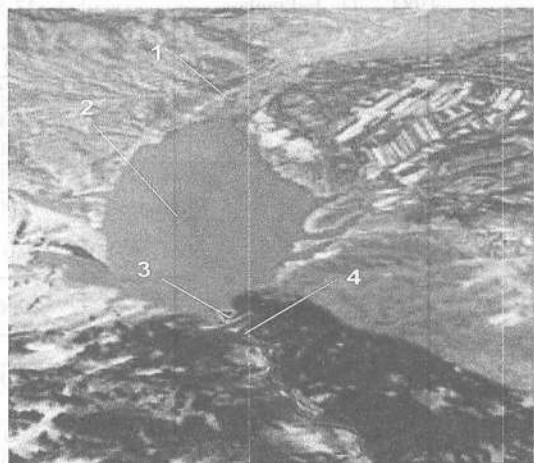
2.2 – jadval davomi

Qizilsuv	1991	Turnabuloq	tuproq	9,0	-
Ko'kterak-soy	1980	Quruqsoy	tuproq	6,4	-
Qurg'ontepa	1977	Arabtepa-soy	tuproq	19,9	-
Quyimozor	1958	Zarafshon	tuproq	310	-
Langar	1973	langar	tuproq	7,35	-
Novqa	1980	Novqasoy	tuproq	6,0	-
Nug'ayli	1972	Yakkabog'-daryo	tuproq	2,5	-
Pachkamar	1967	G'uzordaryo	tuproq	260	-
Sobirsoy	1984	Sobirsoy, Eskianhor kanali	tuproq	42,5	-
Sarmich	1984	Sarmich-soy	tuproq	4,3	-
Tolimarjon	1983	Amudaryo	tuproq	1525	-
Toshkent 1963	1963	Ohangaron	tuproq	250	-
Tudakul	1977	Amudaryo	tuproq	1200	-
Tusunsoy	1986	Tusunsoy	tuproq	42,1	-
Tuyamuyin	1980	Amudaryo	tuproq	7800	150
Xojimushkent	1989	Xojimushkentsoy	tuproq	8,0	-
Chorvoq	1975	Chirchiq	Tosh va tuproq	2006	620
Chortoq	1989	Chortoq-soy	tuproq	45	-
Chimqurg'on	1960	Qashqadaryo	tuproq	500	-
Shursoy	1991	Achchisuv	tuproq	10	-
Shurobsoy	1977	Shurobsoy	tuproq	2,0	-
Shurko'l	1985	Zarafshon	tuproq	170	-
Eskiyer	1975	Namangansoy	tuproq	18,5	-
Janubiy Surxon	1967	Surxondaryo	tuproq	800	-
Yangiqurg'on	1962	Yakkabog'-daryo	tuproq	3,3	-
Degrez	1962	Tupolang	tuproq	12,7	-
Uchqizil 1957	1957	Surxondaryo	tuproq	160	-
Tupolang	2006	Tupolang	Tosh, shag'al	800	30

KGESlarni irrigatsiya sohasida foydalanilayotgan suv omborlarining suv chiqarish va tashlash inshootlarida o'rnatish ularning qurilishiga sarf bo'ladigan kapital xarajatlarni keskin kamaytiradi va texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarini optimallashtirish uchun asos bo'ladi. Suv omborlari quyidagi qismlardan iborat: suv oqib

keladigan yuqori qism 1, suv havzasi 2, to'g'on 3, suv chiqib ketadigan quyi qism 4 (2.2 – rasm).

Suv omborining to'g'ondan yuqorida suv hajmi joylashgan qismi yuqori b'ef, to'g'ondan pastda joylashgan suv yuzasi qismi quyi b'ef deb ataladi. Ba'zi manbalarda KGESlar suv omborlarining hajmi bo'yicha sinflari berilgan. Masalan, suv ombori hajmi 10...100 mln. m³ bo'lsa, u katta bo'lmagan suv ombori deb ataladi, 1...10 mln. m³ bo'lsa, kichik suv ombori, 1,0 mln. m³ dan kichik bo'lsa hovuz deb ataladi [11].



2.2 – rasm. Suv ombori ko'rinishi (Kosonsoy suv ombori misolida).

KGESlarning suv omborlari katta bo'lmaganligi uchun ular tomonidan atrof muhitdagi tabiiy jarayonlarga ta'sir kam bo'ladi. Suv omborlari odatda tabiiy chuqurliklarda, daralarda, daryo va soylarning o'zanlarida suv yo'lini to'g'on yordamida to'sish bilan barpo etiladi. Sun'iy yo'l bilan, ya'ni kanallarda suv olib kelib nasos stansiyalar yordamida to'ldiriladigan suv omborlari ham mavjud (masalan, Tolimarjon suv ombori).

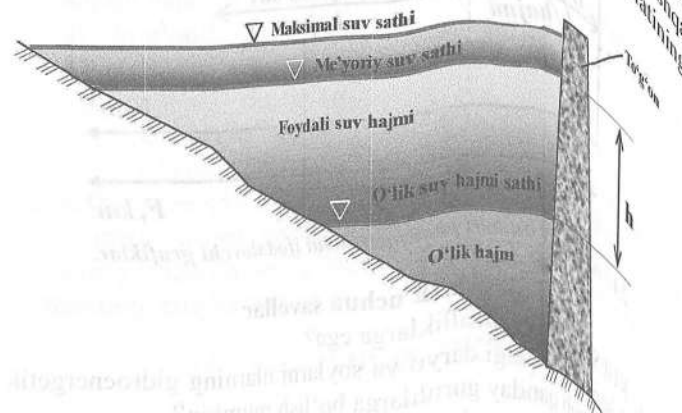
Suv omborlarining asosiy parameterlariga quyidagilar kiradi.

Me'yoriy suv sathi (MSS) – suv ombori loyihaviy, to'liq suv hajmiga ega bo'lganda yuzaga keladigan sath (2.3 – rasm).

Maksimal suv sathi (MsSS) – suv omborida suv ko'p kelgan yillari, sel oqimlari tufayli yuzaga keladigan va qisqa vaqt turadigan suv sathi.

O'lik suv hajmi sathi (O'SS) – suv omborida suv ko'p kelgan yillari, sel oqimlari tufayli yuzaga keladigan va qisqa vaqt turadigan suv sathi.

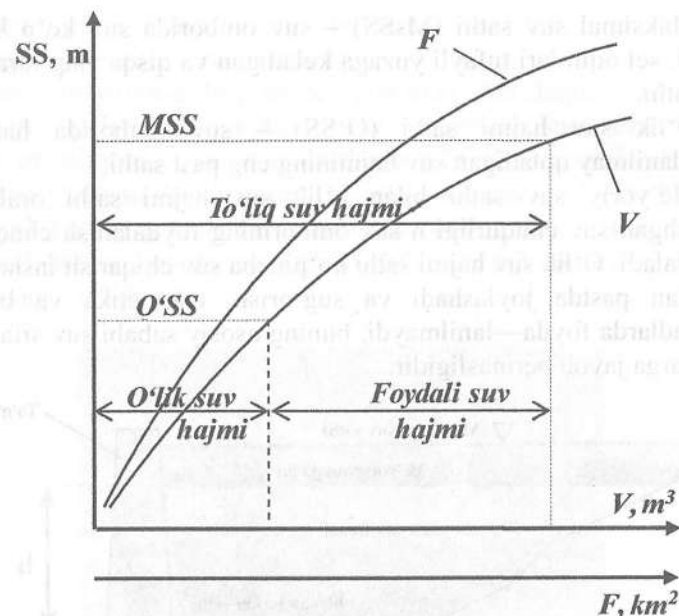
Me'yoriy suv sathi bilan o'lik suv hajmi sathi orasidagi foydalanilmay qoladigan suv hajmining eng past sathi. Me'yoriy suv sathi bilan o'lik suv hajmi sathi orasidagi foydalanilmay qoladigan suv hajmining eng past sathi. Me'yoriy suv sathi bilan o'lik suv hajmi sathi orasidagi foydalanilmay qoladigan suv hajmining eng past sathi.



2.3 – rasm. Suv omboridagi suv sathlari va hajmlari sxemi.

Suv omborining asosiy parametrlarini ifodalovchi grafiklar undagi suv sathi (SS) bilan suv hajmi V va suv yuzasi maydoni F orasidagi bog'liqlikni ko'rsatib beradi (2.4 – rasm).

Suv omborlarida daryolardan kelayotgan suv miqdorini davomida maqsadli foydalanish uchun suvni to'plash va chiqarish rejasi hamda grafiklari ishlab chiqiladi. Bu reja va grafiklar suvni to'plash, iste'mol qilish, foydalanish hajmlariga qarab har xil bo'ladi va maxsus uslublar yordamida hisoblanadi.



2.4 – rasm. Suv ombori parametrlarini ifodalovchi grafiklar.

Takrorlash uchun savollar

1. KGESlar qanday afzalliklarga ega?
2. Respublikamizdagi daryo va soylarni ularning gidroenergetik potensialiga qarab qanday guruhlariga bo'lish mumkin?
3. Respublikamizdagi daryolar orasida eng katta gidroenergetik quvvatga ega bo'lgan daryo qaysi daryo hisoblanadi?
4. Respublikamizda nechta suv ombori mavjud va ularning loyihaviy hajmi qancha?
5. Suv omborlarining qanday parametrlari mavjud?
6. Suv omborlari qanday qismlardan iborat?
7. Suv omborining me'yoriy suv sathi nima?
8. Suv omborining o'lik suv hajmi deb nimaga aytiladi?
9. Me'yoriy suv sathi bilan o'lik suv hajmi sathi oralig'ida joylashgan suv chuqurligi nima deb ataladi?
10. Suv omborining asosiy parametrlarini ifodalovchi qanday grafiklar mavjud?

III-BOB.

KICHIK GESLARDA SUV ENERGIYASIDAN FOYDALANISH VA UNI TA'MINLASH INSHOOTLARI

3.1. KGESlarda suv energiyasidan foydalanish (napor hosil qilish) sxemalari

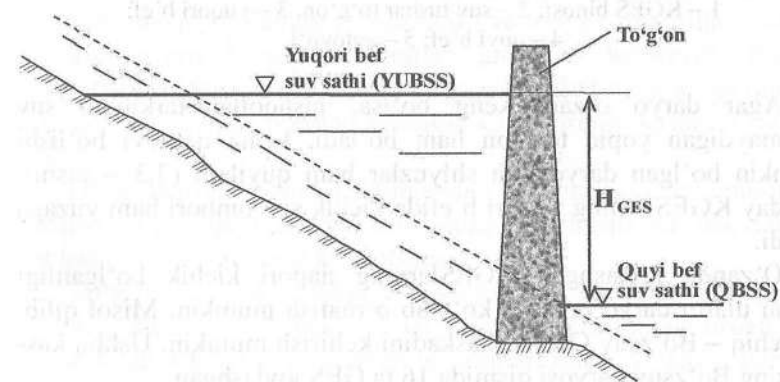
KGESlarda ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori suv oqimi energiyasidan qanday foydalanishga bog'liq bo'ladi. Suv oqimi energiyasidan samarali foydalanish uchun manbadagi suv miqdori, uning yil bo'yicha taqsimlanishi va KGES o'rnatiladigan joyning relyefini hisobga olish zarur.

KGES naporini yuzaga keltirishning quyidagi sxemalari mavjud:

- a) to'g'onli;
- b) derivatsiya;
- v) to'g'onli – dervivatsiya.

To'g'onli sxema eng ko'p tarqalgan sxema bo'lib, suv yo'lini to'g'on yordamida to'sish orqali sun'iy napor hosil qilishni ko'zda tutadi. Bu sxema ko'proq KGES suv sarfining katta qiymatlarida va suv yuzasi nishabligining kichik qiymatlarida qabul qilinadi. To'g'on yordamida hosil qilingan napor yuqori be'f va quyi be'f suv sathlarining farqiga teng, ya'ni

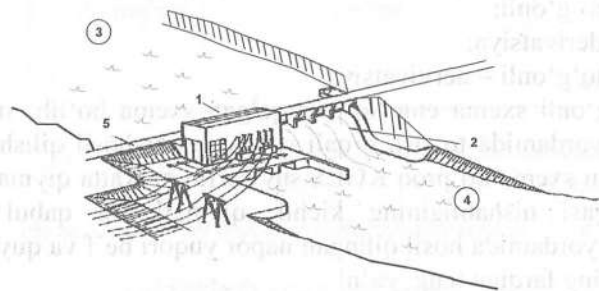
$$N_{GES} = \nabla YUBSS - \nabla QBSS \quad (3.1 - \text{rasm})$$



3.1. – rasm. To'g'onda napor hosil qilish sxemasi.

To'g'onli sxemada asosiy inshootlar to'g'onning o'zi va KGES binosi hisoblanadi. KGES binosi napor qiymatlariga bog'liq ravishda bevosita suv yo'lida o'zanda joylashgan bo'lishi yoki to'g'on orti yoki yonida joylashgan bo'lishi mumkin.

O'zanda joylashgan KGESlarning nabori kichik qiymatlarda (15 metrgacha) bo'ladi va KGES binosi yuqori b'efdagi suv bosimini o'ziga qabul qiladi, ya'ni bino to'g'on vazifasini ham o'taydi. KGESlar o'zanda joylashganda daryo o'zani tor va chuqur bo'lsa, gidroinshootlar GES binosi va suv tushar to'g'ondan iborat bo'ladi (3.2 – rasm). Bunday KGESlarning nabori 1,5 metrdan 10 metrgacha bo'lishi mumkin.

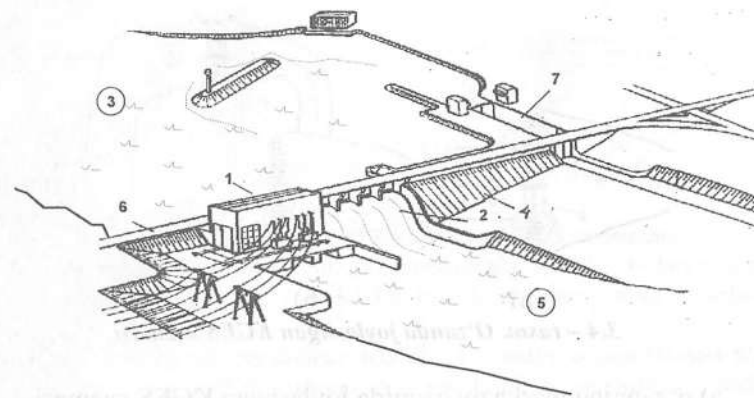


3.2 – rasm. Tor va chuqur bo'lgan daryo o'zanida joylashgan KGES sxemasi.

1 – KGES binosi; 2 – suv tushar to'g'on; 3 – yuqori b'ef; 4 – quyi b'ef; 5 – avtoyo'l.

Agar daryo o'zani keng bo'lsa, inshootlar tarkibida suv tushmaydigan yopiq to'g'on ham bo'ladi, kema qatnovi bo'lishi mumkin bo'lgan daryolarda shlyuzlar ham quyiladi (3.3 – rasm). Bunday KGESlarning yuqori b'efida kichik suv ombori ham yuzaga keladi.

O'zanda joylashgan KGESlarning nabori kichik bo'lganligi uchun ularni daryo bo'ylab ko'plab o'rnatish mumkin. Misol qilib, Chirchiq – Bo'zsuv GESlar kaskadini keltirish mumkin. Ushbu kaskadning Bo'zsuv daryosi qismida 16 ta GES joylashgan.



3.3 – rasm. Keng daryo o'zanida joylashgan KGES sxemasi.

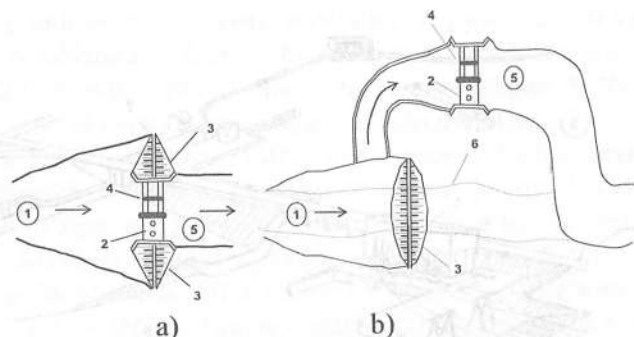
1 – KGES binosi; 2 – suv tushar to'g'on; 3 – yuqori b'ef; 4 – suv tushmaydigan to'g'on; 5 – quyi b'ef; 6 – avtoyo'l; 7 – shlyuz.

Kichik bo'lsa ham suv ombori bilan quriladigan KGESlarda manbadagi suv resurslaridan kengroq foydalanish imkoni bo'ladi, lekin bunda qurilish xarajatlari anchagina oshadi, suv omboriga oid salbiy oqibatlar yuzaga keladi.

Suv yo'li suv tushmaydigan to'g'on bilan to'silganda KGES binosini o'zanning o'rtasiga o'rnatish suv sathlari o'zgarishi katta bo'lgan hollarda maqsadga muvofiq bo'ladi (3.4, a – rasm). Ba'zi hollarda daryo o'zanining geologik va relyef sharoitlari KGES binosini o'zan bo'yicha o'rnatish imkonini bermaydi. Bunday sharoitlarda KGES binosi daryo qirg'og'idagi alohida joyga quriladi va unga suv yuqori b'efdan aylanma kanal orqali beriladi (3.4, b – rasm).

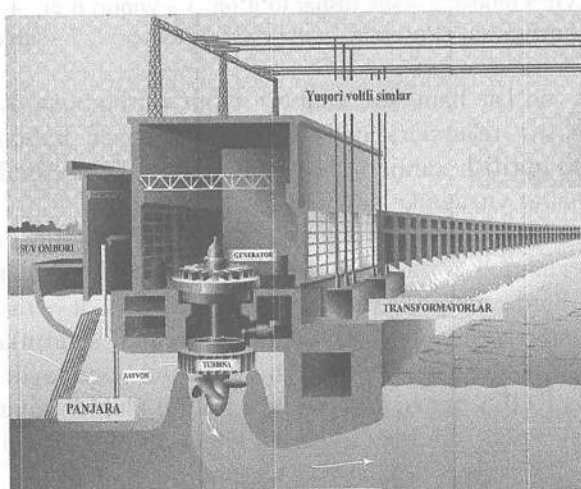
O'zanda joylashgan GES binosida suv oqimining suv omboridan turbina orqali quyi b'efga o'tishining ko'rinishi va jihozlarning joylashishi 3.5 – rasmda ko'rsatilgan.

To'g'on orti yoki yonida joylashgan KGESlarda bino to'g'onga nisbatan alohida joylashadi va unga suv to'g'on tanasi orqali yoki uni aylanib o'tadigan suv berish inshootlari orqali yetkazib beriladi. Bu turdagi KGESlarning nabori 15...20 metrdan oshiq bo'ladi.



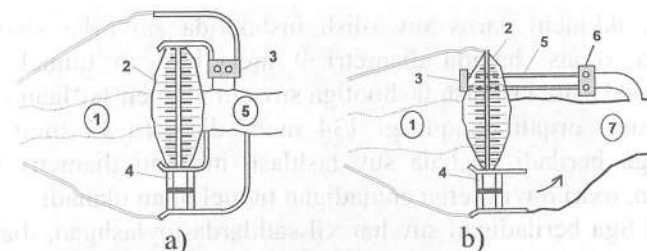
3.4 – rasm. O'zanda joylashgan KGES sxemasi.

- a) o'zanning markaziy qismida joylashgan KGES sxemasi;
b) aylanma kanalda joylashgan KGES sxemasi.



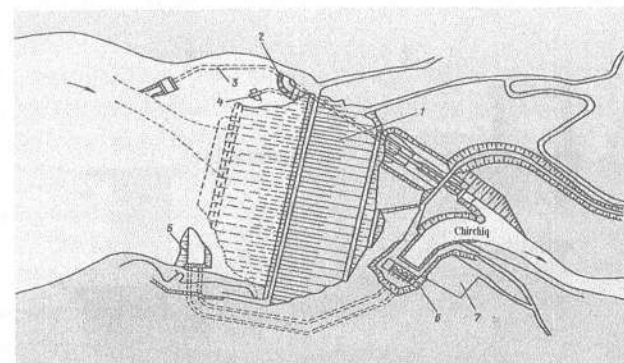
3.5 – rasm. O'zanda joylashgan GESning suv oqish trakti.

To'g'on ortida joylashgan KGES binosiga agar napor uncha katta bo'lmasa yuqori b'efdani suv maxsus suv inshooti orqali berilishi mumkin (3.6, a – rasm). Napor qiymati ancha yuqori bo'lgan hollarda bu vazifani bajarish uchun quvurlardan foydalaniladi.



3.6 – rasm. To'g'on ortida joylashgan KGES sxemalari.

- a) ochiq suv inshooti bilan suv beriladigan KGES; 1 – daryo o'zani (yuqori b'ef); 2 – to'g'on; 3 – KGES binosi; 4 – suv tashlash inshooti; 5 – quyi b'ef.
b) quvur bilan suv beriladigan KGES; 1 – daryo o'zani (yuqori b'ef); 2 – to'g'on; 3 – suv olish inshooti; 4 – suv tashlash inshooti; 5 – turbin quvurlari; 6 – KGES binosi; 7 – quyi b'ef.



3.7 – rasm. Chorvoq GES inshootlari sxemasi.

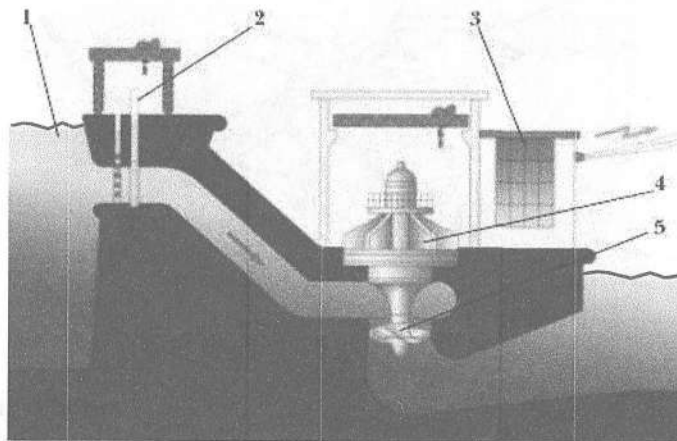
- 1 – to'g'on; 2, 4 – suv tashlash tunneliga suv olish inshootlari; 3 – tunnel; 5 – GESga suv olish inshooti; 6 – GES binosi; 7 – energiya taqsimlash maydonchasi.

O'zbekiston Respublikasida joylashgan GESlarning aksariyat qismi to'g'on orti va yonida joylashgan sxemalarga mos keladi. Misol sifatida Chorvoq GESining joylashuv rejasini keltirish mumkin. Mazkur GES to'g'onining balandligi 168 metrga teng, suv tashlash inshootlari uchta suv olish moslamalariga ega: birinchi qavat suv olish inshooti diametri 11 metr bo'lgan tunnelga suv

beradi, ikkinchi yarus suv olish inshootida zatvorlar shaxtasi va alohida xonasi hamda diametri 9 metr bo'lgan tunnel mavjud, favqulodda suv tashlash inshootiga suv eni 56 metr bo'lgan suv olish moslamasi orqali chuqurligi 134 metr, diametri 11 metr bo'lgan shaxtaga beriladi. Uchala suv tashlash inshooti diametri 11 metr bo'lgan, oxiri quyi b'efga chiqadigan tunnel bilan ulanadi.

GESga beriladigan suv har xil sathlarda joylashgan, diametrlari 9 metr, uzunliklari 770 va 852 metr bo'lgan ikkita tunnel orqali to'rtta gidroagregatga yetkazib beriladi.

Napor qiymati katta bo'lmagan hollarda KGES binosi bevosita to'g'on tarkibida uning orqa qismida ham joylashishi mumkin, bunda suv to'g'on tanasida joylashgan turbina quvuri orqali yetkazib beriladi (3.8 – rasm).



3.8 – rasm. To'g'on tarkibida joylashgan KGES sxemasi.

1 – yuqori b'ef; 2 – suv darvozasi; 3 – transformator; 4 – generator; 5 – gidroturbina.

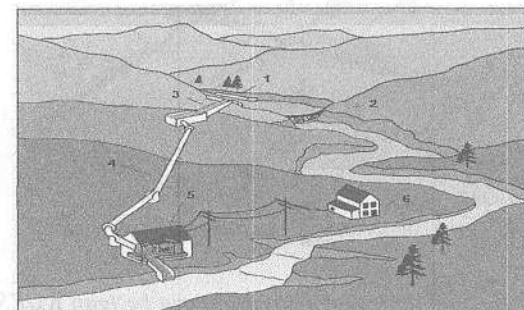
Misol sifatida shunday GESlardan biri Tuyamuyin GESini keltirish mumkin (3.9 – rasm).



3.9 – rasm. Tuyamuyin gidroelektr stansiyasi.

Derivatsiyali KGES sxemasi asosan tog'li va tog'oldi hududlarda joylashgan, katta nishablikka ega bo'lgan suv manbalarida qo'llaniladi.

Suv manbaining tanlangan joyida nisbatan kichik to'g'on quriladi va kichik hajmli suv havzasi yuzaga keladi (3.10 – rasm). Havzadagi suv manbaining tabiiy o'zani bo'yicha ham va maxsus qurilgan derivatsiya kanaliga ham berilishi mumkin. Derivatsiya kanalining nishabligi suv manbai nishabligiga nisbatan ancha kichik va mana shu farq GES naporini tashkil qiladi. Derivatsiya kanali suvni bosim havzasiga, undan esa quvurlar orqali turbinalarga yetkazib beradi. GESdan oqib chiqqan suv manbaga yoki biron bir kanalga berilishi mumkin.



3.10 – rasm. Derivatsiyali KGES sxemasi.

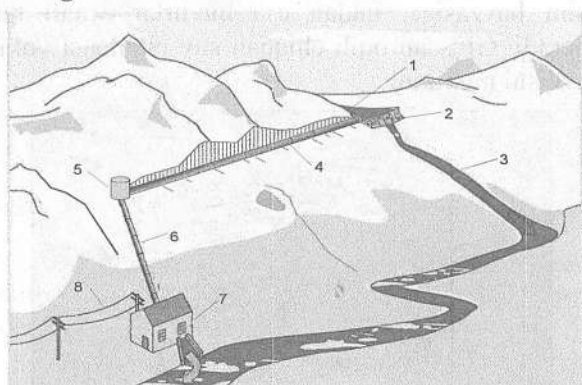
1 – suv manbai; 2 – to'g'on; 3 – derivatsiya kanali; 4 – turbina quvuri; 5 – KGES binosi; 6 – energiya iste'molchisi.

Derivatsion sxemali GESlarning napori juda katta qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Masalan, Avstriyadagi Rayssek GESining napori 1767 metrni, Kolumbiyadagi Bogota GESining napori 2000 metrni tashkil etadi.

Suv omboridagi mavjud suv naporidan foydalanish maqsadida, hamda derivatsiya kanali qurilishi uchun murakkab bo'lgan sharoitlarda suvni KGESga yetkazib berish uzun bosimli quvurlar yoki tunnellardan foydalaniladi (3.11 – rasm). Bunday quvurlarda, ularning burilish joylarida suv oqimining gidravlik zarbasining kuchini kamaytirish uchun bosim tenglovchi rezervuarlardan foydalaniladi.

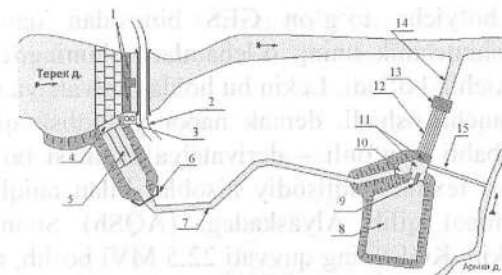
Bosimli derivatsion quvurlar yoki tunnellar juda uzun bo'lishi mumkin. Masalan, Gruziyadagi Inguri GESining derivatsion tunneli uzunligi 15,3 km, diametri 9,5 metrni, Norvegiyadagi Vinstra GESining tunneli uzunligi 23,6 km, diametri 6,0 metrni tashkil etadi.

Ba'zi derivatsiyali GES sxemalarida yuqori b'efda bir kunlik zarur suv hajmiga ega bo'lgan suv ombori ham quriladi, bundan asosiy maqsad ishlab chiqariladigan elektr energiyasini iste'molga aniq moslashni ta'minlashdir. Shunday derivatsiyali GESlardan birining sxemasi Rossiyadagi Ezmina GESi misolida 3.12 – rasmda berilgan. Mazkur GESga suv uzunligi 7800 metr bo'lgan bosimsiz tunnel orqali yetkazib beriladi. Sutkalik suv rostdash omborining hajmi 352 ming m³ ni tashkil etadi.



3.11 – rasm. Bosimli derivatsiya quvuriga ega bo'lgan KGES sxemasi.

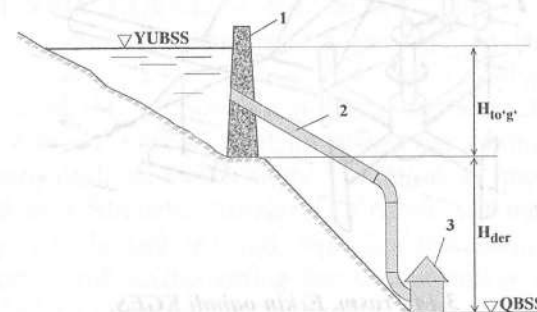
1 – suv ombori; 2 – to'g'on; 3 – daryo (soy); 4 – bosimli derivatsiya quvuri; 5 – bosim tenglovchi rezervuar; 6 – turбина quvuri; 7 – KGES binosi; 8 – elektr simlari.



3.12 – rasm. Ezmina GESi sxemasi.

1 – suv darvozalari; 2–yo'l; 3–loyqa yuvish galereyalari; 4–suv qabul qilgich; 5–suv tindirgich; 6–tunnelga kirish portali; 7–bosimsiz derivatsiya tunneli (kanali); 8–sutkalik rostdash suv ombori; 9–suv sarfini rostlagich; 10–suv tezligini so'ndirgich; 11–bosim havzasi va suv chiqargich; 12–turbina quvurlari; 13–GES binosi; 14–suv olib ketish kanali; 15–suv tashlagich.

To'g'onli – derivatsiya sxemasi. Bu sxemada yuqorida keltirilgan ikkala sxemaning ham imkoniyatlaridan foydalaniladi, ya'ni daryo o'zanida suv ombori qurilib, to'g'ondan keyingi qismda derivatsiya inshootlaridan foydalaniladi. To'g'onli – derivatsiya sxemasi suv manbaining nishabligi har xil bo'lganda qo'llaniladi. Manbaining nishabligi kichik bo'lgan joyida to'g'on bunyodga keltirilib, nishablik katta bo'lganda derivatsiya sxemasidan foydalaniladi (3.13 – rasm).

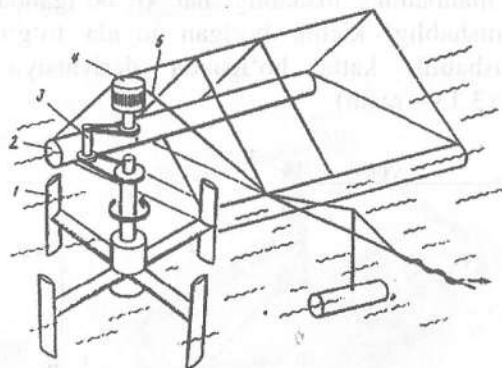


3.13 – rasm. To'g'onli – derivatsiya sxemasi.

1 – to'g'on; 2 – derivatsiya inshooti; 3 – GES binosi.

Ushbu sxema bo'yicha to'g'on GES binosidan qanchalik yuqoriga joylashsa shunchalik uning o'lchamlari, shuningdek suv ombori o'lchamlari kichik bo'ladi. Lekin bu holda derivatsiya inshootlarining uzunligi ancha oshadi, demak napor yo'qolish qiymati ham oshadi. Shu sababli to'g'onli – derivatsiya sxemasi bo'yicha inshootlar o'lchamlari texnik - iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi. Mazkur sxemaga misol qilib Alyaskadagi (AQSh) Suon-Leyk KGESini olish mumkin. KGESning quvvati 22,5 MVt bo'lib, napori 324,2 metrni tashkil etadi. Shundan 58,2 metr to'g'on yordamida hosil qilinsa, 266 metr napor derivatsiya inshooti yordamida hosil qilinadi. Derivatsiya inshooti diametri 3,0 metr bo'lgan bosimli tunnel bo'lib, uning uzunligi 701 metrni tashkil etadi.

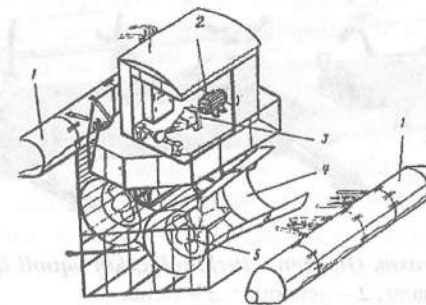
Erkin oqimli KGESlar deb ataladigan suv oqimi energiyasidan foydalanish sxemalaridan biri asosan mikroGESlarga taalluqlidir. Erkin oqimli KGESlarda manbadagi erkin harakatlanayotgan suv oqimining faqat tezlik energiyasidan foydalanilganligi uchun to'g'on va quvurlar qo'llanmaydi. Hozirgi paytda erkin oqimli KGESlarning okean va dengizdagi, daryo va kanallardagi suv oqimlaridan foydalaniladigan har xil turlari mavjud. Bu KGESlarda gidroturbinalarning o'qiy, ortogonal, girlyanda, karusel, cho'michli kabi turlari qo'llaniladi.



3.14 - rasm. Erkin oqimli KGES.

1 – karusel turbina; 2 – KGESni mahkamlash va qalqib turishni ta'minlaydigan moslama; 3 – multiplikator; 4 – generator; 5 – elektr kabeli.

Rossiya Fanlar Akademiyasining Sibir bo'limi va «Sibelektrotayjmarsh» instituti tomonidan ishlab chiqarilgan erkin oqimli KGES quvvati 20 kVt ga, FIK esa 35 % ga teng (3.15 – rasm). Mazkur qurilma diametri 1,2 metr bo'lgan propellerli o'qiy gidroturbinalar bilan jihozlangan.



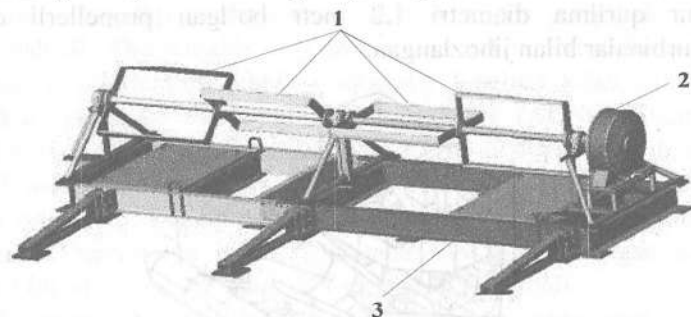
3.15 – rasm. SPMGES – 20 rusumli erkin oqimli KGES.

1 – pontonlar (qalqib turishni ta'minlaydigan moslama); 2 – generator; 3 – multiplikator; 4 – suvni chiqarish qurilmasi; 5 – turbina.

Quvvati 2...30 kVt bo'lgan erkin oqimli KGESlar Rossiyadagi Krasnoyarsk davlat texnika universiteti olimlari tomonidan ham ishlab chiqilgan [12]. Mazkur KGES generator bilan bir o'qda joylashgan ikki parrakli ortogonal turbinalar bilan jihozlangan. Suv oqimi tezligi 1,5...3,0 m/s bo'lganda 2 kVtli KGESda turbinalar soni 2 tani, 10 kVtli KGESda 4 tani tashkil etadi (3.16 – rasm). Qurilmada suv ichida ishlashga mo'ljallangan past aylanish tezligiga (60...150 ob/min) ega bo'lgan generatorlar o'rnatilgan. KGESni suvga cho'ktirib (1...3 metr chuqurlikda) troslarda ushlab turish kerak, bu esa o'z navbatida elektr qismlarni ishonchli ravishda suvdan himoyalash va qurilmaning suv tagidagi mustahkamligini oshirish uchun qo'shimcha choralarni ko'rishni talab etadi.

Hozirgi paytda suv tagidagi oqimdan foydalanishga mo'ljallangan erkin oqimli KGESlarning har xil konstruksiyalari mavjud. Shulardan biri 3.17 – rasmda ko'rsatilgan.

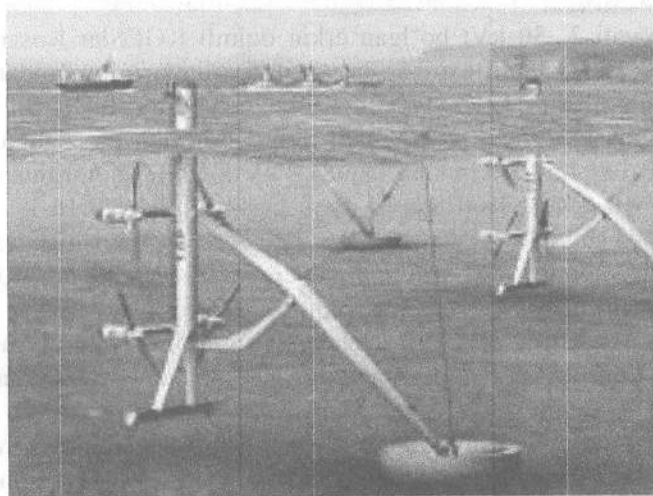
Erkin oqimli KGESlarning konstruksiyasi sodda, qurilishi murakkab bo'lishiga qaramasdan FIKning pastligi va narxining qimmatligi tufayli uncha keng tarqalmagan.



3.16 – rasm. Ortogonal turbinali erkin oqimli KGES.

1 – gidroturbinalar; 2 – generator; 3 – rama.

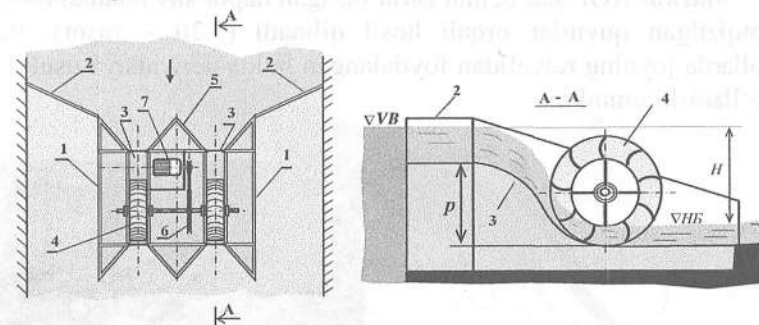
Narxi qimmat bo'lishining asosiy sababi quvvatni oshirish zarur bo'lganda turbina ishchi g'ildiragining diametri oshib ketishi, shu sababli uning gabarit o'lchamlarining katta bo'lishi hisoblanadi.



3.17 – rasm. Suv tagidagi oqimdan foydalanishga mo'ljallangan KGES sxemasi.

Daryo va kanallarda suv tezligi ko'p hollarda 1,0...1,5 m/s hamda napor faqat tezlik naporidan iborat bo'lganligi uchun 10 kVt quvvatni olish uchun turbina ishchi g'ildiragi diametri 8...10 metr bo'lishi yoki turbinalar sonini oshirish kerak bo'ladi. Shu sababli quvvatni oshirish uchun tezlik naporidan tashqari ozgina miqdorda balandlik naporini, ya'ni KGES oldi qismi va orqasidagi suv sathlari farqini oz miqdorda hosil qilish ham turbina ishchi g'ildiragi diametrini ancha kamaytirish imkonini beradi.

Ushbu holat erkin oqimli KGESlarning yangi konstruksiyasini yaratishda asos qilib olindi [13]. Mazkur yangi konstruksiya oqimni yo'naltiruvchi qanotlar bilan ta'minlangan pontonlarda o'rnatilgan cho'michli turbinaning ikkita ishchi g'ildiragi va ularga suv oqimini yo'naltirib beruvchi suv novlaridan iborat (3.18 – rasm). Markaziy pontonda ishchi g'ildiraklar bilan bir o'qda o'rnatilgan generator joylashadi. Suv novlarining shakli va o'lchamlari suv oqimining bevosita cho'michlarga berilishini ta'minlaganligi uchun suv oqimining energiyasidan foydalanish samaradorligi oshadi.



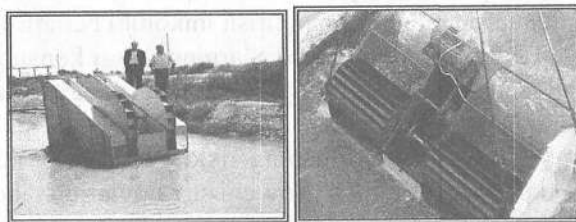
3.18 – rasm. Erkin oqimli KGESning yangi konstruksiyasi.

1 – yon pontonlar; 2 – oqimni yo'naltiruvchi qanotlar; 3 – suv novlari; 4 – ishchi g'ildirak; 5 – markaziy ponton; 6 – yetakchi shkv; 7 – generator

Mazkur KGESda suv novining eni v va balandligi r qiymatlarini o'zgartirish asosida uning quvvatini o'zgartirish mumkin. 3.19 – rasmda ushbu parametrlar asosida yaratilgan KGESlar ko'rsatilgan.

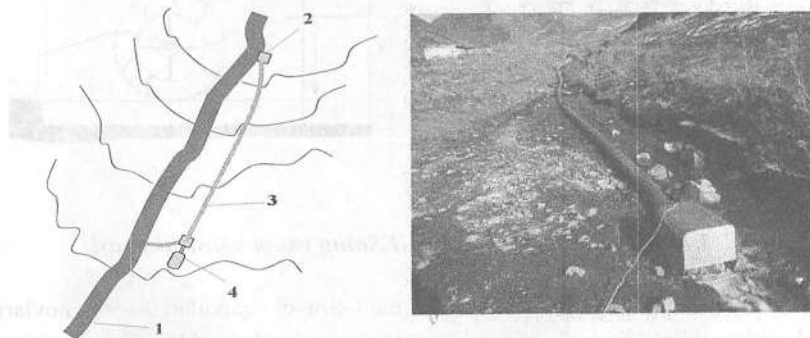
KGESlarning tajribaviy sinovlarda olingan quvvatlari 1,0...2,8 kVtni tashkil etdi.

Kichik o'lchamli quvurlardan foydalanishga mo'ljallangan KGESlar sxemalari ham mikroGESlarda kam xarajatlar bilan to'g'onsiz usulda suv oqimi energiyasidan foydalanish imkonini beradi.



3.19 – rasm. Suv novlari eni $v=0,15$ m va balandligi $p=0,73$ m (a) va $v=0,75$ m va $p=0,20$ m (b) bo'lgan erkin oqimli KGESning tajribaviy nusxalari.

Mazkur KGESlar uchun zarur bo'lgan napor suv manbai bo'ylab yotqizilgan quvurlar orqali hosil qilinadi (3.20 – rasm). Ba'zi hollarda joyning relyefidan foydalangan holda derivatsiya usuli ham qo'llanishi mumkin.



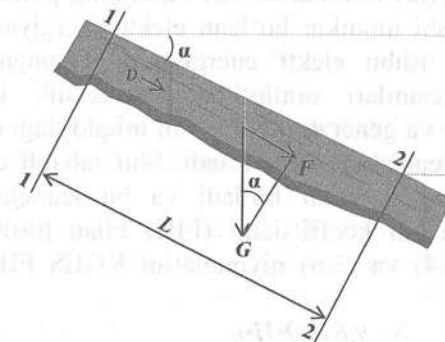
3.20 – rasm. Quvurli KGES sxemasi va ko'rinishi.

1 – suv manbai; 2 – suv olish moslamasi; 3 – suv berish quvuri; 4 – gidroagregat.

3.2. Kichik KGESlarning asosiy parametrlari

KGESlarning asosiy parametrlariga o'rnatilgan quvvat, gidroagregatlar soni, yillik ishlab chiqarilgan elektr energiyasi miqdori, hisobiy napor, hisobiy suv sarfi va KGESning foydali ish koeffitsienti kiradi. Yuqorida keltirilgan parametrlar asosan suv oqimining napor va suv sarfi orqali ifodalanadigan energiyasiga bog'liq holda aniqlanadi. Yuqori sathdan quyi sathga qarab ma'lum nishablikda oqayotgan suv oqimi og'irlik kuchi ta'sirida potensial va kinetik energiyalarga ega bo'lib, ma'lum ishni amalga oshiradi, demak suv oqimi ma'lum energiyani tashuvchi deb hisoblanishi mumkin. Energiyaning bir qismi suv oqimining ichidagi va suv o'tkazuvchi inshoot devorlaridagi ishqalish kuchini yengishga sarf bo'ladi.

Suv oqimi energiyasini ifodalash uchun oqim o'zanida olingan ikkita shartli kesim, 1-1 va 2-2 kesimlar oralig'idagi suv oqimi hajmining energiyasini aniqlaymiz (3.21 – rasm). Kesimlar oralig'idagi masofa L , shu oraliqdagi oqimning ko'ndalang kesimi ω bo'lsa, uning hajmi $\omega \cdot L$, massasi



3.21 – rasm. Suv oqimi energiyasini aniqlash.

$m = \rho \cdot \omega \cdot L$ ga teng bo'ladi, bunda ρ – suv zichligi. Suv oqimining ushbu hajmi G og'irlikka ega bo'lganligi uchun F kuch ta'sirida L masofada harakatlanib quyidagi tartibda aniqlanadigan A ishni bajaradi.

$$A = F \cdot L = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot L, \quad (3.1)$$

bunda $F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$, g – erkin tushish tezligi.

Ma'lumki, 1-1 va 2-2 kesimlar oralig'idagi masofani quyidagicha ifodalash mumkin $L=v \cdot t$, demak

$$A = \rho \cdot g \cdot \omega \cdot v \cdot t \cdot \sin \alpha \cdot L, \quad (3.2)$$

Suv sarfining $\omega \cdot v = Q$ ekanligini, hamda suv tushish balandligi $L \cdot \sin \alpha = H$ tengligini hisobga olib bajarilgan ishni quyidagicha aniqlashimiz mumkin

$$A = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (3.3)$$

Bu holatda, ma'lumki, t vaqtda bajarilgan ish uchun zarur bo'lgan quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad Vt \quad (3.4)$$

Agar suv uchun $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, Q o'lchov birligini m^3/s qabul qilsak, unda $N = 9,81 \cdot Q \cdot H$, kVt ga teng bo'ladi.

Suv oqimining t vaqtda beradigan energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E = N \cdot t \quad (3.5)$$

Agar suv hajmi $V = Q \cdot t \cdot 3600$ ekanligini hisobga olsak, (3.5) ni quyidagicha yozishimiz mumkin

$$E = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot t / 3600 = W \cdot H / 367,2$$

(1.6) (1.4) va (1.6) formulalari suv oqimining potensial quvvati va ishlab chiqarilishi mumkin bo'lgan elektr energiyasi miqdorini ifodalaydi. Lekin ushbu elektr energiyasini olgunga qadar 1-1 kesimidan 2-2 kesimlari oralig'ida, gidrotexnik inshootlarda, quvurlarda, turbina va generatorlarda ma'lum miqdordagi energiya har xil qarshiliklarni yengishga sarf bo'ladi. Shu sababli energiyaning haqiqiy qiymati bir oz kam bo'ladi va bu kamchilik qiymati KGESning foydali ish koeffitsienti (FIK) bilan hisobga olinadi. Shuning uchun (3.4) va (3.6) qiymatlarini KGES FIK qiymatiga ko'paytirish lozim.

$$N = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (3.7)$$

$$E = W \cdot H \cdot \eta / 367,2 \quad (3.8)$$

(3.7) va (3.8) formulalardan ko'rinib turibdiki KGESning quvvati va uning yordamida ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdori asosan uchta parametrga, suv sarfi, napor va FIK qiymatlariga bog'liq. Bundan xulosa qilib aytish mumkinki, manbadagi mavjud suv miqdoridan unumli foydalanish va naporni sun'iy yo'l bilan oshirish (to'g'on yoki derivatsiya inshootlarini qurish orqali) hamda napor, suv sarfi qiymatlarining yo'qolishini

imkon darajasida kamaytirish orqali ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdorini ko'paytirish mumkin.

Yuqorida keltirilganlardan xulosa qilib aytish mumkinki, KGESning asosiy parametrlari sifatida tabiiy ravishda suv oqimining parametrlari – napor, suv sarfi, quvvati va energiyasi qabul qilish mumkin.

Yuqori va quyi b'eflardagi suv sathlari qiymatlarining farqi geometrik yoki statik napor deb ataladi

$$H_G = VYUBSS - VQBSS \quad (3.9)$$

KGESning to'la napori yuqori b'efdan quvurlarga suv kiradigan kesimdagi (1-1) va quyi b'efdagi so'rish quvuridan chiqish kesimidagi (2-2) suv oqimining solishtirma energiyalari farqi bilan aniqlanadi (3.22 – rasm).

$$H = E_{1-1} - E_{2-2} \quad (3.10)$$

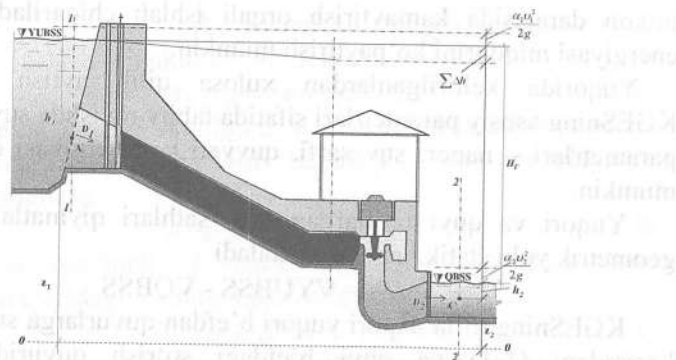
Agar solishtirma energiya qiymatini Bernulli tenglamasi orqali ifodalasak, 1-1 va 2-2 kesimlari uchun quyidagi bog'lanishga ega bo'lamiz.

$$H = E_{1-1} - E_{2-2} = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - Z_2 - \frac{P_2}{\rho g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = (Z_1 + h_1) - (Z_2 + h_2) - \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g}; \quad (3.11)$$

Bunda Z_1, Z_2 – 1-1 va 2-2 kesimlari og'irlik markazlarining (A va S nuqtalar) 0-0 taqqoslash tekisligiga nisbatan joylashish balandligi, m.

$R_1/\rho g, R_2/\rho g$ – yuqori va quyi b'eflari 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.



3.22 – rasm. KGESning naporini aniqlash.

ρ – suv zichligi, kg/m³

g – erkin tushish tezlanishi, m/sek²

$\alpha_1 v_1^2/2g$, $\alpha_2 v_2^2/2g$ – 1-1 va 2-2 kesimlaridagi suv oqimining solishtirma kinetik energiyasi.

v_1 , v_2 – 1-1 va 2-2 kesimlaridagi suv oqimining oʻrtacha tezligi m/s.

α – Koriolis koeffitsenti.

Yuqoridagi keltirilgan bogʻlanishdagi Z_1+h_1 va Z_2+h_2 yigʻindilarni quyidagicha yozishimiz mumkin.

$Z_1+h_1=VYUBSS$ – yuqori bʻef suv sathi, m.

$Z_2+h_2=VQBSS$ – quyi bʻef suv sathi, m.

Unda (3.11) bogʻlanishni quyidagicha yozishimiz mumkin va hosil boʻlgan ifoda KGESning toʻla nabori yoki brutto nabori deb ataladi va uning oʻlchov birligi metr (m) hisoblanadi.

$$H = H_r - \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g}; \quad (3.12)$$

bunda NG qiymati (3.9) formula bilan aniqlanadi.

KGESning netto nabori yoki hisobiy napor quyidagi bogʻlanish bilan aniqlanadi.

$$H_x = H_r - \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g} - \sum \Delta h \quad (3.13)$$

Bunda $\sum \Delta h$ yuqori beʻfdan turbinagacha (V nuqttagacha) boʻlgan suv yoʻlida yoʻqolgan napor qiymati, m. $\sum \Delta h$ ning qiymati turbina quvuriga kirishdagi, oqiziq ushlash panjarasidagi, quvur uzunligi boʻyicha va boshqa mahalliy qarshiliklarni yengishga sarf boʻlgan naporlar yigʻindisidan iborat boʻladi va NG ning taxminan 2...5% ini tashkil qiladi.

Amaliy hisoblarda qiymati kichik boʻlganligi $\frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g}$ ifoda

hisobga olinmaydi va (3.13)dan quyidagi koʻrinishda foydalaniladi.

$$H_x = H_r - \sum \Delta h \quad (3.14)$$

KGES suv sarfi, Q_{GES} . Bu qiymat manbaning suv sarfiga, suv omboridagi suv hajmiga, energetika tizimining isteʼmoliga bogʻliq boʻladi. Oʻlchov birligi m³/s, l/s, m³/soat. Agar KGES foydalanilayotgan gidrotexnik inshootlarda qurilgan boʻlsa, unda KGES suv sarfi inshootning suv berish grafigiga mos holda aniqlanadi. KGESdagi maksimal suv sarfi uning barcha turbinalarining suv oʻtkazish qobiliyati bilan aniqlanadi. Bu qiymat GES turiga qarab katta diapazonda oʻzgaradi. Masalan, Xitoydagi Syansya GESida 32 ta turbina oʻrnatilgan boʻlib ularning har biri 650...900 m³/s suvni oʻtkazadi. GESning maksimal suv sarfi 24000 m³/s ni tashkil qiladi.

KGES quvvati, N_{KGES} . Bu koʻrsatkich KGESning energetik potensialini aniqlaydigan koʻrsatkichlaridan biridir. Maʼlumki, quvvat vaqt birligida bajarilgan ish miqdori bilan aniqlanadi. Demak, KGESda bu vaqt birligi ichida ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori. Uning oʻlchov birligi - vatt (Vt), kilovatt (kVt) megavatt (MVt), gigavatt (GVt) va teravatt (TVt) qilib qabul qilingan.

Agar hosil qilingan napor N , m, inshootlar, turbinalar oʻtkazishi mumkin boʻlgan suv sarfi Q_{KGES} (m³/s) aniq boʻlsa, unda suv oqimining foydali potensial quvvati kVt oʻlchov birligida quyidagicha aniqlanadi

$$N_F = \rho \cdot g \cdot Q_{KGES} \cdot H = 9,81 \cdot Q_{KGES} \cdot H \quad (3.15)$$

KGESda haqiqiy netto quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$N_{KGES} = 9,81 \cdot Q_{KGES} \cdot H \cdot \eta_{KGES} \quad (3.16)$$

ga teng boʻladi.

$$\eta_{KGES} = \eta_{tur} \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{tar} \quad (3.17)$$

bunda, η_{tur} - turbina FIK, η_{gen} - generator FIK, η_{tar} - generator shinasi va transformator podstansiyasidagi elektr liniyasiga chiqadigan joygacha bo'lgan tarmoqning FIK.

KGESlar turbinalari uchun η_{tur} ning maksimal qiymati 0,88...0,92 ga, yirik turbinalar uchun 0,93... 0,96 ga teng.

KGESlar uchun generator FIK $\eta_{gen} = 0,95...0,98$ qabul qilinishi mumkin. $\eta_{tar} = 0,97...0,99$ ga teng.

KGESning o'rnatilgan quvvati undagi generatorlarning nominal (pasportda ko'rsatilgan) quvvatlari yig'indisiga teng.

$$N_{o'r} = N_{gen} \cdot n, \quad (3.18)$$

n - generatorlar soni.

KGESda ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdori kilovatt soat (kVt·soat) bilan o'lchanadi.

$$E = N_{KGES} \cdot t = 9,81 \cdot Q_{KGES} \cdot H_x \cdot \eta_{KGES} \quad (3.19)$$

bunda, t - hisobga olinadigan vaqt, soat.

Suv omboridan yoki gidrotexnik inshootdan KGES orqali yil davomida berilgan suv hajmi V , m³ deb qabul qilinsa, unda KGESning yillik ishlab chiqargan energiyasi

$$\mathcal{E}_{yil} = \frac{V \cdot H_{x.o'r} \cdot \eta_{KGES}}{367,2}; kVt \cdot soat \quad (3.20)$$

bunda, $H_{x.o'r}$ - GESning yil bo'yicha o'rtacha hisobiy napori, m.

3.3. KGESlarning derivatsion inshootlari

KGESlar derivatsion inshootlarining asosiy vazifasi KGES uchun zarur bo'lgan suv miqdorini ishonchli ravishda yetkazib berishni ta'minlashdir.

KGESlarning derivatsion inshootlari tarkibiga quyidagilar kiradi:

1. Suv olish uchun zarur bo'lgan kichik naporni hosil qiladigan to'g'on;
2. Suv olish qurilmasi;
3. Derivatsiya kanali yoki quvuri.

Derivatsiya kanali nisbatan tekis va tuproqlari cho'kmaydigan trassalarda quriladi, agar trassa murakkab topografiyaga va geologik sharoitlarga ega bo'lsa, kanal o'rniga derivatsion quvurlar o'rna-

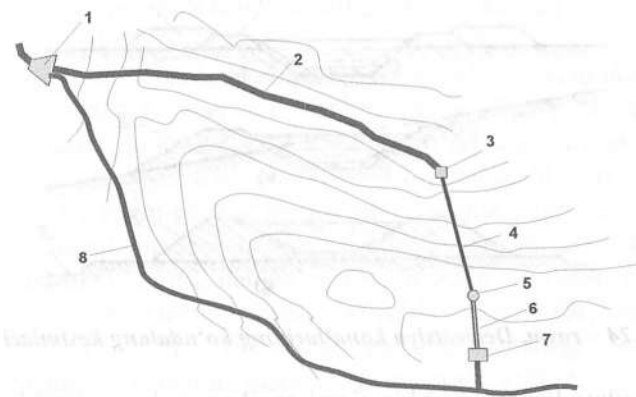
tiladi. Derivatsion quvurlar bosimli yoki bosimsiz rejimda ishlashi mumkin. Bosimsiz derivatsion quvurlardagi suv sathi suv manbaidagi suv sathi bilan bir xil bo'ladi va quvurning yuqori maksimal sathidan bir muncha pastda joylashadi. Mazkur quvurlarni suv manbaidagi suv sathi o'zgarishining uncha katta bo'lmagan qiymatlarida qo'llash maqsadga muvofiq.

Bosimli quvurlar suv manbaidagi suv sathidan ancha past sathlarda yotqiziladi, natijada manbadagi napordan foydalanish imkoni tug'iladi, bu esa o'z navbatida quvurda qo'shimcha inshootlar qurilishini, uning mahkamligini oshirishni talab etadi.

Derivatsiya kanali qurilishi quvurlarga nisbatan ancha arzon bo'lganligi uchun joy relefiga qarab aralash derivatsiya, ya'ni bir qismi kanal, ikkinchi qismi quvur bo'lgan derivatsion inshootlar ham bo'lishi mumkin (3.23 - rasm).

GESlarning eng uzun derivatsion kanallari sifatida Farxod GESining (uzunligi 13,8 kilometr), Andijon GESining (uzunligi 12,8 kilometr) derivatsion kanallarini keltirish mumkin.

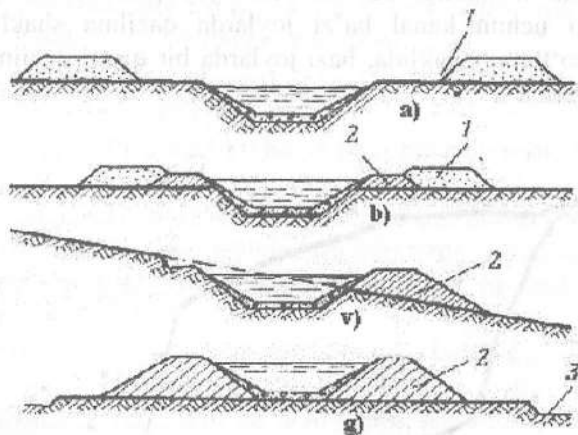
Kanallar nishabligi bir xil, lekin joy past balandligi har xil bo'lganligi uchun kanal ba'zi joylarda qazilma shaklida, ba'zi joylarda ko'tarma shaklida, bazi joylarda bir qismi qazilma, qolgan qismi ko'tarma



3.23 - rasm. Aralash derivatsiyali KGES sxemasi.

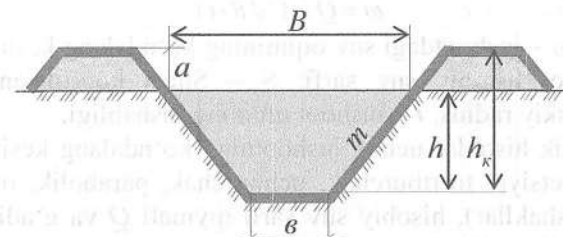
1 – suv havzasi; 2 – derivatsiya kanali; 3 – bosim havzasi; 4 – derivatsiya quvuri; 5 – suv tarqatuvchi inshoot; 6 – turbina quvurlari; 7 – KGES binosi; 8 – suv tashlash kanali shaklida bo'lishi mumkin (3.24 – rasm). Qazilma kanallar ancha mustaxkam, ularni qurish uncha murakkab emas, kam xarajat sarf bo'ladi, ko'tarma kanallar katta miqdorda tuproq ishlarini bajarishni talab qiladi, bundan tashqari suvning sizib o'tmasligini ta'minlaydigan maxsus qoplama yotqizish kerak bo'ladi, shu sababli bunday kanallar ancha ko'p xarajatni talab qiladi.

Derivatsiya kanalining asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: kanalning tubi bo'yicha eni b , yon tomonlarining qiyalik koeffitsienti t (qiyalik gorizonttal proyeksiyasining vertikalga nisbati), suv chuqurligi h , kanal chuqurligi h_k , suv sarfi (maksimal, me'yoriy va minimal) Q , kanal nishabligi i (kanal uzunligi bo'yicha pasayish balandligining uzunlikka nisbati), kanal uzunligi L , kanalning maksimal suv sathi bo'yicha eni B , maksimal suv sathidan kanalning yuqori sathigacha bo'lgan masofa a (3.25 – rasm).



3.24 – rasm. Derivatsiya kanallarining ko'ndalang kesimlari

a) qazilma kanal; b, v) bir qismi qazilma, qolgan qismi ko'tarma kanal; g) ko'tarma kanal, 1 – qazib olingan tuproq (kavaler); 2 – ko'tarma; 3 – ko'tarma uchun olingan tuproq joyi.



3.25 – rasm. Kanalning asosiy parametrlari.

Kanalning yon qiyaliklari va tubini beton va temir beton qoplamalar bilan mahkamlash suv isrofgarchiligini olishda katta ahamiyatga ega, chunki ba'zi hollarda suvning 15...25 % miqdori tuproqqa singib ketishi mumkin. Monolit holda yotqiziladigan beton qoplamalarning qalinligi 10...15 sm ni, temir beton qoplamalar qalinligi 7...15 sm ni tashkil etadi. Beton tagidagi to'rsimon yotqizilgan armatura sterjenlarining diametri 8...12 mm ga teng, 1 metr uzunlikka 3...5 sterjen yotqiziladi. Suv sizishini yanada kamaytirish uchun beton qoplama tagidan polietilen plenka ham yotqizilishi mumkin.

Temperatura tasirida kanal qoplamalarida deformatsiya bo'lishi va ularda yoriqlar paydo bo'lishi mumkin. Shuning uchun qoplama kanal bo'yilama uzunligi bo'yicha har 3...5 metrda choklar qoldiriladi.

Derivatsiya inshootlarining gidravlik hisoblari. Bu hisoblarning asosiy maqsadi hisobiy suv sarfining berilgan qiyamatlariga mos keluvchi inshootning ko'ndalang kesimi yuzasi o'lchamlarini aniqlashdan iboratdir. Inshootning hisobiy suv sarfi KGESning ish rejimiga bog'liq bo'ladi va texnik – iqtisodiy hisoblar bilan asoslanadi. Inshootning ko'ndalang kesimi yuzasi o'lchamlari qurilish ishlari hajmini, demak sarf bo'ladigan xarajatlar miqdorini aniqlash uchun xizmat qiladi. Hisoblar davomida derivatsiya inshootidagi me'yoriy rejimlardan tashqari hollardagi KGESning quvvatini aniqlash uchun zarur bo'lgan napor yo'qolish miqdorini aniqlash ishlari ham bajariladi.

Bosimsiz derivatsiya inshootining ko'ndalang kesimi yuzasini aniqlash Shezi formulasidan foydalanishga asoslangan

$$\omega = Q / (C\sqrt{R \cdot i}) \quad (3.21)$$

bunda ω – inshootdagi suv oqimining ko'ndalang kesimi yuzasi; Q – inshoot hisobiy suv sarfi; S – Shezi koeffitsienti; R – gidravlicheskiy radius; i = inshoot tubining nishabligi.

Gidravlik hisoblar uchun inshootning ko'ndalang kesimi yuzasi shakli (trapetsiya, to'rtburchak, uchburchak, parabolik, oval, doira va boshqa shakllar), hisobiy suv sarfi qiymati Q va g'adir-budirlik koeffitsienti n oldindan aniqlanadi. Ochiq derivatsiya kanallari asosan trapetsiya shaklida bo'lib, ularda gidravlik hisoblarning asosiy maqsadi kanaldagi suv chuqurligining h suv sarfiga Q bog'liqlik qiymatlarini aniqlashdan iboratdir.

Hisoblarni bajarish tartibi jadval ko'rinishida berilsa, tushunish qulay bo'ladi (3.1 – jadval).

Kanalning 3.25 – rasmda berilmagan ba'zi parametrlari quyidagicha ataladi:

χ – kanalning ko'ndalang kesimi yuzasi bo'yicha suv joylashgan (ho'llangan) perimetri;

R – kanalning gidravlik radiusi;

S – Shezi koeffitsienti, bu koeffitsient jadvalda Maning formulasi bilan aniqlanadi.

Hisoblar kanaldagi suv chuqurligining minimal qiymatlaridan boshlab maksimal qiymatlargacha bo'lgan oraliqdagi qiymatlari uchun bajariladi.

Derivatsiya kanalining gidravlik hisoblari

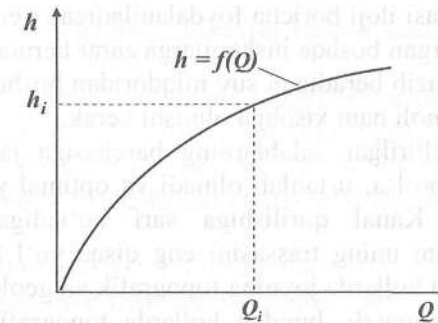
3.1. - jadval

№	Hisoblash formulasi	O'lchov birligi	Beriladigan va hisoblab topiladigan qiymatlar				
1	h	m	h_1	h_2	h_3	...	h_n
2	$m \cdot h$	m	...	...	...	...	...
3	$b + m \cdot h$	m	...	...	...	...	...
4	$\omega = (b + m \cdot h)h$	m^2	...	...	...	...	...
5	$h(2\sqrt{1+m^2})$	m	...	...	...	...	...
6	$\chi = b + h(2\sqrt{1+m^2})$	m	...	...	...	...	...

3.1. – jadval davomi

7	$R = \omega / \chi$	M	...	...	...	...	...
8	$S = 1/n \cdot R^{1/6}$	$\sqrt{M/c^2}$	...	...	...	...	...
9	$\sqrt{R \cdot i}$	$\sqrt{M}$	...	...	...	...	...
10	$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot i}$	M^3/s	...	...	...	...	...

Mazkur jadvalning 1 va 10 – son qatorlaridagi h va Q qiymatlarining $h=f(Q)$ bog'liqlik grafigini quramiz (3.26 – rasm). Ushbu grafik kanaldagi suv chuqurligini o'lchash orqali uning suv sarfini aniqlash imkonini beradi.



3.26 – rasm. Derivatsiya kanalining gidravlik hisoblari grafigi.

Derivatsiya kanalidagi suv oqimi tezligi qiymati katta ahamiyatga ega, chunki agar kanal beton qoplamasiz bo'lsa oqimning katta tezligi kanal o'zanini yuvib ketishi mumkin, yoki oqimda loyqa zarrachalari bo'lsa, undagi kichik tezlikda loyqa cho'kishi kuzatilishi mumkin. Shu sababli derivatsiya kanallarida oqimning ruxsat etilgan tezligi qiymati tushunchasi mavjud. Bu tezlik qiymati oqimning yuvuvchi tezligi bilan loyqalanish tezligi oralig'ida bo'ladi, ya'ni,

$$v_{loy.} < v < v_{yuv.}$$

Tuproq turiga qarab $v_{yuv.}$ qiymati 0,5 m/s dan 1,8 m/s gacha, $v_{loy.}$ qiymatlari loyqa zarrachalari turi va o'lchamiga qarab 0,2...0,6 m/s atrofida bo'ladi. Kanaldagi loyqalanish tezligini S.X. Abalyans formulasi bilan ham hisoblash mumkin.

$$v_{loy.} = \sqrt[4]{R} \quad (3.22)$$

bunda R – kanalning gidravlik radiusi.

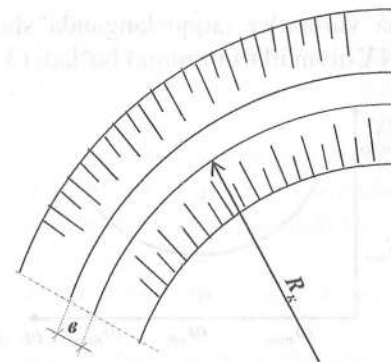
Derivatsiya kanalining trassasini tanlash. Derivatsiya kanalini loyihalashning asosiy masalalaridan biri iqtisodiy jihatdan eng arzon, zarur miqdordagi suvni minimal yo'qotishlar bilan uzluksiz KGESga yetkazib berishni, talafotsiz ishlashni ta'minlaydigan kanal trassasini tanlash hisoblanadi. Bu ishni amalga oshirishda mumkin bo'lgan barcha variantlar bo'yicha texnik – iqtisodiy hisoblar bajariladi va bunda quyidagilar hisobga olinadi:

- a) qurilish ishlariga sarf bo'ladigan xarajatlar imkon boricha minimal bo'lishi kerak;
- b) trassa o'tadigan joyning topografik va muhandislik geologik xususiyatlari hisobga olinishi kerak;
- v) kanal trassasi iloji boricha foydalaniladigan yer maydonlariga, joydagi ishlab turgan boshqa inshootlarga zarar bermasligi kerak;
- g) kanal yetkazib beradigan suv miqdoridan boshqa maqsadlarda foydalanish ehtimoli ham hisobga olinishi kerak.

Yuqorida keltirilgan talablarning barchasiga javob beradigan variant mavjud bo'lsa, u tanlab olinadi va optimal yechim sifatida qabul qilinadi. Kanal qurilishiga sarf bo'ladigan xarajatlarni kamaytirish uchun uning trassasini eng qisqa yo'l bilan o'tkazish lozim, lekin ba'zi hollarda joyning topografik va geologik sharoitlari bunga imkon bermaydi, bunday hollarda topografik va geologik shartlarga javob beradigan minimal xarajatli variant tanlanadi.

Kanal trassasini o'tkazishda burilishlarni to'g'ri tanlash va o'lchamlarini aniqlash muhim ahamiyatga ega, chunki burilishlardagi oqimning kanalga gidrodinamik bosimi, napor yo'qolish qiymati, qurilish xarajatlari burilish radiusiga bog'liq. Shu sababli derivatsiya kanalini loyihalash hujjatlarida burilish radiusini $R_k = 5 \cdot v$ dan kam bo'lmagan miqdorda olish tavsiya etiladi, bunda v – kanalning tubi eni (3.27 – rasm).

Kanal trassasi soy, kanal, yo'l va jarliklarni kesib o'tganda, bu joylarda maxsus inshootlar (dyuker, akveduk, yer osti quvuri, tunnel va boshqalar) quriladi. Bu inshootlarning qurilishi maxsus loyihalash me'yorlari va boshqa xujjatlariga binoan bajariladi.



3.27 – rasm. Derivatsiya kanalining burilish radiusini aniqlash.

Derivatsiya kanalining texnik – iqtisodiy hisoblari. Derivatsiya kanalining gidravlik hisoblar asosida aniqlangan konstruktiv shakli, va asosiy parametrlarining har xil variantlari texnik – iqtisodiy hisoblar yordamida taqqoslanadi va natijalar asosida optimal variant aniqlanadi.

Hozirgi paytda yangi yirik inshootlar asosan ma'lum kredit siyosatiga asoslangan investitsiyalar yordamida barpo etiladi. Investorlar har xil bo'lganligi kabi ularning investitsiya kiritish tartibi ham turlicha bo'ladi va shunga asosan quriladigan inshootning iqtisodiy samaradorligini aniqlash ham har xil usullar bilan olib boriladi.

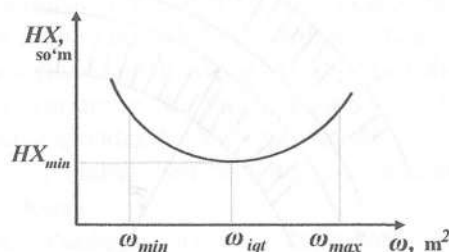
Derivatsiya kanallarining texnik – iqtisodiy hisoblari asosan ko'p variantli hisoblar uchun qulay bo'lgan hisobiy xarajatlarni aniqlash usuli bilan bajariladi.

$$NX = M \cdot b + F \quad (3.23)$$

NX – yillik hisobiy xarajatlar, M – qurilish uchun zarur bo'lgan mablag'lar, b – investitsiyaning foizlari yoki chegirmalari (bank krediti foizlari), F – yillik foydalanish xarajatlari.

Masalan, hisobiy xarajatlar usuli bilan derivatsiya kanalining ko'ndalang kesimi yuzasini aniqlash mumkin. Kanalning ko'ndalang kesimi yuzasi qanchalik kichik bo'lsa qurilish xarajatlari shuncha kam bo'ladi, ammo suv oqimi tezligi va napor yo'qolish qiymati oshadi, buning natijasida KGES quvvati kamayadi. Kamaygan quvvatni to'ldirish uchun qo'shimcha xarajatlar sarf bo'lishi kerak,

shu sababli barcha variantlar taqqoslanganda shunday bir variant topiladiki, bunda NX qiymatlari minimal bo'ladi (3.28 – rasm).



3.28 – rasm. Derivatsiya kanalining iqtisodiy qulay kesimini aniqlash.

3.4. KGES suv omborlaridagi to'g'onlar.

KGESdan talab etiladigan elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun unga yetarli hajmda, lekin vaqt bo'yicha bir me'yorda bo'lmagan suv miqdorini yetkazib berish zarur. Lekin suv manbalaridagi oqim miqdori bu talabga javob berolmaydi, chunki ulardagi suv sarfining o'zgarishi zarur miqdordagi elektr energiyasini zarur paytda ishlab chiqarishni ta'minlay olmaydi. Shu sababli manbalarining suv oqimini sun'iy ravishda rostlash, ya'ni suv yo'lini to'g'onlar bilan to'sib omborlarda yetarli miqdorda suv zahiralarini yaratish kerak bo'ladi.

To'g'onlar KGESlar tarkibidagi muhim inshootlardan biri hisoblanadi, chunki u tufayligina ishlab chiqariladigan elektr energiyasi uchun zarur bo'lgan suv sarfi Q va napor N hosil qilinadi.

To'g'onlarning quyidagi turlari mavjud:

1. To'g'onni qurishda qo'llanilgan qurilish materiali turi bo'yicha:

a) tuproq to'g'onlar; b) tosh – tuproq to'g'onlar; v) tosh to'g'onlar; g) beton to'g'onlar; d) temir beton to'g'onlar.

2. Tuzilishi (konstruksiya) bo'yicha:

a) gravitatsion to'g'onlar; b) arkali to'g'onlar; v) kontrforsli to'g'onlar.

3. Suv oqimini o'tkazish bo'yicha:

a) suv o'tkazmaydigan to'g'onlar – bunday to'g'onlar bilan jihozlangan suv omborlaridan suv olish maxsus suv oluvchi inshootlar orqali derivatsiya usulida amalga oshirilishi mumkin;

b) suv o'tkazuvchi to'g'onlar – bunday to'g'onlarning tana qismida yoki nov shaklida energetik maqsadlarda, irrigatsiya ehtiyojlari uchun yoki ortiqcha suvlarni tashlovchi inshootlar quriladi.

To'g'on qurilishi uchun joyini tanlash juda katta ahamiyatga ega hisoblanadi. Buning uchun bir qancha variantlar ko'rib chiqiladi, kerakli texnik – iqtisodiy hisoblar bajariladi va eng maqbul variant tanlab olinadi.

To'g'on joyini tanlashda quyidagi asosiy talablar hisobga olinadi:

a) belgilangan suv hajmini sig'dirish imkoniyati;

b) suv ombori hamda to'g'on tubi va qirg'oqlarining muhandislik – geologik sharoiti mahkamlik, suv o'tkazmaslik talablariga javob berishi;

g) to'g'on imkoni boricha mahalliy materiallardan bunyod etilishi.

To'g'on tubining mahkamligi, tarkibi va suv o'tkazmasligi xavfsizlik masalalariga to'liq javob berishi lozim. Agar to'g'on tubidan suvning sizib o'tishi me'yordan ortiq bo'lsa quyidagi salbiy oqibatlar kelib chiqadi:

- suvning ko'p isrof bo'lishi;

- to'g'on tubiga pastdan sizib o'tayotgan suvning gidrostatik bosimi ta'siri natijasida mahkamlikning buzilishi;

- mexanik suffoziya (tuproq zarrachalarining yuvilishi) va ximik suffoziya (tuproqdagi tuzlarning yuvilishi)ning yuzaga kelishi natijasida to'g'on mahkamligining buzilishi;

- to'g'on asosining cho'kishi va egilishi.

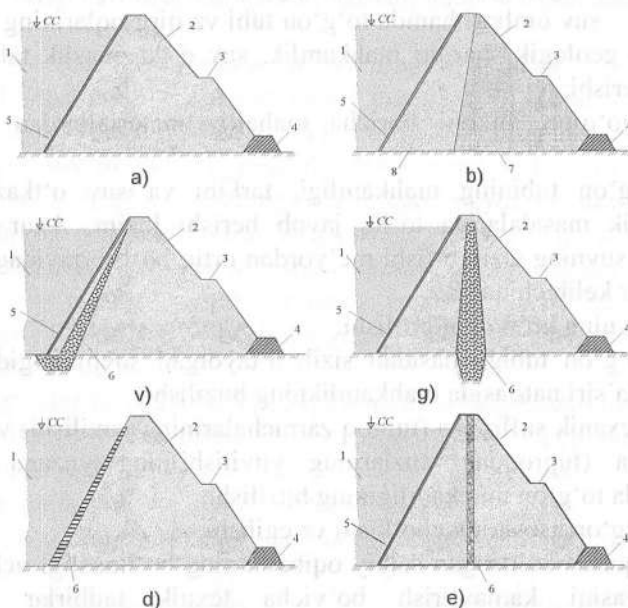
Yuqorida keltirilgan salbiy oqibatlarning bo'lmasligi uchun suv filtratsiyasini kamaytirish bo'yicha texnik tadbirlar amalga oshiriladi.

Tuproq to'g'onlar. Respublikamiz sharoitida eng ko'p qurilgan to'g'on turi – tuproq to'g'onlardir. Tuproq to'g'onlar qurilishga yaqin bo'lgan joylardan qazib olingan tuproqni yotqizib ko'tarish yo'li bilan barpo etiladi. Tuproq to'g'onlar uzunligining balandligiga nisbati 8:1 dan 10:1 gacha bo'ladi.

Tuproq to'g'onlar mahalliy materiallardan qayta ishlovsiz qurilganligi uchun boshqa to'g'onlarga qaraganda ancha arzon va qurish murakkab emas.

Tuproq to'g'onlarning quyidagi turlari mavjud (3.29 – rasm):

- a) bir xil turdagi tuproqdan qurilgan to'g'on;
- b) har xil turli tuproqdan qurilgan to'g'on;
- v) kam suv o'tkazadigan ekran o'rnatilgan to'g'on;
- g) kam suv o'tkazadigan yadro o'rnatilgan to'g'on;
- d) suv o'tkazmaydigan qoplama bilan jihozlangan to'g'on;
- e) diafragmali to'g'on.



3.29 – rasm. Tuproq to'g'onlarning turlari.

a – bir xil tuproqdan qurilgan to'g'on; b – har xil tuproqdan qurilgan to'g'on; v – kam suv o'tkazadigan ekran o'rnatilgan to'g'on; g – kam suv o'tkazadigan yadro o'rnatilgan to'g'on; d – suv o'tkazmaydigan qoplama bilan jihozlangan to'g'on; e – diafragmali to'g'on, 1 – suv ombori; 2 – to'g'on; 3 – berma; 4 – drenaj prizmalari, 5 – qoplama, 6 – suvning sizib o'tishining oldini oladigan konstruksiya, 7 – tuproq; 8 – suv o'tkazuvchanligi kamroq tuproq.

To'g'on qurilishi yaqinida past suv sizish koeffitsientiga ega bo'lgan tuproq zahiralari yetarli bo'lsa bir xil turdagi tuproqdan foydalaniladi (3.29 – rasm, a). Agar shunday tuproq zahiralari yetarli bo'lmasa, unda to'g'onning oldi qiyaligiga suv o'tkazuvchanligi kam bo'lgan tuproq yotqiziladi, keyin qolgan turdagi tuproqlardan foydalaniladi va bunday to'g'on har xil tuproqli to'g'on deb ataladi (3.29 – rasm, b).

To'g'on qurilishi yaqinida past suv sizish koeffitsientiga ega bo'lgan tuproq zahiralari bo'lmasa, unda albatta suv deyarli sizib o'tmaydigan ekran o'rnatiladi (3.29 – rasm, v). Ekran materiali sifatida ko'p hollarda kam suv o'tkazadigan gil tuprog'idan foydalaniladi, ba'zi hollarda boshqa materiallar – beton, temirbeton, asfaltbeton, plastbeton, polietilen plenka bo'lishi mumkin. Ekran aralash materiallardan, masalan 25 % gil, 35 % qum va shag'al, 40 % qumoq tuproqlardan ham tayyorlanishi mumkin. Ekraning yuqori qismi qalinligi 0,8 metrdan, pastki qismi qalinligi esa suv chuqurligining 10 % idan kam bo'lmasligi kerak.

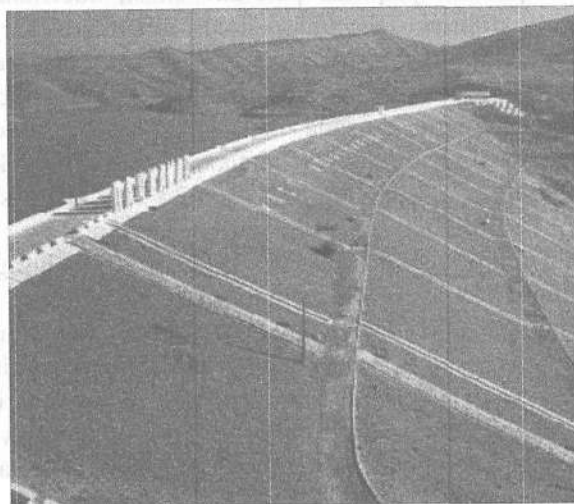
To'g'ondan sizib o'tadigan suv filtratsiyasini kamaytirish uchun uning markaziy qismiga yadro ham o'rnatilishi mumkin (3.29 – rasm, g). Yadro uchun ham ekrandagi kabi materiallar ishlatiladi. Yadroning yuqori sathi suv ombordagi maksimal suv sathidan 0,5...0,7 metr yuqori, to'g'onning yuqori sathidan muzlamaydigan darajada pastda joylashishi kerak.

Agar to'g'on materialining filtratsiya koeffitsienti katta bo'lsa, uning oldi qismida suv sizishining oldini olish uchun maxsus qoplama yotqiziladi (3.29 – rasm, d). Qoplama temir beton plitalardan, monolit betondan, sintetik plenkalardan bo'lishi mumkin. Suv sizishining oldini olish uchun to'g'onlarga ularning markazida joylashgan diafragmalar (vertikal devorlar) ham o'rnatilishi mumkin (3.29 – rasm, e). Diafragmalar temirbeton plitalardan, monolit betondan, metallardan va boshqa materiallardan tayyorlanadi.

Tuproq to'g'onlar tanasidan sizib chiqayotgan (bunday to'g'onlarda ozgina miqdorda suvning sizib chiqishi tabiiy holat) suvni drenajga chiqarib tashlash va suv sathining yuqori ko'tarilmasligini ta'minlash uchun maxsus konstruksiyalar qo'llaniladi va ularning eng ko'p tarqalgani drenaj prizmalari deb ataladi. Prizmaning yuqori

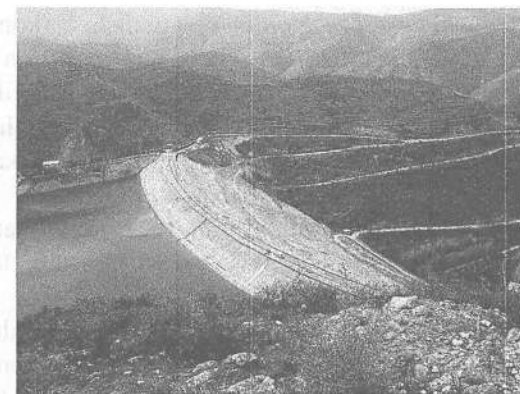
qismi sathi quyi b'efdagi suv sathidan yuqorida joylashadi va uning balandligi $0,2 \cdot N_{to'g'}$ gacha bo'ladi, $N_{to'g'}$ — to'g'on balandligi.

Misol sifatida tuproq to'g'onlardan biri — Pachkamar suv omboridagi to'g'onni keltirish mumkin (3.30 — rasm). Mazkur to'g'on balandligi 71 metr, uzunligi 573 metrni tashkil etadi, unga 3 mln. m³ dan ortiq tuproq ishlatilgan. Suvning sizishini kamaytirish uchun to'g'onda qumoq tuproqdan iborat yadro o'rnatilgan.



3.30 — rasm. Pachkamar suv ombori to'g'oni.

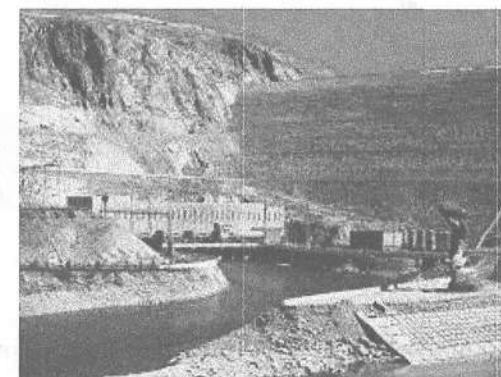
Tosh — tuproq to'g'onlarda tuproq bilan bir qatorda har xil o'lchamdagi tosh, shag'al materiallaridan ham foydalaniladi. Tosh-shag'alning suv o'tkazuvchanligi katta bo'lganligi uchun to'g'onning old qismiga tuproq to'g'onlardagidek suv sizishiga qarshi konstruksiyalar o'rnatiladi. 3.31 — rasmda tosh va tuproqdan qurilgan Xisorak suv omborining to'g'oni keltirilgan. Mazkur to'g'on balandligi 138,5 metr, uzunligi 660 metrni tashkil etadi, unga 2,75 mln. m³ dan ortiq tuproq ishlatilgan. Suvning sizishini kamaytirish uchun to'g'onda qumoq tuproqdan iborat yadro o'rnatilgan.



3.31 — rasm. Xisorak suv omborining to'g'oni.

Tosh to'g'onlar har xil o'lchamdagi toshlarni yotqizish orqali quriladi, shu sababli ularning suv o'tkazuvchanligi katta bo'ladi, buning oldini olish uchun suv o'tkazmaydigan konstruksiyalardan (ekran, yadro va boshqalar) albatta foydalaniladi.

Shunday to'g'onlardan biri Chorvoq suv omborining tosh yotqizqlaridan iborat to'g'oni hisoblanadi (3.32 — rasm). To'g'onning balandligi 168 metr, uzunligi 770 metr bo'lib, uning markazida qumoq tuproq va qum — shag'alli yadro joylashgan. To'g'on qiyaligi ikki tomondan ham 1:2. Yadroning asosi 3,8x4,0 m, chuqurligi 10...12 metr bo'lgan sement galereyadan iborat.

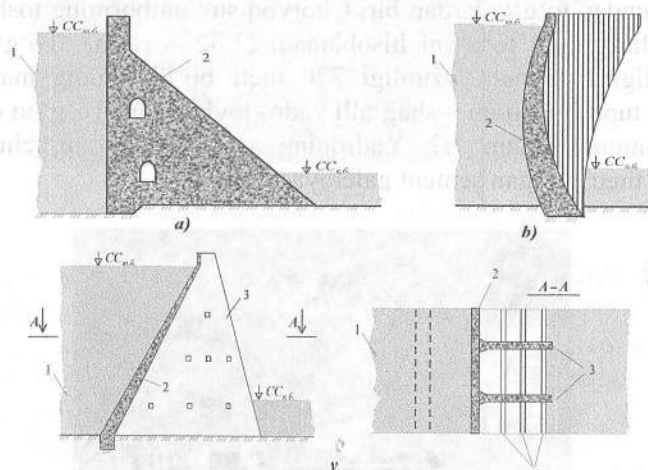


3.32 — rasm. Chorvoq suv omborining to'g'oni.

Beton (temirbeton) to'g'onlar. Tuzilishi (konstruksiyasi) bo'yicha turlarga bo'linadigan gravitatsion, arkali va kontrforsli to'g'onlarda beton yoki temirbeton materiallari ishlatiladi. Gravitatsion to'g'onlar katta massaga ega bo'lib, monolit betondan quriladi (3.33 – rasm, a). Mazkur to'g'onlar suv o'tkazmaydigan ham va suv tushar novga ham ega bo'lishi mumkin.

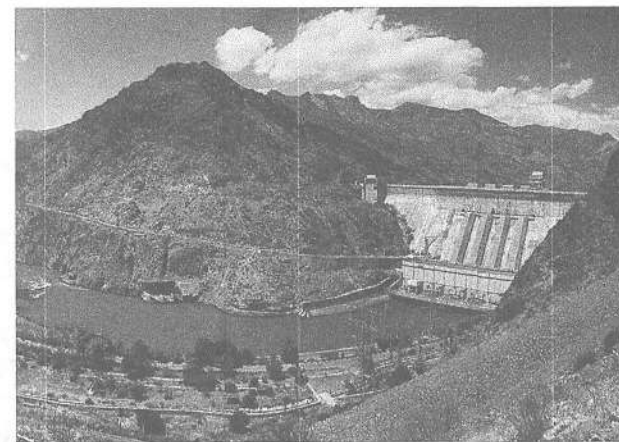
Gravitatsion to'g'onlarga misol sifatida balandliklari 113 metr bo'lgan Qurpsoy va 75 metr bo'lgan Toshko'mir to'g'onlarini keltirish mumkin (3.34 – rasm).

Arkali to'g'onlar yoysimon ravishda ikki tomondagi qoyalik qirg'oqlarga tayanadigan vertikal egik temir beton konstruksiyaga ega bo'lgan inshoot hisoblanadi (3.33 – rasm, b). Bu to'g'onlarda suv ombori tomondan beriladigan bosim to'g'onning qirg'oqlarga tayanadigan qismi tomonidan qabul qilinadi va shuning uchun bu qismlar mahkamligiga katta e'tibor beriladi (3.35 – rasm). Arkali to'g'onlarning balandligi 300 metrgacha yetishi mumkin, lekin ularda gravitatsion to'g'onlarga nisbatan beton hajmi kam bo'ladi.

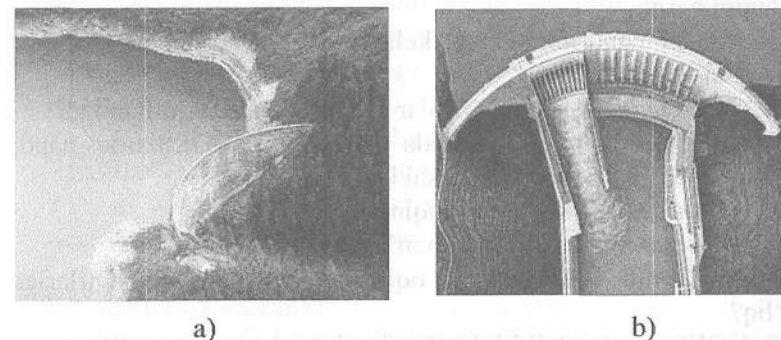


3.33 – rasm. Betonli (temirbetonli) to'g'onlar.

a) gravitatsion to'g'on; b) arkali to'g'on; v) kontrfors to'g'on, 1 – suv ombori; 2 – to'g'on; 3 – kontrforslar; 4 – mahkamlash balkalari.



3.34 – rasm. Qurpsoy GESining gravitatsion to'g'oni.

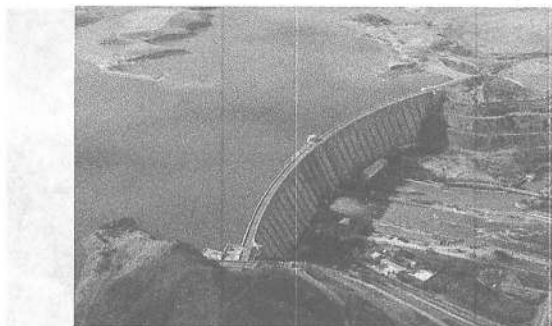


3.35 – rasm. Arkali to'g'onlar.

a) AQShdagi Salmon Creek to'g'oni;

b) Rossiyadagi Sayano-Shushensk to'g'oni.

Kontrforsli to'g'onlar konstruksiyasi temirbeton qovurg'alar (kontrforslar)ga tayanadigan va suv bosimini qabul qiladigan temirbeton plitalardan iborat (3.33 – rasm, v). Kontrforslar bir biri bilan maxsus balkalar orqali mahkamlanadi. Kontrforsli to'g'onlar balandligi 110...125 metrgacha borishi mumkin. 3.36 – rasmda Andijon suv omborining kontrforsli to'g'oni tasvirlangan. To'g'onning balandligi 121 metr, uzunligi 850 metr.



3.36 – rasm. Andijon suv omborining kontrforsli to‘g‘oni.

Takrorlash uchun savollar

1. KGES naporini yuzaga keltirishning qanday sxemalari mavjud?
2. KGES naporini yuzaga keltirishning to‘g‘onli sxemasi haqida ma‘lumot bering.
3. KGES naporini yuzaga keltirishning derivatsiyali sxemasi haqida ma‘lumot bering.
4. O‘zanda joylashgan KGESlar qanday hollarda qo‘llaniladi?
5. To‘g‘on orti yoki yonida joylashgan KGESlarda napor qiymati qanday diapazonda bo‘lishi kerak?
6. Qanday KGESlarni erkin oqimli deb atashadi?
7. KGESlarning asosiy parametrlarini aytib bering.
8. KGESning quvvati suv oqimining qanday parametrlariga bog‘liq?
9. KGESning foydali ish koeffitsienti qanday aniqlanadi?
10. KGESning geometrik, to‘la va hisobiy napori atamalariga tushuncha bering.
11. KGESlarning derivatsion inshootlari tarkibiga qanday inshootlar kiradi?
12. Derivatsiya kanalining asosiy parametrlariga nimalar kiradi?
13. Derivatsiya kanali gidravlik hisobining asosiy maqsadi nimadan iborat?
14. KGESlar tarkibidagi to‘g‘onlar turlarini aytib bering.
15. To‘g‘onlar turlari qanday talablar asosida tanlanadi?
16. To‘g‘onlarda suvning sizib chiqishining oldini olish uchun qanday ishlar amalga oshiriladi?

IV-BOB.

ELEKTROENERGETIKA TARMOQLARI VA ULARDA KICHIK GESLARNING ISH REJIMLARI

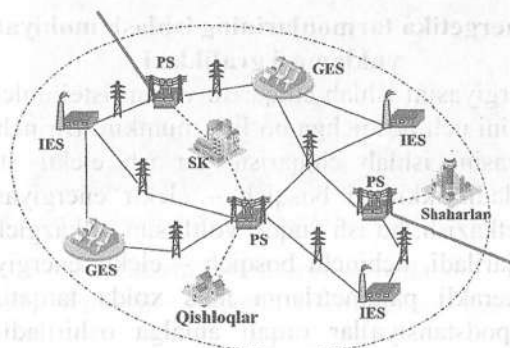
4.1. Elektroenergetika tarmoqlarining ishlash mohiyati, energiya yuklamasi grafiklari

Elektr energiyasini ishlab chiqarish va uni iste‘molchilarga yetkazish jarayonini uch bosqichga bo‘lish mumkin. Birinchi bosqich – elektr energiyasini ishlab chiqarish, bu ish elektr stansiyalarda amalga oshiriladi, ikkinchi bosqich – elektr energiyasini kerakli manzillarga yetkazish, bu ish yuqori voltli sim o‘tkazgich (liniya)lar yordamida bajariladi, uchinchi bosqich – elektr energiyasini iste‘molchilarga kerakli parametrlarga mos xolda tarqatish, bu ish nimstansiya (podstansiya)lar orqali amalga oshiriladi. Yuqorida keltirilgan bosqichlar barchasi bir-biriga bog‘liq va umumiy boshqaruv markazi orqali nazorat qilinadi va amalga oshiriladi. Shu sababli barcha elektr stansiyalar, turidan qat‘iy nazar, alohida ishlamaydi, ularning barchasi bir – biridagi ish rejimni hisobga olgan holda boshqariladi. Ularni boshqarish, ishlab chiqarilgan elektr energiyasini iste‘molchilarga tarqatish elektroenergetika tarmoqlari (EET) tomonidan amalga oshiriladi. Elektroenergetika tarmoqlari yuqori yoki past voltli elektr liniyalari va tarmoqlari bilan birlashtirilgan elektr stansiyalar, podstansiyalar, iste‘molchilarni o‘z ichiga olgan va umumiy markazlashgan boshqaruv tizimiga ega bo‘lgan majmua hisoblanadi (4.1 – rasm).

Elektroenergetika tarmoqlari markaziy, mintaqaviy va lokal tarmoqlar kabi turlarga bo‘linadi. Markaziy tarmoqlar bir nechta mintaqada iste‘molchilariga xizmat ko‘rsatadigan yirik EET hisoblanadi, mintaqaviy tarmoqlar ma‘lum belgilangan mintaqalarga, lokal tarmoq esa, bir guruh iste‘molchilarga xizmat ko‘rsatadilar. Ko‘p hollarda ishonchli energiya ta‘minotini ta‘minlash uchun bir nechta markaziy tarmoqlar birlashib birlashgan yoki yagona EETni tashkil qiladi.

Zamonaviy EETlar yuqori texnologiyalarga ega bo‘lgan, doimo rivojlanishdagi yuksak sun‘iy kibernetik tizimdan iborat bo‘lib, ular quyidagi talablar asosida faoliyat ko‘rsatadilar:

EETlarda energiya ishlab chiqarish va uni iste'mol qilishning mutlaq qiymatlari mutanosib bo'lishi kerak, boshqacha qilib aytganda ularning balansi (muvozanati) doimo saqlanishi kerak;



4.1 - rasm. Elektroenergetika tarmoqlarining sxemasi

IES - issiqlik elektr stansiyasi; GES - gidroelektr stansiyasi;
PS - podstansiyalar; SK - sanoat korxonalari;
— yuqori voltli elektr liniyalari; --- past voltli elektr liniyalari;
— boshqa EETlarga ulangan yuqori voltli elektr liniyalari

EETlar faoliyatini boshqarish yuqori darajada avtomatlashtirilgan va komp'yuterlashtirilgan, ya'ni yuksak "intellektual" darajaga ega bo'lgan tizimga ega bo'lishi kerak;

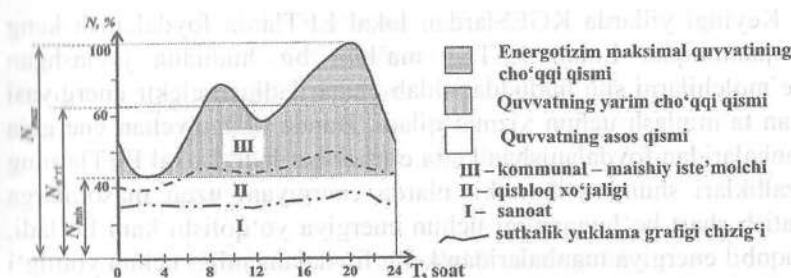
EETlarda barcha energetik resurslardan (an'anaviy va muqobil turlaridan) foydalanish imkoni bo'lishi kerak;

EETlar barcha turdagi iste'molchilarni yetarli darajada har qanday energiya iste'moli sharoitlarida elektr energiyasi bilan ta'minlashi kerak;

EET ba'zi elektrostansiyalar ishdan to'xtagan hollarda ham to'xtovsiz energiya ta'minotini tashkil qilish imkoniga ega bo'lishi, ya'ni zahira quvvatlarga ega bo'lishi kerak;

EETlarda elektr energiyasining parametrlari (quvvati, kuchlanish, tok kuchi va chastotasi) talab darajasida ta'minlanishi kerak.

EET ish rejimi uning asosiy xujjati - sutkalik yuklama grafigi bilan belgilanadi. Sutkalik yuklama grafigi EET bir kecha kunduz davomida iste'molchilarga yetkazib beradigan energiyaning soatlar bo'yicha taqsimlanishini aks ettiradi (4.2 - rasm).



4.2 - rasm. Elektroenergetika tarmog'i sutkalik yuklama grafigi.

Sutkalik yuklama grafigining ordinata o'qida barcha elektr stansiyalar ishlab chiqaradigan elektr energiyasi quvvatining sutkadagi soatlar (abssissa o'qidagi) bo'yicha o'zgarishi ko'rsatiladi. Quvvat qiymati uchta asosiy ko'rsatkich bilan ifodalandi: maksimal N_{max} , minimal N_{min} va o'rtacha $N_{o'rt}$ qiymatlar. EET quvvatining grafik bo'yicha o'rtacha qiymatini quyidagi formula bilan aniqlashimiz mumkin.

$$N_{ypm} = \frac{1}{24} \int_0^{24} N(t) dt \quad (4.1)$$

bunda, $N(t)$ - quvvat qiymatining vaqt bo'yicha o'zgarishi, dt - vaqtning o'zgarish qiymati, soat.

Energiya iste'molining sutka davomida o'zgarishi darajasi yuklama grafigining zichlik koeffitsienti bilan ifodalanadi

$$\gamma = N_{o'rt} / N_{max} \quad (4.2)$$

γ qiymati iste'molchilarning energiyadan foydalanish rejimiga bog'liq bo'ladi, shaharda agar energiya hajmdor, kecha kunduz ishlaydigan sanoat korxonalari ko'proq bo'lsa bu qiymat 1,0 ga yaqinlashib boradi, aks holda 0,5 gacha tushishi mumkin.

EET quvvatining sutka davomida tebranish amplitudasi grafikning notekislik koeffitsienti bilan ifoda etilishi mumkin

$$\beta = N_{min} / N_{max} \quad (4.3.)$$

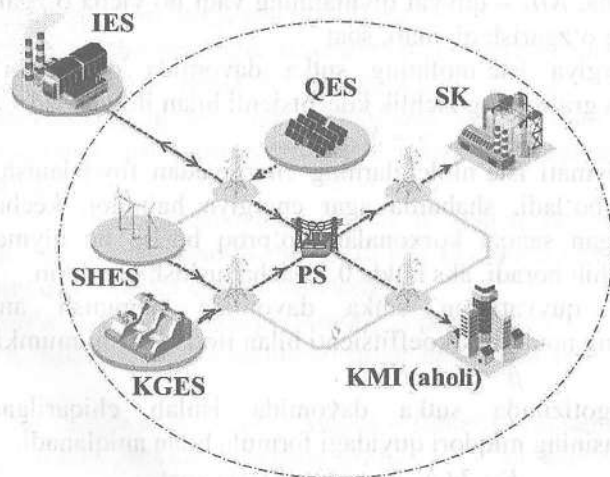
Energotizimda sutka davomida ishlab chiqarilgan elektr energiyasining miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E = 24 \cdot N_{o'rt} \cdot \kappa V_T (MV_T) \cdot \text{soat} \quad (4.4)$$

Keyingi yillarda KGESlardan lokal EETlarda foydalanish keng rivojlanmoqda. Lokal EETlar ma'lum bir hududda joylashgan iste'molchilarni shu hududda ishlab chiqariladigan elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi. Bunda tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanishga katta e'tibor beriladi. Lokal EETlarning afzalliklari shundan iboratki, ularda energiyani uzoq masofalarga uzatish shart bo'lmaganligi uchun energiya yo'qolishi kam bo'ladi, muqobil energiya manbalaridan keng foydalanganligi uchun yoqilg'i minimal miqdorda sarflanadi, ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan energiya miqdorini bir – biriga optimal ravishda moslash imkoniyati oshadi. Lokal EETlar ba'zi hollarda yetishmagan energiyani olish yoki ortiqcha energiyani sotish hamda yoqilg'ida ishlaydigan elektr stansiyalari ishini rostdlash uchun markaziy EETga ham ulanishi mumkin (4.3 – rasm).

Hozirgi paytda dunyoda markazlashmagan energotizim, mikrogrid, virtual elektrostansiya, taqsimlangan energotizim nomlari bilan ataluvchi bir qator lokal EETlar ko'plab foyda bo'lmoqda.

Xalqaro energetika agentligining 2017-yilda chop etilgan World Economic Access Outlook 2017 nomli ma'ruzasida 2030-yilga borib rivojlanayotgan mamlakatlarda lokal EETlar salmog'i 30...40 % ni tashkil etishi bashorat qilingan.



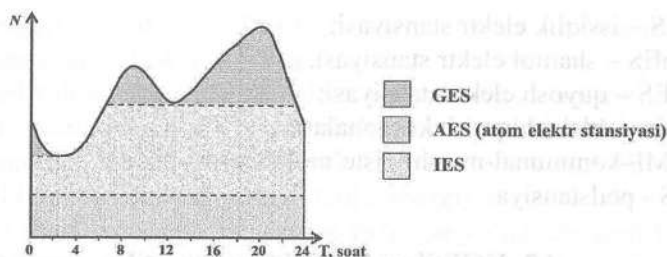
4.3 – rasm. Lokal (markazlashmagan) energotizim sxemasi.

IES – issiqlik elektr stansiyasi;
 ShES – shamol elektr stansiyasi;
 QES – quyosh elektr stansiyasi;
 SK – ishlab chiqarish korxonalari;
 KMI – kommunal-maishiy iste'molchilar,
 PS – podstansiya.

4.2. KGESlarning elektroenergetika tarmoqlaridagi ish tartibi

EETlarda energiyaga bo'lgan talab tez o'zgarib turadi, ayniqsa bu holat sutkalik yuklama grafigining cho'qqi qismida juda sezilarli. Yirik EETlarda bir minut vaqt mobaynida energiya quvvatining o'zgarishi 150...200 MVtgacha yetishi mumkin. Shu sababli EETlarda energiya o'zgarishiga mos ravishda elektr stansiyalar quvvatini o'zgartirish imkoniyati katta ahamiyatga ega. Issiqlik elektr stansiyalari (IES)da quvvat miqdorini tez o'zgartirish (manevrchanlik) ancha cheklangan. Buning asosiy sababi quvvatni o'zgartirish turbogeneratorni to'xtatish yoki ishga tushirish, uning quvvatini rostdlash orqali amalga oshirish mumkin. Sovuq holdagi turbogeneratorni ish rejimiga olib chiqishga 3...6 soat, issiq holdagi agregat uchun 1 soat talab qilinadi va bunga katta miqdordagi yoqilg'i sarf qilinadi. Bundan tashqari turboagregat quvvatini rostdlash paytida har bir kVt-soat ishlab chiqarilgan energiya uchun 170...220 gramm qo'shimcha yoqilg'i sarflanadi [14]. Shu sababli EETlarda quvvat miqdorini tez o'zgartirish uchun IESlardan foydalanish ularning manevrchanligi past bo'lganligi sababli ancha mushkul va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

GESlarda gidroagregatni ishga tushirishga 1...2 minut, to'xtatishga esa, 10 sekundgacha vaqt sarf bo'ladi va hech qanday yoqilg'ini yoqish zarur bo'lmaydi. GESlarda quvvat miqdorini o'zgartirish gidroturbinaning yo'naltiruvchi apparatini ochish yoki yopish orqali suv sarfini o'zgartirish yo'li bilan bir necha minut ichida amalga oshirilishi mumkin. Shu sababli GESlardan EETda sutkalik energiya yuklamasining tez o'zgaruvchan cho'qqi qismida foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi (4.4 – rasm).



4.4 - rasm. Elektroenergetika tarmog'ida elektr stansiyalari ishi.

Atom elektr stansiyalari bir me'yorda, o'zgarmaydigan quvvat bilan ishlaganligi tufayli grafikning asos qismidagi, IESlar esa ozroq manevrchanlikka ega bo'lganligi uchun grafikning o'rta qismidagi quvvatlarni ta'minlash maqsadida qo'llaniladi. Ammo 4.4 - rasmda ko'rsatilgan elektr stansiyalarning ishlash tartibi namunaviy hisoblanadi, odatda energotizimlarda GESlar salmog'ining yetishmasligi (GESlarning energiya ishlab chiqarishdagi salmog'i 25 % atrofida bo'lishi kerak) grafikning cho'qqi qismida ko'p hollarda tezkor manevrchanlikka ega bo'lgan gaz turbina elektr stansiyalari qo'llaniladi, ammo ular odatdagi stansiyalarga qaraganda 1,4...1,5 barobar ko'p yoqilg'i iste'mol qiladi.

Lokal EETlarda KGESlardan keng foydalanishadi, buning asosiy sababi ularning yuqori manevrchanlikdan tashqari boshqa afzalliklari ham bor, masalan, Xalqaro tiklanuvchan energiya manbalari agentligi (IRENA)ning "Renewable Power Generation Costs in 2017" nomli hisobotida eng arzon elektr energiyasi KGESlarda ishlab chiqarilishi qayd etilgan, bundan tashqari bu energiya ekologik toza va mukammal texnologiyaga ega.

4.3. KGESlarning o'zgaruvchan quvvatini ta'minlash uchun gidroturbinaga beriladigan suv sarfini rostlash

KGESlarning sutkalik energiya yuklamasining tez o'zgaruvchan cho'qqi qismidagi ishi quvvat qiymatlarini tez-tez o'zgartirishni taqozo etadi. KGESlarda bu ish gidroturbinalardan o'tadigan suv sarfini rostlash orqali amalga oshiriladi, ya'ni KGES quvvatini o'zgartiruvchi asosiy ko'rsatkich uning suv sarfi Q_{KGES} hisoblanadi. Q_{KGES} qiymati suv manbaidagi suv sarfi Q_{SM} qiymatlariga doim

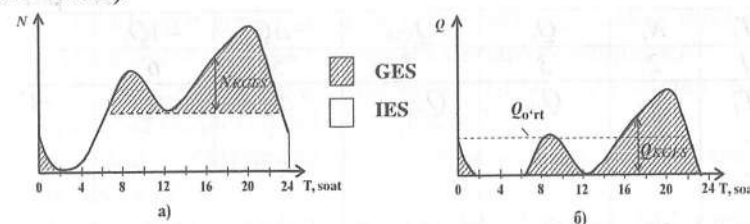
ham to'g'ri kelavermaydi, shu sababli suv oqimini rostlash amalga oshiriladi, ya'ni yuqori b'efda joylashgan suv omborida ortiqcha suvni to'plash, talab oshganda undan foydalanish zarur bo'ladi. Suv manbaidagi suv oqimini sutka davomida mazkur usulda tartibga solish sutkalik rostlash deb ataladi. Huddi shuningdek, hafta davomida energiya iste'moli har xil (dam olish kunlari kam energiya sarf bo'ladi) bo'lganligi uchun haftalik rostlash, qish va yoz oylari energiya iste'moli farqi katta bo'lganligi uchun yillik suv oqimini rostlash amalga oshiriladi.

Ma'lumki, KGESning quvvatini (3.16) formula bilan ifodalash mumkin. Undan suv sarfining i vaqtdagi qiymatini quyidagi tarzda aniqlash mumkin

$$Q_{KGESi} = N_{KGESi} / (9,81 \cdot H_i \cdot \eta_{KGES}) = N_{KGESi} / K_{KGES} \quad (4.5)$$

bunda H_i - KGES napori, bu qiymatning o'zgarishi sutka davomida unchalik katta bo'lmaganligi uchun uning qiymatini o'zgarmas qilib olish mumkin, huddi shuningdek η_{KGES} qiymati ham o'zgarmas hisoblanadi.

Demak, (4.5) formulada maxraj o'zgarmas bo'lganligi uchun N_{KGESi} qiymatlari to'liq Q_{KGESi} ga bog'liq bo'ladi va uning grafigi sutkalik energiya yuklamasining grafigiga o'xshash bo'ladi (4.5 - rasm).



4.5 - rasm. KGESlarning quvvatini sutkalik rostlash.

a) KGES quvvatining sutkalik energiya yuklamasi grafigida o'zgarishi;

b) KGES suv sarfining vaqt mobaynida o'zgarishi

Respublikamiz sharoitida KGESlarga beriladigan suv miqdori ko'p hollarda suv xo'jaligi maqsadlarida (sug'orishga) beriladigan suv miqdoriga bog'langan bo'ladi. Bu holat birmuncha mutanosiblikni keltirib chiqaradi, chunki suv xo'jaligi uchun Q ning

maksimal qiymatlari yoz oylariga mos keladi, energetika uchun qish oylarida maksimal suvni berish talab etiladi. Shu sababli KGES ning suv sarfi qiymatlari suv xo'jaligi uchun zarur bo'lgan suv sarfi qiymatlaridan kelib chiqadi, $Q_{o'rt} \approx Q_{ypm}^{CX}$ bunda Q_{ypm}^{CX} - suv xo'jaligi maqsadlarida beriladigan suv sarfining sutka davomidagi o'rtacha qiymati.

Agar suv omborining hajmi suv miqdoridan barcha maqsadlarda (kompleks) foydalanishga mo'ljallangan bo'lsa, unda KGESga beriladigan suv sarfi va hajmining o'zgarishi hisoblarini 4.1 - jadvalda keltirilgan tartibda amalga oshirish mumkin.

Jadvalning 1 - grafasiga sutka mobaynida KGES quvvatining o'zgarishi vaqtleri soat hisobida ko'rsatiladi, 2 - grafasiga 4.5a - rasmdagi KGES quvvatining sutkadagi 1 dan n gacha bo'lgan davrlarga mos keluvchi qiymatlari yoziladi, 3 - grafaga 4.5b - rasmdagi quvvat qiymatlariga mos keluvchi suv sarfi qiymatlari Q_i (m^3/s) yoziladi, 4 - grafa suv manbaidan suv omboriga oqib kelayotgan suv sarfi Q_{SMi} (m^3/c).

KGESda suv hajmini sutkalik rostlash

4.1 - jadval

T_i	N_i	Q_i	Q_{SMi}	$+\Delta Q_i$	$-\Delta Q_i$	V_i
1	2	3	4	5	6	7
T_1	N_{0i}	Q_{0i}	Q_{0SMi}	$+\Delta Q_{0i}$	$-\Delta Q_{0i}$	$\pm V_1$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
T_n	N_{ni}	Q_{ni}	Q_{nSMi}	$+\Delta Q_{ni}$	$-\Delta Q_{ni}$	$\pm V_n$
						ΣV

Agar bu qiymat KGES suv sarfi Q_i qiymatlaridan katta bo'lsa suv omborida suv miqdori $\Delta Q_i = Q_{SMi} - Q_i$ qiymatga oshadi va bu qiymat + belgi bilan 5 - grafaga yoziladi. 6 - grafaga esa $Q_i > Q_{SMi}$ bo'lgan holatda suv ombori hajmining kamayish miqdori $\Delta Q_i = Q_{SMi} - Q_i$ ga ko'ra - belgi bilan yoziladi. 7 - grafaga KGESga kerakli miqdordagi suvni olish natijasida suv ombori hajmining o'zgarish

qiymatlari $V_i = \pm \Delta Q_i \cdot T_i \cdot 3600$ formula bilan hisoblanib yoziladi. V_i ning + qiymatlari suv omboriga qo'shiladigan, - qiymatlari suv ombordan olinadigan qiymatlari bo'lganligi uchun, bu qiymatlarning yig'indisi belgilariga mos ravishda hisoblanadi. Olingan suv hajmi yig'indisi $\pm \Sigma V$ KGESning mazkur rejimda ishlashi natijasida suv omboriga qancha suv miqdori qo'shilishi yoki olinishini ko'rsatadi va buning asosida suv omboriga keladigan suv oqimini yil davomida yoki ma'lum davr mobaynida rostlash masalasi hal qilinadi.

Takrorlash uchun savollar

1. Elektroenergetika tarmoqlari qanday tarmoqlar va ularda nima ishlar amalga oshiriladi?
2. Elektr energiyasini ishlab chiqarish va uni iste'molchilarga yetkazish jarayoni qanday bosqichlardan iborat?
3. Elektroenergetika tarmoqlari qanday turlarga bo'linadi?
4. Zamonaviy elektroenergetika tarmoqlari qanday talablarga javob berishi kerak?
5. Elektroenergetika tarmoqlarining ish rejimi uchun asos bo'luvchi grafik nima deb ataladi?
6. Energiya iste'molining sutka davomida o'zgarishi nima bilan ifodalanadi?
7. Elektroenergetika tarmog'i quvvatining sutka davomida tebranish amplitudasi nima deb ataladi va qanday aniqlanadi?
8. Energotizimda sutka davomida ishlab chiqarilgan elektr energiyasining miqdori qanday aniqlanadi?
9. Lokal elektroenergetika tarmog'i nima va u qanday afzalliklarga ega?
10. Elektroenergetika tarmog'ida KGESlarning ishi nimadan iborat va ularning quvvati sutkalik yuklama grafigining qaysi qismida qo'llaniladi?
11. KGESlarning quvvatini sutkalik rostlashda ularning qaysi parametri o'zgartiriladi?

V-BOB.

KICHIK GESLARNING SUV OLISH INSHOOTLARI

5.1. Suv olish inshootlarining vazifalari va turlari

KGESlarning suv olish inshootlari suv manbalaridan ulardagi suv sathlarining o'zgarishini hisobga olgan holda zarur miqdordagi suvni bevosita olishni ta'minlaydigan inshootlar hisoblanadi. Suv olish inshootlarining asosiy vazifalariga quyidagilar kiradi.

1. KGES uchun kerak bo'lgan suv sarfini ish jarayoni davrida ta'minlash;

2. Zarurat tug'ilganda (ta'mirlash, tekshirish, talofat yuz bergan va boshqa paytlarda) suv yo'lini to'sishni ta'minlash;

3. Suzib yuruvchi jismlar, muz bo'laklari, oqiziqlar va cho'kindilarning turbina quvuriga tushmasligining oldini olish;

4. Suv oqimining inshootga kirishi va harakatlanishida napor yo'qolishi qiymatining minimal bo'lishini ta'minlash.

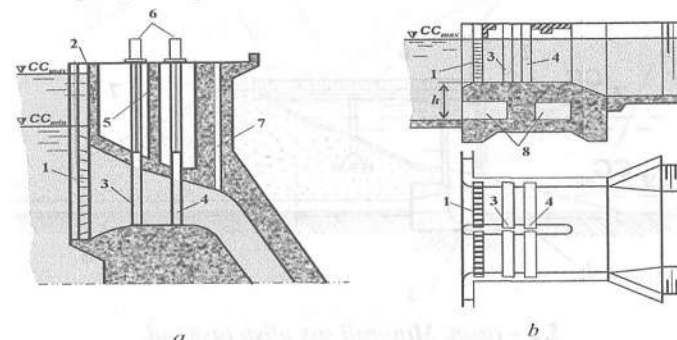
Suv olish inshootlari asosan KGESlarning suv energiyasidan foydalanish sxemalariga bog'liq bo'ladi, masalan, o'zanda joylashgan KGESlarda mazkur inshoot KGES binosining bir qismi sifatida uning tarkibiga kiradi, to'g'on orti yoki yonida joylashgan hamda derivatsiyali KGESlarda bosimli va bosimsiz kabi turlarga bo'linadi.

Bosimli suv olish inshootlari yuqori b'efda suv sathining katta o'zgarishlarida, asosan to'g'onlarda quriladi va suv omboridagi minimal suv sathidan pastda joylashadi (5.1 – rasm). Mazkur inshootlar asosan katta va o'rta GESlarga tegishli bo'lib, KGESlarda nisbatan kam qo'llaniladi.

Yuqori b'ef suv sathi o'zgarishi kichik bo'lgan hollarda bosimsiz suv olish inshootlari qo'llaniladi. Mazkur inshootlar ko'pincha derivatsiyali GESlarga suv olishda qo'llaniladi.

Bosimsiz inshootlarda suv bevosita manbadan ochiq holda olingani uchun ularda cho'kindilarning turbina quvurlariga tushmasligining oldini olish choralari ko'riladi. Buning uchun suv olish inshooti ostonasi suv manbai tubidan h balandlikda joylashadi. Agar cho'kindilar tosh, shag'aldan iborat bo'lsa bu balandlik $h = 1,0 \dots 1,5$ metr, qum va loydan tashkil topgan bo'lsa $h = 1,5 \dots 2,0$ metrga teng bo'ladi (5.1 – rasm). Suv olish inshootlaridan foydalanish tajribasi shuni ko'rsatayaptiki, inshoot ostonasini yuqorida keltirilgan baland-

liklarga o'rnatish har doim ham samara beravermaydi. Cho'kindilar miqdori ko'p bo'lgan hollarda, ular ostonani to'ldirib inshootda ham o'tib ketishi mumkin. Buning oldini olish uchun maxsus cho'kindilarni yuvish galereyalari ham quriladi (5.1 – rasm). Cho'kindilarni yuvish uchun suv olish inshootining darvozasi yopiladi va suv oqimi cho'kindilarga yo'naltiriladi, hosil bo'lgan aralashma galereyalar orqali tashqariga chiqarib tashlanadi.



5.1 – rasm. Suv olish inshootlarining turlari

a – bosimli suv olish inshooti; b – bosimsiz suv olish inshooti.

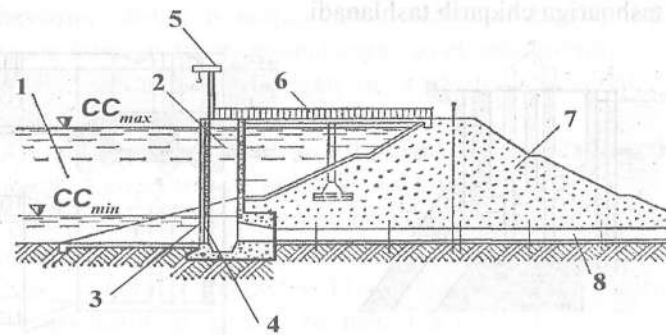
1 – oqiziqlarni ushlab panjarasi; 2 – old devor; 3 – suv darvozasi (zatvor); 4 – ta'mirlash suv darvozasi (zatvori); 5 – oraliq devor; 6 – suv darvozalarini ko'tarish va tushirish mexanizmi; 7 – aeratsiya quvuri; 8 – cho'kindilarni yuvish galereyalari.

Suv olish inshootlari har xil oqiziqlar, jismlarni ushlab qolish uchun panjaralar bilan jihozlanadi, panjaralar sterjenlari orasidagi masofa aksariyat hollarda 15...20 sm ni tashkil etadi. Panjarani tozalash maxsus mexanizmlar yordamida yoki qo'lda amalga oshiriladi.

Suv olish inshootlarining 1 va 2 – vazifalari ularda o'rnatilgan suv darvozalarini orqali bajariladi, darvozalarining ishonchli ishlashi muhim bo'lganligi uchun ulardan 2 dona o'rnatiladi (1 ta zahira, ta'mirlash, talofat bo'lgan paytlarda ishlatiladi). Ularni ko'tarib tushirish uchun maxsus ko'targichlardan foydalaniladi. 5.1 a – rasm – da ko'rsatilgan aeratsiya quvurining asosiy vazifasi turbina quvu-

rining suv bilan to'ldirilishi va bushatilishi paytlarida havo kiritish yoki to'planib qolgan havoni chiqarib yuborishdan iborat. Havo kiritish quvurda yuzaga kelgan vakuumni yo'qotish uchun zarur.

Tuproq to'g'onli suv omborlari manba hisoblangan suv olish inshootlari ko'p hollarda minorali shaklda bunyod etiladi (5.2-rasm).



5.2 – rasm. Minorali suv olish inshooti.

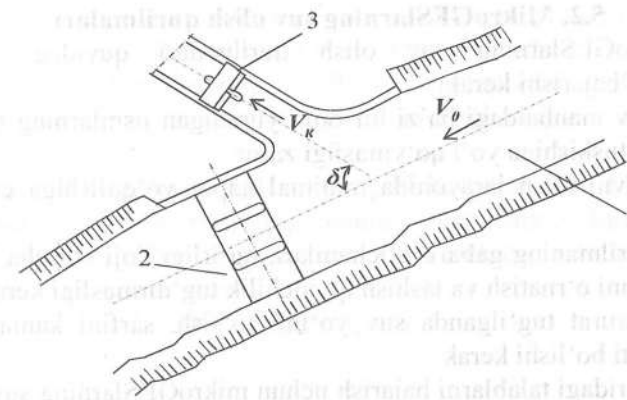
1 – suv ombori; 2 – minora; 3 – oqiziq ushlash panjarasi; 4 – suv darvozasi; 5 – suv darvozalarini ko'tarish va tushirish mexanizmi; 6 – xizmat ko'prigi; 7 – tuproq to'g'on; 8 – bosimli suv quvuri.

Bu holda inshoot to'g'onning old qismida, minimal suv sathidan pastda joylashadi. Minoraning asosiy vazifasi ancha chuqurlikda joylashgan suv darvozalari yoki qulfaklarga xizmat ko'rsatishni ta'minlashdan iboratdir.

Bosimsiz ochiq suv olish inshootlarida aksariyat hollarda suv yo'li kichik gidrotexnik inshoot bilan to'silib, kerakli suv sathi hosil qilinadi va derivatsiya inshootiga suv olinadi (5.3 – rasm). Bunda inshootga suv ravon kirishi uchun suv olish inshooti bilan manbadagi suv yo'nalishi orasidagi δ burchak quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$\delta = \arccos \cdot V_0 / V_k \quad (5.1)$$

bunda V_0 – suv manbadagi suv tezligining o'rtacha qiymati, V_k – suv olish inshootidagi suv tezligining o'rtacha qiymati.



5.3 – rasm. Suv olish inshootining suv manbaiga nisbatan joylashishi.

1 – suv manbai; 2 – gidrotexnik inshoot (to'g'on, damba, suv dimlash inshooti); 3 – suv olish inshooti.

V_k ning qiymatini dastlabki hisob-kitoblar uchun 1,5...2,5 m/s ga teng qilib qabul qilish mumkin. Agar V_0 bilan V_k ning qiymatlari bir biriga yaqin bo'lsa, unda δ burchakni 150...300 ga teng qabul qilish mumkin. Ushbu ko'rsatkichni V_0/V_k nisbatga mos ravishda quyidagi jadval asosida olish mumkin.

Suv olish inshooti bilan manbadagi suv yo'nalishi orasidagi δ burchak qiymatlari

5.1 - jadval

V_0/V_k	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
δ	87	84	78,5	72,5	66,5	60,0	45,5

Suv olish inshootining konstruksiyasi va manba qirg'og'idagi joyini belgilashda manbadagi suvning tezligi, yo'nalishi, chuqurligi, qirg'oqning mustahkamligi hamda suv oqimidagi loyqa, oqiziq-larning miqdori va oqish yo'nalishi hisobga olinadi.

5.2. MikroGESlarning suv olish qurilmalari

MikroGESlarning suv olish qurilmalari quyidagi asosiy talablarni bajarishi kerak:

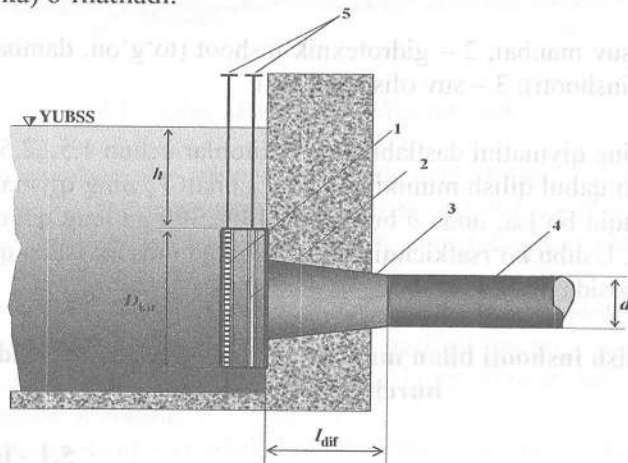
a) suv manbaidagi ba'zi bir oqib yuradigan jismlarning turbina quvuriga tushishiga yo'l qo'ymasligi zarur;

b) suvni olish jarayonida minimal napor yo'qolishiga erishish lozim;

v) qurilmaning gabarit o'lchamlari, og'irligi iloji boricha kichik bo'lishi, uni o'rnatish va tashish qiyinchilik tug'dirmasligi kerak;

g) zarurat tug'ilganda suv yo'lini to'sish, sarfini kamaytirish imkoniyati bo'lishi kerak.

Yuqoridagi talablarni bajarish uchun mikroGESlarning suv olish qurilmalari oldiga panjara yoki tur (setka), suv darvozasi yoki qulfak (zadvijka) o'rnatiladi.



5.4 – rasm. MikroGES suv olish qurilmasi.

1 – oqiziq ushlovchi panjara yoki to'r; 2 – suv yo'lini to'suvchi metall devor (suv darvozasi); 3 – konfuzor; 4 – turbina quvuri; 5 – panjara va suv darvozasini ko'tarish-tushirish moslamasi.

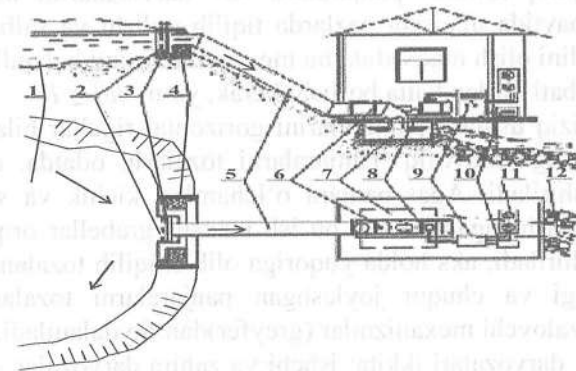
Napor yo'qolish qiymati minimal bo'lishi uchun suv olish qurilmasining kirish diametri D_{kup} shunday tanlanadiki, undagi suv tezligi $V_{kup} = 0,25 \dots 0,5$ m/c bo'lishi kerak [11].

Ushbu talab suv kirish qismi diametrining turbina quvuri diametri d ga nisbatan birmuncha katta bo'lishini, shu sababli konfuzor orqali quvurga suv berilishini taqozo etadi (5.4 – rasm). Konfuzor uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$l_{dif} = 2 \cdot d \quad (5.2)$$

Suv olish qurilmasi ishlayotgan paytda uyurma hosil bo'lib suv yuzasidan havo so'rilmassligi uchun qurilmaning kirish qismi quyidagi ifoda bilan aniqlanadigan chuqurlikda joylashishi kerak [11].

$$h = (0,54 \dots 0,72) V_{kup} \cdot d^{0,5} \quad (5.3)$$



5.5 – rasm. MikroGES suv olish inshooti.

1 – suv manbai; 2 – panjara; 3 – suv darvozasi; 4 – damba; 5 – turbina quvuri; 6 – gidroturbina; 7 – suv chiqarish moslamasi; 8 – generator; 9 – boshqaruv pulti; 10 – ballast qurilmasi; 11 – energiya uzatish qutisi; 12 – suv tashlash moslamasi.

Suv olish qurilmasining suv manbaiga nisbatan joylashishi suvning yetarli chuqurligi, tiniqligi, sathining uncha ko'p o'zgar-masligini hamda maksimal napor hosil qilish imkoniyatini hisobga olib aniqlanadi. Manbada suv oqimining chuqurligi yetarli darajada bo'lmagan sharoitlarda suv sathi kichik dambalar yordamida ko'ta-

riladi. Ba'zi hollarda (asosan napor kichik bo'lganda, suvning tarkibi toza va o'zgarmas sathlarda) suv manbadan bevosita turbinaning kirish qismiga hech qanday qurilmasiz berilishi mumkin, shuningdek erkin oqimli mikroGESlarda ham suv olish qurilmasi bo'lmaydi.

Misol sifatida Kaplan (o'qiy, propellerli) turbinasi bilan jihozlangan KGESlar suv olish qurilmasining joylashishi 5.5 – rasmda ko'rsatilgan.

5.3. KGESning suv olish inshootlarining mexanik jihozlarini loyihalashga quyiladigan talablar

KGESning suv olish inshootlarini mexanik jihozlarini loyihalashda quyidagi talablarga amal qilish tavsiya etiladi.

1. Oqiziq ushlarish panjaralari, suv darvozalarini ko'tarish – tushirish paytida ularning pazlarda tiqilib qolishi va salbiy oqibatlarining oldini olish maqsadida bu mexanizmlarning balandligi h ning eniga l nisbati birdan katta bo'lishi kerak, ya'ni $h/l \geq 1$.

2. Oqiziq ushlarish panjaralarini gorizontall rigellar bilan tayyorlash maqsadga muvofiq. Panjaralarni tozalash, odatda, qo'l bilan amalga oshiriladi. Agar panjara o'lchamlari kichik va suv ostiga chuqur joylashmagan bo'lsa, bu ish maxsus grabellar orqali joyida amalga oshiriladi, aks holda yuqoriga olib chiqilib tozalanadi. Katta o'lchamdagi va chuqur joylashgan panjaralarni tozalash uchun maxsus tozalovchi mexanizmlar (greyfer)dan foydalaniladi.

3. Suv darvozalari ikkita: ishchi va zahira darvozalar – ularning konstruksiyasi va o'lchamlari bir xil bo'lishi kerak, agar binoda turbina oldida qulfak o'rnatiladigan bo'lsa, suv darvozalari soni bitta bo'lishi mumkin.

4. Suv olish inshootidagi suv darvozalari ishchi holatini doimo ta'minlash uchun ularning pazlari va mexanizmlarning holatini vaqti-vaqti bilan tekshirib turish kerak.

Takrorlash uchun savollar

1. Suv olish inshootlarining asosiy vazifalariga nimalar kiradi?
2. Suv olish inshootlari turlari, tuzilishi nimalarga bog'liq?
3. Bosimli suv olish inshooti va bosimsiz suv olish inshootlarining farqlarini aytib bering.
4. Bosimli suv olish inshootlarida qanday jihozlar o'rnatiladi?

5. Suv olish inshootlarida nega ikkita suv darvozasi o'rnatiladi?

6. Suv olish inshootlarida suv sarfini rostlash qanday jihoz yordamida amalga oshiriladi?

7. Minorali suv olish inshootlari qanday hollarda qo'llaniladi?

8. Bosimsiz ochiq suv olish inshootlarida ular bilan manbadagi suv yo'nalishi orasidagi burchak qanday aniqlanadi?

9. MikroGESlarning suv olish qurilmalari qanday talablarni bajarishi kerak?

10. MikroGESlarning suv olish qurilmasi kirish qismining suv yuzasiga nisbatan chuqurligi qanday aniqlanadi?

11. KGESning suv olish inshootlarining mexanik jihozlarini loyihalashga qanday talablar qo'yiladi?

VI-BOB.

KICHIK GESLARNING BOSIMLI QUVURLARI

6.1. Bosimli quvurlarning turlari, materiallari va ulardagi jihozlar

KGESlarning muhim, ma'suliyatli inshootlaridan biri uning suv bosimi ostida ishlaydigan, yuqori b'efdagi suv manbaidan turbinalarga suvni yetkazib beradigan quvurlaridir. Bu quvurlar katta va o'rta GESlarda turbina quvurlari, KGESlarda turbina yoki bosimli (naporli) quvurlar deb ataladi. Bu quvurlarni bosimli quvurlar deb atash maqsadga muvofiq, chunki turbinaga tegishli boshqa quvurlar ham mavjud, ularning hammasi ham bosimli emas, napor so'zi ko'proq balandlik yoki suv ustuniga tegishli, shu sababli bosimli quvur terminidan foydalanish to'g'ri bo'ladi.

KGESlarning bosimli quvurlari quyidagi talablarga javob berishi kerak.

a) bosimli quvurning diametri qiymati quvurga sarf bo'ladigan kapital mablag'lar va napor yo'qolishining minimumini hamda KGES uchun zarur bo'lgan suv sarfini ta'minlay olishi kerak.

b) bosimli quvurning devorlari qalinligi, uning tayanchlari, montaj qilish sifati mustahkamlik bo'yicha barcha talablarga javob berishi lozim.

v) bosimli quvurlar ish jarayoni talab qiladigan hollarda qo'llaniladigan barcha moslamalar: aeratsiya quvurchalari, gidravlik zarbani so'ndirgichlar, temperatura va deformatsiya kompensatorlari, havo vantuzlari, bosimni, suv sarfini o'lchash asboblari va boshqalar bilan jihozlanishi kerak.

KGESlarda bosimli quvurlarining quyidagi turlari mavjud:

1. To'g'on tanasiga, yuza qismiga yoki ostiga joylashtirilgan quvurlar.

2. Yer yuzasida joylashgan erkin holatda yotqiziladigan quvurlar.

3. Yer ostiga ko'milgan quvurlar. Bunday quvurlar tashqi tomondan gidroizolyatsiya materiallari bilan qoplanadi, keyin rel'efga qarab transheyalar yoki tuproq to'kma (насып)lariga yotqizilgan qum to'shamalar ustiga yotqiziladi va yengil tuproq bilan yopiladi.

KGESlarning bosim quvurlari asbestotsement, temirbeton va po'lat quvurlaridan iborat bo'lishi mumkin. Keyingi paytlarda polivinilxloriddan, polietilendan qilingan quvurlar ham ishlatilmoqda.

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

2. Yig'ma temir – beton quvurlari diametri $D_y = 250 ... 1500$ mm gacha bo'lib 0,5 – 15 MPa bosimga mo'ljallangan.

3. Diametri 1000 mm dan oshiq bo'lgan monolit temir – beton quvurlar o'rnatilish joyida tayyorlanadi va 0,5 MPa bosimga mo'ljallanadi.

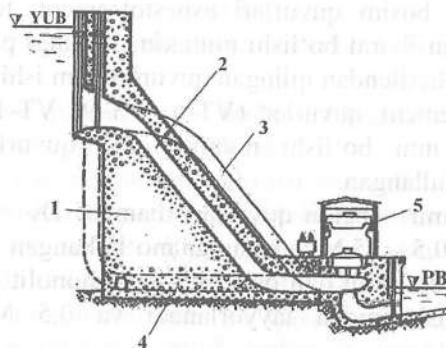
4. Polietilen, polipropilen va polivinilxlorid kabi sun'iy materiallardan qilingan quvurlar. Bu quvurlar diametric $D_y = 10...600$ mm bo'lib, 0,25...10 mPa bosimga mo'ljallangan.

Cho'yan quvurlarni yoki bo'ylama va spiral payvandli po'lat quvurlarni KGESlarning bosim qismida qo'llash maqsadga muvofiq emas.

Beton to'g'onlarda qo'llanishi mumkin bo'lgan bosimli quvurlar sxemasi 6.1 – rasmda keltirilgan.

To'g'on tanasida joylashgan quvurlar mustahkamlik va ishonchlilik jihatidan yuqori o'rinni egallaydi, ammo ularni qurish va montaj qilish ishlari ancha murakkab, ancha ko'p xarajatlarini talab qiladi. To'g'on yuzasida joylashgan quvurlarni montaj qilish ishlari ancha yengil, lekin ularda korroziyaga, kavitatsion va gidroabraziv yemirilishga qarshi tadbirlarni har yili amalga oshirish lozim. To'g'on ostida joylashgan quvurlarga xizmat ko'rsatish, reviziya qilish ishlari birmuncha mushkul, bundan tashqari bu quvurlarni suvdan bo'shatish yoki turbinalarni ishga tushirish paytida xavfli vakuum hosil bo'lishi mumkin, shu sababli uning oldini olish choralarini ko'rish zarur.

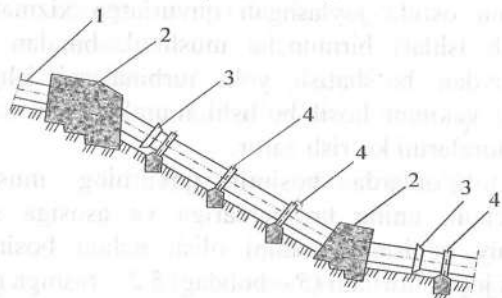
Tuproq to'g'onlarda bosimli quvurning mustahkamligini ta'minlash uchun, uning tayanchlariga va asosiga suv filtratsiyasining salbiy ta'sirining oldini olish uchun bosimli quvurlar to'g'on ostiga joylashtiriladi (5 – bobdagi 5.2 – rasmga qarang).



6.1 – rasm. To‘g‘on ortidagi KGES bosimli quvurlarining joylashish sxemasi.

1 – to‘g‘on; 2 – to‘g‘on tanasida joylashgan quvur; 3 – to‘g‘on yuzasida joylashgan quvur; 4 – to‘g‘on ostida joylashgan quvur; 5 – KGES binosi.

Yer yuzasida joylashgan erkin holatda yotqiziladigan bosimli quvurlar KGESlarda ko‘p uchraydi. Buning asosiy sababi mazkur quvurlarni montaj qilish, ta‘mirlash, tekshirish ishlari katta hajmdagi ishlarni va murakkablikni talab qilmaydi, shu sababli ularga sarf bo‘ladigan xarajatlar nisbatan kam. Asosiy kamchiliklari sifatida ularning mustahkamligini ta‘minlash uchun maxsus tayanch moslamalar, cho‘kish va temperatura ta‘sirida yuzaga keladigan quvurning cho‘zilishi va qisqarishiga qarshi kompensatorlarni o‘rnatish zarurligini keltirish mumkin (6.2 – rasm).

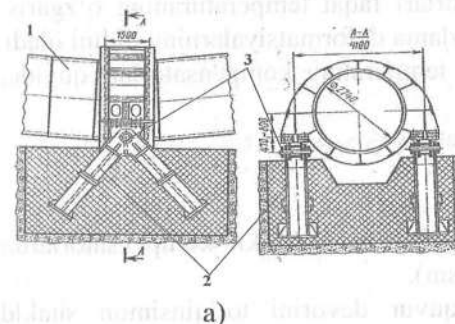


6.2 – rasm. Yer yuzasiga erkin holatda yotqiziladigan bosimli quvurlar.

1 – bosimli quvur; 2 – ankerli tayanchlar; 3 – kompensatorlar; 4 – oraliq tayanchlar.

Ushbu bosimli quvurlar ikki xil asosiy tayanchlarga mahkamlanadi, ulardan biri ankerli tayanchlar, ikkinchisi oraliq tayanchlardir. Ankerli tayanchlar asosan quvurning burilgan joylariga o‘rnatiladi, shuningdek, to‘g‘ri chiziqli joylarda o‘rnatilsa, ular orasidagi masofa 150...200 metrni, agar ikkita ankerli tayanch o‘rtasida kompensator bo‘lsa yoki quvur kichik nishablikda yotqizilsa 350...400 metrni tashkil etadi [15].

Ankerli tayanchlar ikki xil: ochiq (6.3a – rasm) va yopiq ko‘rinishda bo‘ladi (6.3b – rasm).



6.3 – rasm. Ankerli tayanchlar konstruksiyalari.

a) ochiq sharnirli tayanchlar; b) yopiq betonli tayanchlar.

1 – bosimli quvur; 2 – ankerlar; 3 – sharnirlar; 4 – betonli tayanch; 5 – temperatura kompensatori.

Ochiq sharnirli tayanchlar maxsus konstruksiyaga ega bo‘lib quvurni perimetr bo‘yicha joylashgan xalqalar sharnir orqali betonga mahkamlangan ankerlarga mahkamlanadi va o‘qiy hamda vertikal kuchlarni qabul qiladi.

Yopiq betonli tayanchlarda quvur mustahkamlikni oshirish uchun xalqalanadi va perimetr bo‘yicha betonlanadi. Bunday tayanchlar arzon va qurish oson bo‘lganligi uchun ko‘p qo‘llaniladi.

Bosimli quvur trassasidagi havo temperaturasining o‘zgarishi va suv harakati hamda og‘irligi natijasida quvurda bo‘ylama va ko‘ndalang deformatsiyalar yuz beradi. Bunday o‘zgarishlarga qarshi choralar ko‘rilmasa quvurda talofatli holatlar yuz berishi mumkin. Ushbu maqsadda bosimli quvurlarda cho‘kish va temperaturaning o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan quvurning cho‘zilishi, egilishi

va qisqarishi paytida yuzaga keladigan zo'riqlashlarni kompensatsiya qilish uchun temperatura va temperatura – cho'kish kompensatorlari qo'llaniladi.

Kompensatorlar aksariyat hollarda yuqoridagi ankerli tayanchdan keyin o'rnatiladi (6.2 – rasm).

Temperatura kompensatorlari faqat temperaturaning o'zgarishi tufayli paydo bo'ladigan bo'ylama deformatsiyalarning oldini oladi.

Kompensatorlar aksariyat hollarda yuqoridagi ankerli tayanchdan keyin o'rnatiladi (6.2 – rasm).

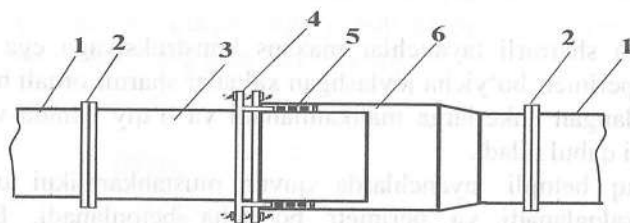
Temperatura kompensatorlari faqat temperaturaning o'zgarishi tufayli paydo bo'ladigan bo'ylama deformatsiyalarning oldini oladi.

Konstruksiyasi bo'yicha temperatura kompensatorlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- a) sal'nikli kompensatorlar;
- b) gofrli (to'lqinli);
- v) linzali (taretkali).

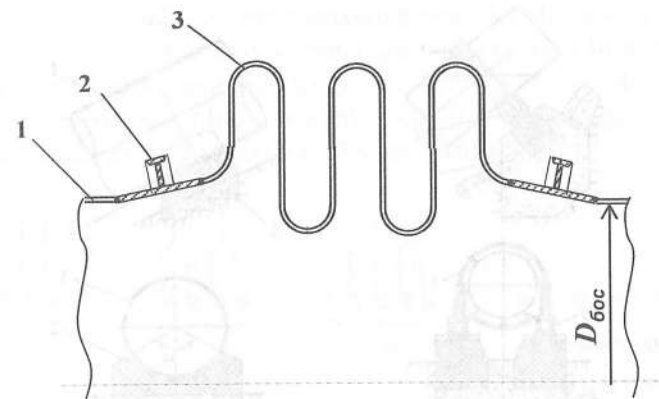
Hozirgi paytda GESlarda asosan sal'nikli kompensatorlardan keng foydalanishadi (6.4 – rasm).

Gofrli kompensatorlar quvur devorini to'liqinsimon shaklda shtampalash usuli bilan ishlab chiqariladi, bunda quvur devorining gofrli qismi quvur bo'yicha berilayotgan bo'ylama va ko'ndalang zo'riqlashlarni qabul qilish imkoniyatiga ega.



6.4 – rasm. Sal'nikli kompensator.

1 – bosimli quvur; 2 – birlashtiruvchi xalqalar (flanets); 3 – patrubok; 4 – siquvchi xalqa; 5 – rezina sal'niklar; 6 – rastrub.



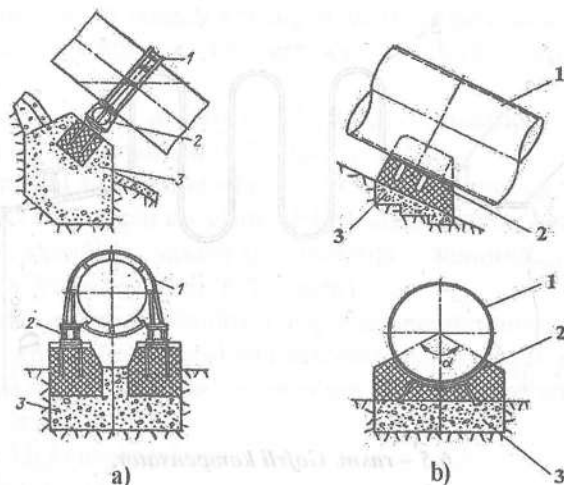
6.5 – rasm. Gofrli kompensator.

1 – bosimli quvur; 2 – qattqlik va mustahkamlikni ta'minlovchi belbog' (obechayka); 3 – po'lat listdan shtampa usulda tayyorlangan gofr.

Gofrli kompensatorlar chet eldagi GESlarning bosimli quvurlarida keng ishlatiladi. Buning asosiy sababi uning ancha arzon va oddiyligi, faqat gofrning o'lchamlari to'g'ri hisoblanib, maxsus shtampalash stanogida sifatli ravishda tayyorlanishi kerak.

Yer ustida joylashgan bosimli quvurlarning yana bir tayanchlaridan biri oraliq tayanchlardir. Oraliq tayanchlar ankerli tayanchlarning oralig'iga o'rnatiladi va ushbu masofadagi quvur hamda undagi suv og'irligining egilishga beradigan zo'riqlashini o'ziga qabul qiladi. Oraliq tayanchlar xalqali va egarsimon konstruktsiyalarga ega bo'ladi (6.6 – rasm).

Egarsimon tayanchlar oddiy konstruktsiyaga ega, ular xalqali oraliq tayanchlarga nisbatan ancha arzon, lekin og'irlik katta bo'lganda egarda ishqalanish kuchi katta bo'ladi, shu sababli tayanch qurilmasida zo'riqlash me'yordan oshiq bo'lishi mumkin. Shu sababli bunday tayanchlar bosimli quvur diametri 1,0 metrgacha bo'lgan hollarda qo'llaniladi.



6.6 – rasm. Oraliq tayanchlar.

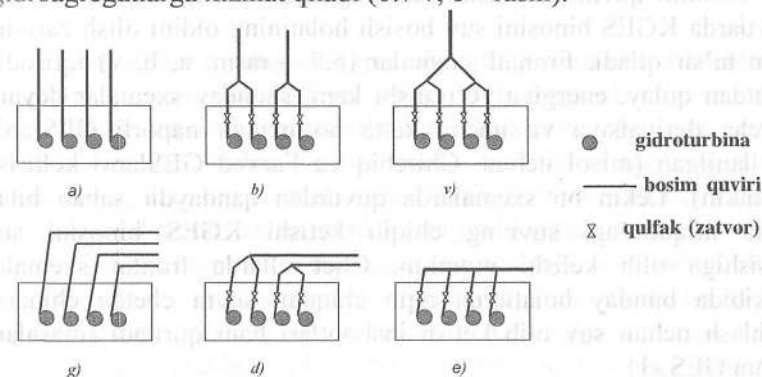
a) xalqali tayanchlar; b) egarsimon tayanchlar 1 – xalqa (egarsimon tayanchlarda bosimli quvur); 2 – tayanch qurilmasi; 3 – poydevor.

Xalqasimon oraliq tayanchlar sirpanuvchi, g'ildiruvchi, tebranuvchi tayanch qurilmalar bilan jihozlanishi mumkin. Bu konstruksiyalar quvurlarda ish jarayonida yuzaga keladigan zo'riqishlar tufayli uning o'lchamlarining o'zgarishini hisobga olish imkoniyatini yaratishadi. Sirpanuvchi oraliq tayanchlar bosimli quvur diametri 1,6 metrgacha bo'lgan holatlarda, g'ildiruvchi, tebranuvchi tayanch qurilmalar esa quvur diametri 1,6 metrdan katta bo'lgan inshootlarda qo'llaniladi.

6.2. Bosimli quvurlarning joylashish sxemasi va trassasini tanlash

Bosimli quvurlarning joylashish sxemasi KGESdagi agregatlar soni, uning suv sarfi, quvurning uzunligi kabi asosiy parametrlarga bog'liq. Bu sxemalar quyidagilarga bo'linadi: alohida sxema; guruhli sxema va umumiy sxema.

Alohida sxemada har bir gidroagregatga alohida bosimli quvur orqali suv beriladi (6.7 a, g – rasm), guruhli sxemada bitta bosimli quvurdan bir nechta gidroagregatga suv beriladi (6.7 b, d – rasm), umumiy sxemada bitta bosimli quvur KGESdagi barcha gidroagregatlarga xizmat qiladi (6.7 v, e – rasm).



6.7 – rasm. Bosimli quvurlarning joylashish sxemalari

Alohida sxemadagi bosimli quvurlar sxemasi ekspluatatsiya nuqtai nazaridan eng qulay va ishonchli sxema hisoblanadi, quvurlarning birontasi ishdan chiqsa, bu qolganlariga ta'sir qilmaydi. Guruhli sxemada quvurlar soni kamayishi hisobiga (ammo bunda quvurlarning umumiy ko'ndalang kesim yuzasi bir xil bo'lishi kerak) ularga sarf bo'ladigan metall 10...20 % ga kamayadi, quvurlarga o'rnatiladigan jihozlar soni qisqaradi, bu esa kapital mablag'larning kam sarf bo'lishini ta'minlaydi [15]. Ammo guruhli sxemada gidravlik qarshiliklar oshishi hisobiga energiya sarfi oshadi, bosimli quvurning ishdan chiqishi bir nechta agregatning to'xtashiga olib keladi. Huddi shunday holat umumiy sxemalarda ham kuzatiladi, shu sababli bunday sxemalar katta napor va uzun bosimli quvurlarda, uning ishonchlilik darajasini oshiradigan qo'shimcha tadbirlarni amalga oshirish asosida qabul qilinadi.

Bosimli quvur sxemasini tanlash texnik iqtisodiy hisoblar asosida, zarur miqdordagi suvni berish, xavfsizlik ishonchliligini ta'minlash, energiya yo'qolish miqdorini minimumga tushirish masalalarini xal qilish faktorlarini xisobga olgan holda amalga

oshiriladi. Loyihaviy hisoblar natijalarining tahlili shuni ko'rsatayotgani, kalta bosimli quvurlarda ($< 100...120$ m), ayniqsa katta qiymatdagi diametrlarda alohida sxemani qabul qilish maqsadga muvofiq.

Bosimli quvur sxemasini tanlashga quvurda talofat yuz bergan paytlarda KGES binosini suv bosish holatining oldini olish zarurati ham ta'sir qiladi. Frontal sxemalar (6.7 – rasm, a, b, v) iqtisodiy jihatdan qulay, energiya yo'qolishi kam, shunday sxemalar deyarli barcha derivatsiya va uncha katta bo'lmagan naporli GESlarda qo'llanilgan (misol uchun, Chirchiq va Farxod GESlarni keltirish mumkin). Lekin bu sxemalarda quvurdan qandaydir sabab bilan katta miqdordagi suvning chiqib ketishi KGES binosini suv bosishiga olib kelishi mumkin. Chet ellarda frontal sxemalar tarkibida bunday holatlarda oqib chiqqan suvni chetga chiqarib tashlash uchun suv olib ketish inshootlari ham quriladi (masalan, Xram GES -1).

Bosimli quvurning trassasini tanlash GESlarni loyihalashdagi muhim va mas'uliyatli bosqichlardan biri hisoblanadi. Iqtisodiy va texnik nuqtai nazardan bosimli quvur trassasi eng qisqa va to'g'ri yo'ldan o'tishi kerak. Ammo joyning rel'efi, geologik va gidrogeologik sharoitlari quvurning ishonchligini ta'minlash nuqtai nazaridan bunga imkon bermasligi mumkin. Bundan tashqari quvur yo'lida olib tashlash mumkin bo'lmagan tabiiy va sun'iy to'siqlar ham bo'lishi mumkin. Shu sababli bosimli quvurning ishonchliligini ta'minlaydigan barcha faktorlar hisobga olingan holda texnik – iqtisodiy hisoblar bilan eng maqbul trassa tanlab olinadi. Quvurning mustahkamligini ta'minlash uchun uning burilishlari yoysimon shaklda, kamida quvurning uch diametri qiymatiga teng bo'lgan radiusda o'tkazilishi lozim. Agar quvur trassasidagi yer jinslari mahkamligi tayanchlarning cho'kish ehtimolini bersa, unda temperatura kompensatorlaridan tashqari cho'kish yoki cho'kish – temperatura kompensatorlari ham o'rnatilishi kerak.

Bosimli quvurning trassasini shunday tanlash kerakki, har qanday ish rejimlarida ham quvurda vakuum hosil bo'lmasligi lozim. Agar bosimli quvurlar soni bir nechta bo'lsa ular orasidagi masofa 1 ularga xizmat ko'rsatish ishlariga qulay bo'lishini hisobga olib quyidagi tartibda belgilanishi kerak.

Quvur diametri $D_{bos} < 400$ mm bo'lganda $l = 0,7$ m

Quvur diametri $D_{bos} = 400...1000$ mm bo'lganda $l = 1,0$ m

Quvur diametri $D_{bos} > 1000$ mm bo'lganda $l = 1,5$ m

Mazkur masofa har qanday holda 600 mm dan kam bo'lmasligi kerak [11].

6.3. Bosimli quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash

Bosimli quvur sxemasi va trassasi belgilangandan keyin uning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash lozim. Ma'lumki quvur diametri qancha kichik bo'lsa uning og'irligi, narxi va qurish xarajatlari Q miqdori ham shuncha kichik bo'ladi. Shu bilan birgalikda quvur diametri zarur miqdordagi suvni o'tkazishni ta'minlashi kerak, diametr qiymati kamayganda quvurdagi suv tezligi, unga proporsional ravishda napor yo'qolish qiymati Δh oshadi, bu esa uni kompensatsiya qilish uchun zarur bo'lgan energiya E va quvvat N qiymatining oshishiga olib keladi va shuning hisobiga quvurdan foydalanish xarajatlari F oshadi. Iqtisodiy eng qulay diametrli quvurni qurib bitkazishga sarf bo'lgan xarajatlarning bir yilga keltirilgan qiymati Q va yillik foydalanish xarajatlari F miqdoriga ko'ra aniqlanadi va bunda ushbu shart bajarilishi kerak.

$$Q + F \rightarrow \min \quad (6.1)$$

Yuqorida ko'rsatilgan shartni qanoatlantiradigan quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini topish uchun KGES uchun zarur bo'lgan suv sarfining o'rta kubik qiymatini ta'minlaydigan diametr qiymatlariga (ko'p hollarda 5...9 ta diametr qiymati olinadi) mos keluvchi Q va F qiymatlari aniqlanadi. Ushbu qiymatlar asosida $Q + F = f(D_{bos})$ grafigi quriladi va mazkur grafik minimumi bo'yicha quvurning eng iqtisodiy qulay diametri aniqlanadi (6.8 – rasm). Hisoblar quvurning 1 p.m uzunligi bo'yicha olib boriladi.

Qurilish bo'lgan xarajatlarning bir yilga keltirilgan qiymati Q bozor, birja va boshqa savdo sub'yektlari tomonidan belgilangan narxlar bo'yicha o'rnatilgan tartibda aniqlanadi. F qiymatlari esa Δh yo'qolgan napor qiymatini kompensatsiya qilish uchun zarur bo'lgan energiya E narxi, uni ta'mirlashga sarf bo'lgan xarajatlar va amortizatsiya ajrimlari orqali hisoblanadi. Elektr energiyasi xarajatlarini quyidagicha aniqlash mumkin $F_E = E \cdot a$, bunda a – 1 kVt-soat elektr energiyasi narxi.

Bosimli quvurdan KGESga berilayotgan suv sarfi Q vaqt mobaynida o'zgarib turganligi uchun undagi Δh va E qiymatlari ham o'zgarib turadi. Bu holda E ni quyidagicha aniqlaymiz

$$\mathfrak{D} = 9,81 \cdot \eta \int_0^T Q \cdot \Delta h dt \quad (6.2)$$

bundan Δh ma'lum formula yordamida aniqlanadi

$$\Delta h = k \cdot L \cdot Q^2 \quad (6.3)$$

k – quvurning solishtirma qarshilik qiymati, L – quvurning uzunligi, yuqorida ta'kidlanganidek $L = 1,0$ m.

(6.3) ni (6.2) ga qo'yib yozamiz

$$\mathfrak{D} = 9,81 \cdot \eta \cdot k \int_0^T Q^3 dt \quad (6.4)$$

Q ning kub darajadagi qiymatini hisoblash quvurdan o'tadigan suv sarfining o'rta kubik sarfi orqali quyidagi formula bilan aniqlanadi.

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

Q – belgilangan vaqtdagi quvurning suv sarfi, m³/s

T – quvurning yil davomida ishlash vaqti.

GESlarning ish rejimi bosqichli grafik asosida bo'lganligi uchun yuqoridagi formulani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin.

$$Q_{yp.k} = \sqrt[3]{\frac{\sum_0^T Q_i^3 \cdot t_i}{\sum_0^T t_i}} \quad (6.6)$$

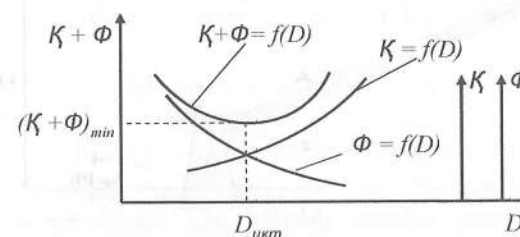
(6.4) va (6.5) ga asoslanib hamda KGES foydali ish koeffitsienti η ni o'zgarimas deb qabul qilib, sarf bo'lgan energiya miqdorini quyidagicha yozishimiz mumkin

$$\mathfrak{D} = 9,81 \cdot \eta \cdot k \cdot Q_{yp.k}^3 \cdot T \quad (6.7)$$

Quvurning yillik foydalanish xarajatlariga elektr energiya xarajatlaridan tashqari uni ta'mirlashga sarf bo'lgan xarajatlar F_t va amortizatsiya ajrimlari F_a kiradi. Bu xarajatlar belgilangan me'yorlar asosida hisoblanadi.

$$F = F_E + F_t + F_a \quad (6.8)$$

Quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlashning grafik holdagi ko'rinishi quyidagicha:



6.8 – rasm. Bosim quvurining eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash grafigi.

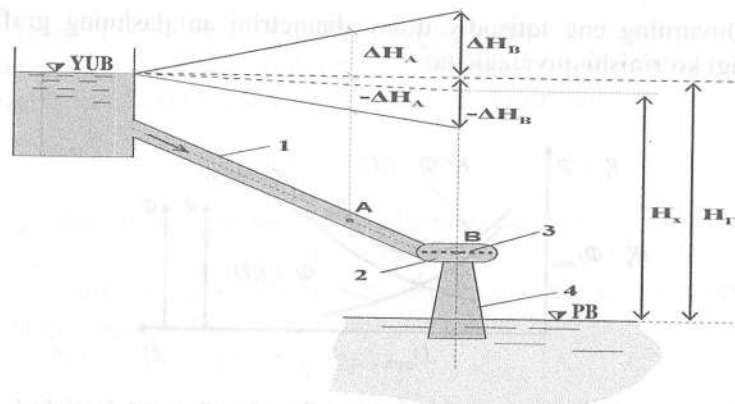
6.4. KGESlarning bosimli quvurlarida gidravlik zarba.

Gidravlik zarbani so'ndirish usullari

Bosimli quvurda suv tezligining qandaydir sabab bilan keskin o'zgarishida suv bosimining oshib yoki pasayib ketishi gidravlik zarba deb ataladi. KGESlarning bosimli quvurida bosimning oshib ketishi undagi suv sarfini rostlovchi moslama (qulfak, yo'naltiruvchi apparat, soplo) yordamida suv yo'li yopilganda ro'y beradi, bosimning pasayishi esa mazkur moslamalarning orqa qismida yuzaga keladi (suv sarfini rostlovchi moslamaning yopilishi, albatta, suv tezligining keskin kamayishiga sabab bo'ladi). Bosimli quvurda suv tezligining har 1 m/s ga kamayishi undagi bosimning 1,0...1,2 MPa ga oshishiga olib keladi [16]. Natijada bosim quvurida salbiy oqibatlar, devorlarining lat yeyishi, ba'zan yorilib ketishi, suv sarfini rostlovchi moslamaning ishdan chiqishi kuzatilishi mumkin.

Gidravlik zarba bosim quvurida bir nuqtada emas, uning butunlay uzunligi bo'yicha tarqaladi, zarbaning eng katta qiymati suv sarfini rostlovchi moslama joylashgan nuqtaga mos keladi (6.9 – rasm). Bunda bosimning oshish qiymati ΔN_A ga, V nuqtada ΔN_V mos keladi.

Gidravlik zarba nafaqat suv sarfini rostlovchi moslamaning yopilishida, balki uning tez ochilishida ham kuzatilishi mumkin. Bu holda bosimli quvurda suv tezligi keskin oshadi, bosim esa $-\Delta N$ ga pasayadi, moslamadan keyingi qismda bosimning oshishi kuzatiladi.



6.9 – rasm. Bosimli quvurda bosimning oshishi va pasayishi sxemasi.

1 – bosimli quvur; 2 – gidroturbina; 3 – suv sarfini rostlovchi moslama; 4 – turbina suv chiqarish quvuri.

Past naporli KGESlar rostlovchi moslamasining yopilishida bosimning xavfli ravishda pasayishi va vakuumning hosil bo'lishi turbina suv chiqarish quvurida kuzatilishi mumkin. Bu holat ayniqsa mazkur quvur uzun bo'lganda ko'p uchraydi, ba'zan bunda vakuum shu darajaga yetadiki, suv oqimining butunligi buziladi va uzilgan suv massasi inersiya bilan bir oz pastki b'efga qarab oqadi, keyin to'xtaydi va teskari yo'nalishda turbinaga qaytadi va uning parraklariga borib uriladi, natijada ularda salbiy oqibatlar yuz berishi mumkin.

Gidravlik zarba paytida napor qiymatining oshishi yoki kamayishini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$N_{gz} = H_G \pm \Delta N \quad (6.9)$$

bunda ΔN qiymati N.E Jukovskiy formulasi bo'yicha aniqlanadi.

$$\Delta N = s \cdot v_0 / g \quad (6.10)$$

bunda, s – zarba to'liqining tarqalish tezligi, m/s

v_0 – suv oqimining quvurda yopilishi (ochilishi) gacha bo'lgan tezligi.

Zarba to'liqining tarqalish tezligi s quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{D \cdot E_s}{\delta \cdot E}}} \quad (6.11)$$

bunda D – bosim quvuri diametri, mm; δ – quvur qobig'i qalinligi, mm; E_s – suyuqlikning elastiklik moduli, Pa; E – quvur materiali elastiklik moduli, Pa.

Toza suv va po'lat quvurlar uchun taxminan $E_s/E = 0,01$ qabul qilish mumkin.

Zarba to'liqining tarqalish tezligi bilan suv sarfini rostlovchi moslamaning ochilish (yopilish) vaqti orasida bog'liqlik ΔN qiymatiga ta'sir qiladi, shu sababli bundan gidravlik zarbaning salbiy oqibatlarini kamaytirishda foydalanish mumkin. Masalan, suv sarfini rostlovchi moslamaning ochilish (yopilish) vaqtini T_s deb belgilaylik, agar bosim quvuri uzunligi L bo'lsa, zarba to'liqini L/s vaqt ichida suv manbaiga (suv ombori, hovuzi, rezervuar) yetib boradi va unga urilib orqaga qaytadi. Bunga sarf bo'lgan vaqt, ya'ni $t_f = 2 \cdot L/s$ zarba fazasi deb ataladi, bu faza T_s dan katta bo'lsa, ya'ni zarba to'liqini yuqori b'efga borib qaytib kelgunga qadar rostlovchi moslama ochilish (yopilish) yopilishga ulgurmasa to'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba yuzaga keladi, aks holda, ya'ni $T_s > t_f$ bo'lganda, boshqacha aytganda zarba to'liqini qaytib kelguncha moslama to'liq yopilish (ochilish)ga ulgurmasa noto'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba yuzaga keladi. To'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba kuchi noto'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba kuchiga nisbatan ancha katta, shu sababli T_s ning qiymatini oshirish yo'li bilan zarba kuchini kamaytirish mumkin.

Gidravlik zarba paytida bosimning me'yordan oshib ketishi yoki pasayishining oldini olishning quyidagi usullari mavjud.

1. Zarba so'ndirgich rezervuarlardan foydalanish. Bu rezervuarlar bosimli quvurga tutashtirilib bosimning maksimal qiymatlari kuzatiladigan nuqtalarga o'rnatiladi va zarba to'liqini o'ziga qabul qilib, uning kuchini yetarli darajada so'ndiradi.

2. Suv sarfini rostlovchi moslamaning yopilish vaqtini T_s oshirish. Generator to'satdan rejasiz to'xtab qolganda (bu holda generator ma'lum vaqt yuklamasiz aylanadi) moslamaning yopilish vaqtini me'yordan ortiq oshirish gidroagregatning aylanishlar sonining me'yordan oshib ketishiga olib keladi. Bu esa generator va

gidroturbinaning mustahkamligiga putur yetkazishi mumkin. Shu sababli rostlovchi moslamaning yopilish vaqti hisoblangan, ma'lum chegaraviy qiymatgacha oshirilishi mumkin.

3. Bosimli quvurning suv sarfini rostlovchi moslamagacha bo'lgan qismida (ko'pincha spiral kamerada) suvni chiqarish. Zarba paytida bosim eng katta bo'ladigan nuqtada suvni tashqariga chiqarib yuborish bosimni samarali ravishda kamaytiradi (bunda bosim 0,7-NG dan oshmaydi) [18]. Buning uchun maxsus avtomatik ravishda ishlaydigan suv chiqarish moslamalari o'rnatiladi. Bu usul ko'pincha rostlovchi moslamaning yopilish vaqtini oshirish usuli bilan birgalikda amalga oshiriladi va T_x qiymatini chegaraviy qiymatdan ham oshirish mumkin bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, past naporli va katta suv sarfiga ega bo'lgan KGESlarda mazkur usul unchalik samara bermaydi va iqtisodiy jihatdan o'zini oqlamaydi. Bunday hollarda suv sarfini rostlovchi moslamning yopilish vaqtini maxsus dastur asosida bosim pasayishi qonuniyatiga mos ravishda tashkil qilish samarali usul hisoblanadi.

4. Bosimli quvurning bosimning maksimal qiymatlari kuzatiladigan nuqtalariga siqilgan havo kiritish. Bu holda quvurda suv oqimi emas, suv+havo oqimi, ya'ni ikki fazali oqim yuzaga keladi, ma'lumki bunday oqimning elastiklik moduli suv oqimining elastiklik modulidan katta farq qiladi, ya'ni suvga nisbatan siquluvchan bo'ladi. Natijada zarba to'liqining tarqalish tezligi s kamayib ketadi, bu esa, o'z navbatida bosim oshishiga to'sqinlik qiladi [17].

6.5. Gidravlik zarba ta'sirini so'ndiruvchi rezervuarlar

So'ndiruvchi rezervuarlar odatda naporli yuqori, bosimli quvuri uzun bo'lgan katta va o'rta GESlarda qo'llaniladi, KGESlarda so'ndiruvchi rezervuarlarni o'rnatish iqtisodiy jihatdan har doim ham o'zini oqlamaydi deb hisoblanadi. Lekin quvuri uzun bo'lgan yoki suv sarfi katta bo'lgan KGESlar energiya tizimda yuz beradigan ishdan chiqish holatlarida, quvvatni rostlash maqsadida qo'llaniladigan bo'lsa, bunday KGESlar tez-tez o'chirib yoqiladi, buning ustiga ularni o'chirish - yoqish jarayoni 1..2 minutdan oshmasligi talab etiladi. Bunday hollarda 6.4 - p. da keltirilgan

gidravlik zarbani so'ndirishning quvurdan suvni chiqarib tashlash, havo kiritish yoki suv sarfini rostlash usullari yetarli bo'lmasligi mumkin. Shu sababli asoslangan holda so'ndiruvchi rezervuarlarni qo'llash yaxshi natija berishi mumkin.

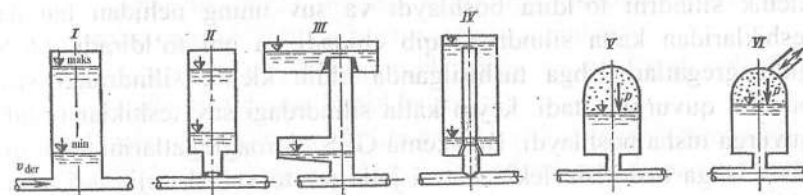
So'ndiruvchi rezervuarlarni qo'llashning asosiy shartlaridan biri quvurlar tizimi doimiy inersiyasi (vaqti) 3...5 sekunddan oshiq bo'lishi kerak. Quvurlar tizimi doimiy inersiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$T_o = \frac{Q}{g \cdot H} \left(\sum \frac{L_o}{F_o} + \sum \frac{L_{c.k.}}{F_{c.k.}} + \sum \frac{L_{o.m.}}{F_{o.m.}} \right) \quad (6.12)$$

bunda Q va N - KGESning hisobiy suv sarfi va naporli; L_b , $L_{s.k.}$, $L_{o.l.}$ - bosimli quvur, spiral kamera, turbina suv olib ketish quvuri umumiy uzunligi; F_b , $F_{s.k.}$, $F_{o.l.}$ - bosimli quvur, spiral kamera, turbina suv olib ketish quvurining ko'ndalang kesim yuzalari.

Agar T_b qiymati 10...12 sekunddan oshsa so'ndiruvchi rezervuarlarni qo'llash shart, 3...10 sekund bo'lgan hollarda asoslash zarur hisoblanadi [18]

Gidravlik zarba ta'sirini so'ndiruvchi rezervuarlarning bir qancha turlari mavjud [14, 18] (6.10 - rasm).



6.10 - rasm. Gidravlik zarba ta'sirini so'ndiruvchi rezervuarlar turlari.

Silindr shakldagi so'ndiruvchi rezervuarlar (I sxema) vertikal joylashgan minora ko'rinishda bo'lib, napor qiymati kichik bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Afzalligi - sodda konstruksiyaga ega, zarbani yaxshi so'ndiradi, quvurdagi bosim pulsatsiyasini kamaytiradi. Asosiy kamchiligi - quvurdagi tezlik naporini $v^2/2g$ ni deyarli to'liq yo'qotadi.

Qo'shimcha qarshilikka ega bo'lgan so'ndiruvchi rezervuarlar (II sxema) ham silindr shaklda bo'lib bosimli quvurga kichik

diametriga ega bo'lgan va diafragma yoki panjara bilan jihozlangan quvur orqali birlashtiriladi. Diafragma yoki panjara suv oqimining katta silindrga o'tishida qo'shimcha qarshilikni paydo qiladi va bu esa zarba kuchini so'ndirish uchun xizmat qiladi. Shu sababli bu holda I sxemaga qaraganda kichik o'lchamli silindr o'rnatiladi. Mazkur sxema o'rta naporli GESlarda qo'llaniladi.

Ikki kamerali so'ndiruvchi rezervuarlar (III sxema) yuqorida va pastda joylashgan hamda vertikal (ba'zan egilgan) shaxta bilan birlashtirilgan konstruksiyaga ega. GES gidroagregatlari to'xtatilganda suv yuqori kamerani to'ldira boshlaydi va shuning hisobiga bosim pasayadi. GES gidroagregatlari ishga tushirilganda yoki ularning suv sarfi oshirilganda shaxtada suv sathi pastga tusha boshlaydi, natijada pastki rezervuardagi suv hajmi ham bosimli quvurga beriladi. Mazkur sxema GESning katta naporlarida qo'llaniladi.

Differensial so'ndiruvchi rezervuarlar (IV sxema) katta va kichik diametrli ikkita silindrdan iborat bo'lib, kichik diametrli silindr bosimli quvurga tutashgan va katta silindrning o'rtasida joylashgan. Kichik silindrdagi katta silindrning tubi sathida suv oqib chiquvchi teshiklar bor. GES gidroagregatlari to'xtatilganda suv kichik silindrni to'ldira boshlaydi va suv uning uchidan hamda teshiklaridan katta silindrga oqib chiqadi va uni to'ldiradi. GES gidroagregatlari ishga tushirilganda oldin kichik silindrdagi suv bosimli quvurga o'tadi, keyin katta silindrdagi suv teshiklar orqali quvurga tusha boshlaydi. Bu sxema GES gidroagregatlarini sekinlik bilan ishga tushirish, lekin ularni juda tez to'xtatish rejimlari talab qilinganda qo'llaniladi.

Pnevmatik so'ndiruvchi rezervuarlar (V sxema) germetik yopiq rezervuardan iborat va bu rezervuar bosimli quvurga kichik diametrli quvur bilan tutashtirilgan. Germetik yopiq rezervuarining yuqori qismida siqilgan havo mavjud bo'lib, u bosimli quvurda bosim tebranishini so'ndirish uchun xizmat qiladi. Havo hajmi rezervuarda bir xil bo'lishi uchun vaqti – vaqti bilan to'ldirib turiladi.

Takrorlash uchun savollar

1. Bosimli quvurlarning qanday turlari mavjud?
2. KGESlarning bosimli quvurlari qanday talablarga javob berishi kerak?
3. Bosimli quvurlar qanday turdagi tayanchlarga o'rnatiladi?
4. Ankerli tayanchlar oralig'idagi masofa qancha bo'lishi kerak?
5. Bosimli quvur trassasidagi havo temperaturasining o'zgarishi va suv harakati hamda og'irligi natijasida qanday salbiy oqibatlar yuzaga keladi?
6. Bosimli quvurlardagi deformatsiyalarning oldini olish uchun qanday choralar ko'riladi?
7. Temperatura kompensatorlari qanday turlarga bo'linadi?
8. Bosimli quvurlarning qanday joylashish sxemalari mavjud va ular qanday tanlanadi?
9. Bosimli quvurning trassasini tanlash nimalarga asosan amalga oshiriladi?
10. Bosimli quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash qanday amalga oshiriladi?
11. KGESlarning bosimli quvurlarida gidravlik zarba qanday hollarda yuzaga keladi?
12. Gidravlik zarba paytida napor qiymatining oshishi yoki kamayishini qanday formula bilan aniqlash mumkin?
13. To'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba va noto'g'ri yo'nalgan gidravlik zarba haqida ma'lumot bering.
14. Gidravlik zarbani so'ndirishning qanday usullari mavjud?
15. Gidravlik zarba ta'sirini so'ndiruvchi rezervuarlarning qanday turlari mavjud?

VII-BOB. KICHIK GES BINOLARI

7.1. KGES binolarining turlari va sinflari

KGES binolarining turlari, sinflari va tuzilishi suv manbaidan foydalanish sxemasi, KGES napori, gidroturbina turi, unga suv oqimining kirib kelishi va chiqib ketishi bo'yicha qabul qilingan yechimlarga bog'liq bo'ladi. KGESlarda qo'llaniladigan gidroagregatlar quvvatlarining keng diapazonga ega ekanligi (100 kVtdan tortib 10...30 ming kVtgacha) hatto bir turdagi gidroturbinalar uchun ham har xil konstruktiv yechimlar mavjudligiga olib kelmoqda. Masalan, 100...300 kVtli gidroagregatlar uchun yengil konstruktiviyaga ega bo'lgan, tez quriladigan oddiy binolar qo'llanilsa (7.1 – rasm), 5,0...30,0 ming kVt quvvatga ega bo'lgan KGES binolari deyarli o'rta va yirik GESlar binolari kabi murakkab konstruktiv yechimlarga ega bo'ladi.



7.1 – rasm. Kirov KGESi binosi (Rossiya).

Suv energiyasidan foydalanish sxemalari bo'yicha KGES binolarini o'zanda joylashgan va to'g'onli, derivatsiyali KGES binolari turlariga ajratish mumkin. O'zanda joylashgan KGES binolari suv yo'lini to'sadigan inshoot tarkibida bo'lib, bevosita

yuqori b'efdan suv bosimini o'ziga qabul qiladi. Shu sababli bu binolarning mustahkamligiga katta va o'ziga xos talablar qo'yiladi.

To'g'onli, derivatsiyali KGES binolarida joylashgan gidroagregatlarga suv bosimli quvurlar orqali yetkazib beriladi, shu sababli bu binolar GESlarning o'ziga xos tomonlarini hisobga olgan oddiy sanoat binolari kabi quriladi.

Har qanday KGES binosi ikki qismdan: suv usti qismi va suv osti qismidan iborat bo'ladi.

Binoning suv ustida joylashgan qismida gidroagregatlar, boshqaruv pulti, yordamchi jihozlar va yuk ko'tarish mexanizmlari o'rnatiladi. Agar binoning usti yopiq holda bo'lsa, unda ichida yuk ko'tarish mexanizmi (krani) ham joylashadi. Ba'zi hollarda KGES binosi yarim ochiq ko'rinishida ham qurilishi mumkin. Bunda yuk ko'tarish mexanizmi bino tashqarisida joylashadi va bu holat bino o'lchamlarining ancha kichik, narxi arzon bo'lishini ta'minlaydi. Jihozlarni ta'mirlash uchun olish zarur bo'lganda bino usti ochiladi (bino tomi konstruktiviyasida bu hisobga olingan) va kerakli jihoz yuk ko'tarish krani yordamida tashqariga olib chiqiladi.

Binoning suv usti qismida montaj maydonchasi ham joylashadi. Bu maydonchada o'rnatiladigan jihozlar yig'iladi, ba'zi bir ta'mirlash ishlari amalga oshiriladi, jihozlarni transportga ortish, tushirish ishlari bajariladi.

Binoning suv osti qismida turbinadan oqib chiqqan suvni hech qanday to'siqsiz olib ketishni ta'minlaydigan temir beton inshoot joylashadi va bu inshoot har bir agregat uchun alohida blokdan iborat bo'ladi va ko'p hollarda so'rib olish quvuri va uning kamerasi deb ataladi.

KGES binolarining sinflari 7.1 – jadvalda keltiriladi [11]. Jadvalda gidroturbina turi uning ishchi g'ildiragiga oqimning yo'nalishi va ta'siri bo'yicha aniqlangan, masalan, vertikal o'qiy, demak uning vali vertikal joylashgan va ishchi g'ildirakka suv oqimi val o'qi bo'ylab beriladi, yoki radial-o'qiy – g'ildirakka suv oldin burchak ostida, keyin o'q bo'ylab yo'naltiriladi. Shuningdek, suv oqimi cho'michli ishchi g'ildirakka berilsa, cho'michli turbina yoki unga ikki marta ta'sir ko'rsatib oqib o'tsa ikki karra ta'sir qiluvchi turbina deb atalgan.

KGES larning sinflarga bo'linishi

7.1 - jadval

Gidroturbina turi	Suv berish qismi konstruksiyasi	So'rib olish quvuri turi	Turbina oldidagi zatvor	Napor, m	KGES binosi sxemasi
O'zanda joylashgan KGES binosi					
Vertikal o'qiy va radial-o'qiy	Ochiq turbina kamerasi	To'g'ri oqimli, konussimon	Ishchi, ta'mirlash suv darvozalari	2...6	7.2-rasm
Vertikal o'qiy va radial-o'qiy	Ochiq turbina kamerasi	Tirsaksimon	Ishchi, ta'mirlash suv darvozalari	2...6	7.3-rasm
Vertikal o'qiy	Bosimli spiral kamera	To'g'ri oqimli, konussimon	Ishchi, ta'mirlash suv darvozalari	6...10	7.4-rasm
Vertikal o'qiy	Bosimli spiral kamera	Tirsaksimon	Ishchi, ta'mirlash suv darvozalari	10...15	7.5- rasm
Gorizontal o'qiy	Bosimli turbina kamerasi	S shaklida	Ishchi, ta'mirlash suv darvozalari	2...15	7.6- rasm
KGES To'g'onli, derivatsiyali binolari					
Vertikal radial	Bosimli spiral kamera	To'g'ri oqimli, konussimon	Diskli yoki sharli qulfak	10...400	7.7- rasm
Vertikal radial	Bosimli spiral kamera	Tirsaksimon	Diskli yoki sharli qulfak	10...400	7.8- rasm

7.1 – jadval davomi

Gorizontal radial-o'qiy	Bosimli spiral kamera	Tirsaksimon	Diskli yoki sharli qulfak	10...400	7.9- rasm
Gorizontal radial-o'qiy	Bosimli spiral kamera	To'g'ri oqimli, konussimon	Diskli yoki sharli qulfak	50...400	7.10- rasm
Gorizontal cho'michli	Bosimli quvur	To'g'ri to'rt	Diskli yoki sharli qulfak	60...600	7.11- rasm
Gorizontal, ikki karra ta'sir qiluvchi turbina	Bosimli quvur	To'g'ri to'rt	N≤50 m – yo'naltiruvchi kuraklar; N>50 m - Diskli yoki sharli qulfak	1...200	7.12- rasm

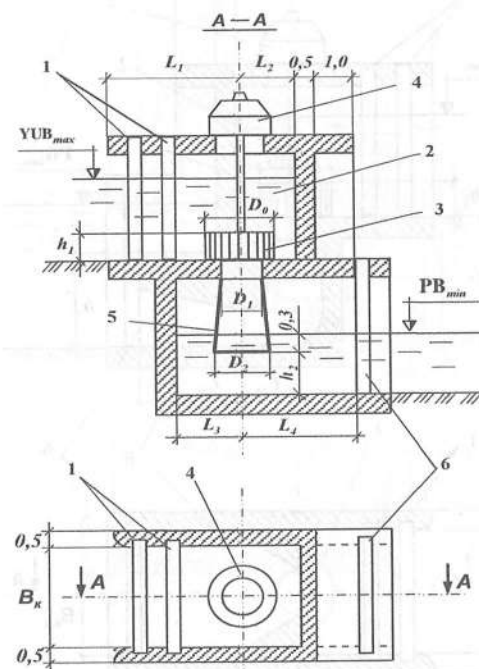
Jadvalda KGESning suv oqimi o'tadigan asosiy jihozlar va qismlar – gidroturbinaga suv berish qismi, undan suvning chiqib ketish qismi, ya'ni so'rib olish quvuri, turbina oldidagi oqimni yopish jihozlari turlari ham berilgan.

7.2. O'zanda joylashgan KGES binolari

O'zanda joylashgan KGES binolarida bosim quvurlari bo'lmaydi, chunki ular yuqori b'efdan suv oqimini bevosita suv olish qilish inshooti orqali qabul qiladi. Bu binolarda suv oqish traktidagi jihozlar quyidagilardan iborat: suv olish inshooti, turbinaga suv berish kamerasi, gidroturbina, suvning chiqish (so'rib olish) kamerasi. Yuqorida keltirilgan xossalari tufayli o'zanda joylashgan KGES binolaridagi gidroagregatlar naporlari past qiymatlarga ega bo'ladi (2...15 metr). 7.1 – jadvalda o'zanda joylashgan KGES binolarining beshta turi keltirilgan va ularga xos rasmlarda o'lchamlari, sxemalari berilgan. Lekin bu o'lcham va sxemalar loyihalashning birlamchi bosqichi uchun berilgan taxminiy ma'lumotlar hisoblanadi. Binoning har bir loyihasi amaldagi me'yoriy hujjatlar asosida, jihozlarning aniq o'lchamlari, suv manbaidagi rejim, KGESning ishlash tartibi, joyning geologik xossalari va boshqa qator talablarga mos ravishda aniq o'lchamlar bilan tuziladi.

KGES binosining turini tanlashda uning napor qiymati katta rol o'ynaydi. Kichik napor qiymatlarida (2...6 metr) odatda vertikal o'qiy turbinalar qo'llaniladi va bu turbinalarga suv yo'naltiruvchi apparat orqali hech qanday boshqa vositalarsiz beriladi (7.2 – rasm). Bunday holat qurilish va montaj qilish xarajatlarini sezilarli kamaytirish bilan bir qatorda gidroturbinaga suv oqimini yetkazib berishda napor yo'qolish qiymatining minimal bo'lishini ta'minlaydi. 7.3 – rasmda huddi shunday binoda tirsaksimon so'rib olish quvuri tasvirlangan, bu quvur to'g'ri oqimli, konussimon quvurga (7.2 – rasm) nisbatan biroz afzalliklarga ega. Suvning turbinadan chiqib ketishida so'rish samarasiga erishish katta ahamiyatga ega, shu sababli tirsaksimon quvurda bu samara sezilarli hisoblanadi, buning hisobiga suv tezligi va quvvati oshishi mumkin. Ushbu naporlarda gorizontall o'qiy turbinalarni ham qo'llash mumkin, lekin bunda birmuncha binoning hajmi, shunga binoan qurilish ishlarining hajmi ham ortadi.

Gidroturbinaning ishchi g'ildiragi diametri yuqorida keltirilgan binolar uchun 0,5...1,0 metrga teng.

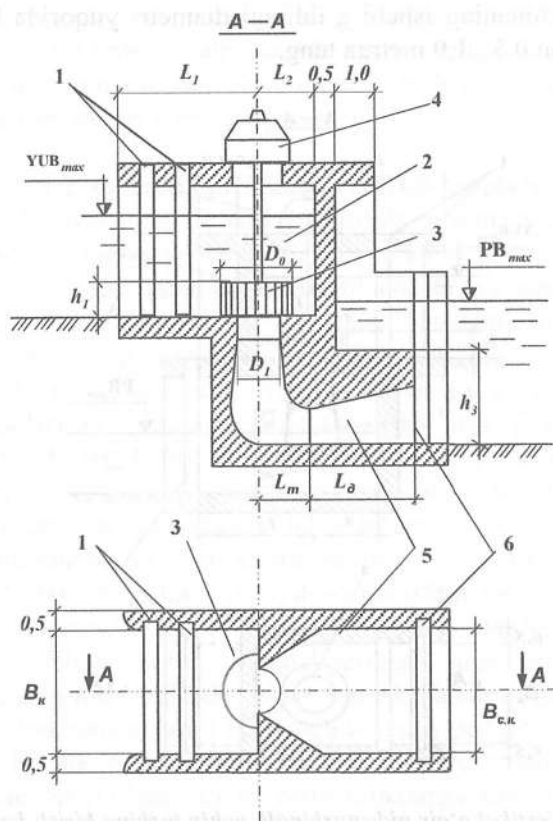


7.2 – rasm. Vertikal o'qiy gidroturbinali, ochiq turbina kirish kamerasi va to'g'ri oqimli, konussimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan o'zanda joylashgan KGES binosi.

1 – ishchi va ta'mirlash suv darvozalari, 2 – turbinaga suv kirish kamerasi; 3 – turbinaning suv oqimini yo'naltirish apparati, 4 – generator; 5 – so'rib olish quvuri; 6 – suv darvozasi.

7.2 va 7.3 – rasmlarda ko'rsatilgan binolar o'lchamlari gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri D_1 ga nisbatan quyidagicha aniqlanadi [14]

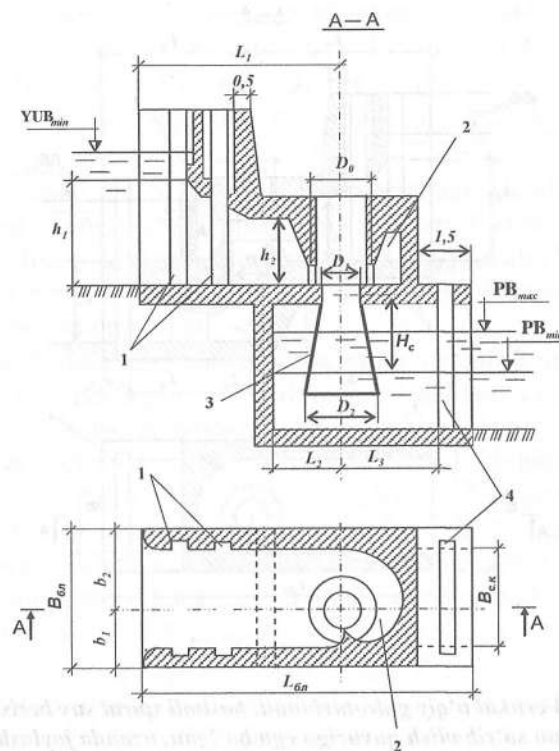
$$h_1 = 0,9 \cdot D_1; \quad h_2 = D_1; \quad h_3 = (1,2 \dots 1,4) \cdot D_1; \quad L_1 = (3,5 \dots 4,0) \cdot D_1; \quad L_2 = 1,5 \cdot D_1; \quad L_3 = (1,5 \dots 2,0) \cdot D_1; \quad L_4 = (3,5 \dots 4,0) \cdot D_1; \quad D_0 = 1,8 D_1; \quad B_K = B_{s.K.} = 3,0 \cdot D_1; \quad D_2 = (1,7 \dots 1,9) D_1.$$



7.3 – rasm. Vertikal o'qiy gidroturbinali, ochiq turbina kirish kamerasi va tirsaksimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan o'zanda joylashgan KGES binosi.

1 – ishchi va ta'mirlash suv darvozalari, 2 – turbinaga suv kirish kamerasi; 3 – turbinaning suv oqimini yo'naltirish apparati, 4 – generator; 5 – so'rib olish quvuri; 6 – suv darvozasi.

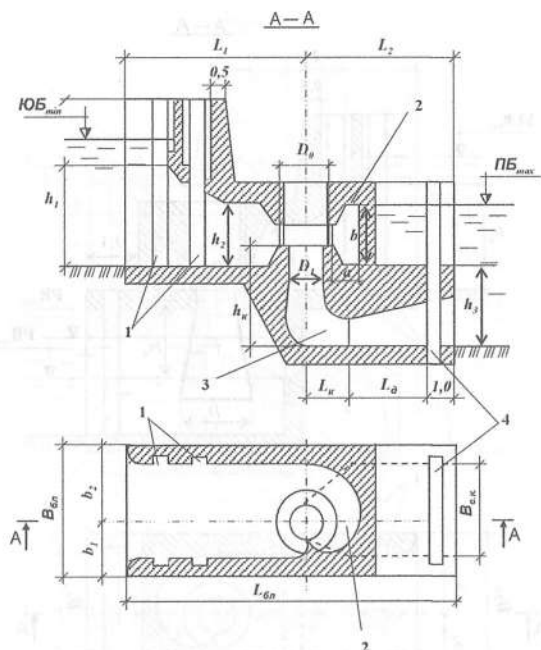
KGES napori 6..10 metr bo'lgan hollarda vertikal o'qiy gidroturbinali, bosimli spiral suv berish quvuri va to'g'ri oqimli, konussimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan binolar tavsiya etiladi (7.4 – rasm).



7.4 – rasm. Vertikal o'qiy gidroturbinali, bosimli spiral suv berish quvuriga va to'g'ri oqimli, konussimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan, o'zanda joylashgan KGES binosi.

1 – ishchi va ta'mirlash suv darvozalari, 2 – bosimli spiral suv berish quvuri; 3 – turbinaning so'rib olish quvuri; 4 – suv darvozasi.

Bu binolarning 7.2 – rasmda keltirilgan binolardan farqi shundan iboratki, gidroturbina suv bosimli spiral quvur orqali amalga oshiriladi. Bosimli spiral quvur gidroturbina ishchi g'ildiragining perimetri bo'yicha suv oqimini bir tekis taqsimlab beradi va oqimning kinetik energiyasidan unumli foydalanishni ta'minlaydi, shu sababli gidroturbina foydali ish koeffitsiyentining oshishiga sabab bo'ladi.



7.5 – rasm. Vertikal o'qiy gidroturbinali, bosimli spiral suv berish quvuriga va tirsaksimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan, uzunda joylashgan KGES binosi

1 – ishchi va ta'mirlash suv darvozalari, 2 – bosimli spiral suv berish quvuri; 3 – turbinaning so'rib olish quvuri; 4 – suv darvozasi.

KGESning napori 10...15 metr bo'lgan qiymatlarda 7.5 – rasm-da keltirilgan tirsaksimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan bino turi qabul qilinadi. Bu binoda kerakli napor suv manbaidagi suv sathining balandligi qiymatiga bog'liq ravishda yuqori va pastki b'ef suv sathlari farqi bilan aniqlanadi.

Binoning bu ikkala turida ham bosimli spiral suv berish quvuri metallardan yoki temirbeton materiallardan tayyorlanishi mumkin. Ishchi va ta'mirlash suv darvozalari 1, 2 hamda so'rib olish quvuri suv darvozasi 4 tekis to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'ladi. Mazkur binolarda o'rnatiladigan gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri 1,0...2,0 metr bo'lishi mumkin.

Binoning asosiy o'lchamlari quyidagicha aniqlanadi:

$$h_1 = 3,0 \cdot D_1; \quad h_2 = (1,8 \dots 2,0) \cdot D_1; \quad h_3 = (1,2 \dots 1,4) \cdot D_1; \quad L_1 = (5,0 \dots 6,0) \cdot D_1; \quad L_2 = (5,0 \dots 6,0) \cdot D_1; \quad L_K = (1,5 \dots 1,8) \cdot D_1; \quad L_0 = (2,5 \dots 3,0) \cdot D_1; \quad D_0 = 1,8 D_1; \quad B_K = B_{s.k.} = (2,8 \dots 3,2) \cdot D_1; \quad b_1 = (1,3 \dots 1,5) \cdot D_1; \quad b_2 = (1,5 \dots 1,7) \cdot D_1; \quad D_2 = (1,5 \dots 1,7) D_1.$$

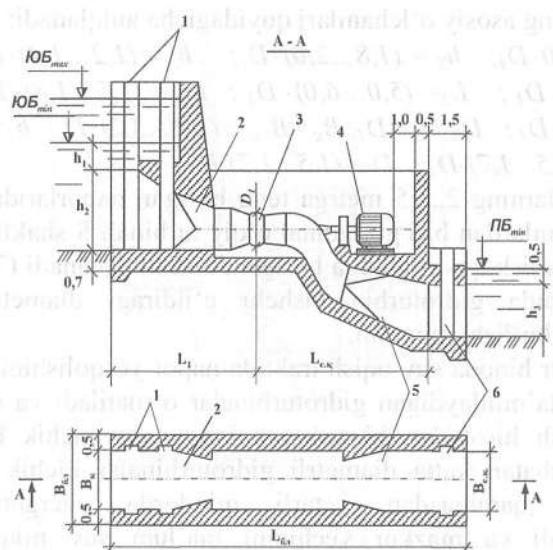
KGESlarning 2...15 metrga teng bo'lgan naporlarida eng istiqbolli yechimlardan biri gorizontall o'qiy turbinali S shaklida joylashgan so'rib olish quvuriga ega bo'lgan bino hisoblanadi (7.6 – rasm). Bu yechimda gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri 1,0...3,0 metrgacha bo'lishi mumkin.

Mazkur binoda suv oqish traktida napor yo'qolishining minimal qiymatini ta'minlaydigan gidroturbinalar o'rnatiladi va uni optimal joylashtirish hisobidan binoning hajmi ancha kichik bo'ladi. Bu binoda nisbatan katta diametrli gidroturbinalar kichik naporlarda ishlashiga qaramasdan yetarli miqdorda energetik quvvat ta'minlanadi va mazkur yechimni ma'lum suv miqdoriga ega bo'lgan deyarli barcha suv manbalarida qo'llash mumkin bo'ladi.

Binoning asosiy o'lchamlari quyidagicha aniqlanadi:

$$h_1 = D_1; \quad h_2 = (2,5 \dots 3,0) \cdot D_1; \quad h_3 = (1,5 \dots 2,0) \cdot D_1; \quad L_1 = (5,0 \dots 6,0) \cdot D_1; \quad L_{s.k.} = (6,0 \dots 6,5) \cdot D_1; \quad B_K = B_{s.k.} = 2,0 \cdot D_1.$$

Yuqorida keltirilgan suv manbai o'zanida joylashadigan KGES binolarining suv qabul qilish qismi anchagina murakkab, chunki bu qism nafaqat suv oqimini qabul qiladi, shuningdek to'suvchi inshoot, damba vazifasini ham bajaradi. Shu sababli binoning bu qismida ikkita suv to'suvchi darvoza – ishchi va zahira vazifasini bajara-digan, ta'mirlash paytida ishlatiladigan darvozalar o'rnatiladi. KGES napori 10...15 metr bo'lganda binoning bu qismi anchagina baland, ko'p miqdorda beton va metall materiallarini talab qiladi.



7.6 – rasm. *Horizantal o‘qiy gidroturbinali S shaklida joylashgan so‘rib olish quvuriga ega bo‘lgan o‘zanda joylashgan KGES binosi.*

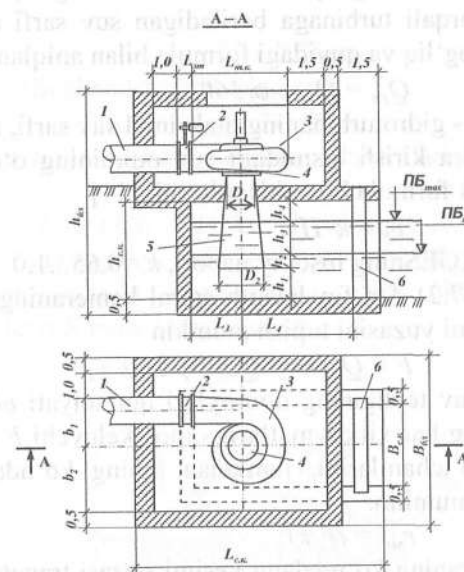
1 – ishchi va ta‘mirlash suv darvozalari, 2 – to‘rtburchak ko‘ndalang kesimdan aylana ko‘ndalang kesimga o‘tadigan turbina suv berish quvuri; 3 – o‘qiy gidroturbina; 4 – generator; 5 – aylana ko‘ndalang kesimdan to‘rtburchak ko‘ndalang kesimga o‘tadigan turbinaning so‘rib olish quvuri; 6 – suv darvozasi.

7.3. To‘g‘onli, derivatsiyali KGES binolari

To‘g‘onli, derivatsiyali KGES binolarida joylashgan gidroturbinalarga suv bosim quvurlar orqali yetkazib berilganligi tufayli bu binolarga yuqori b‘efdagi suv bosimi ta‘sir qilmaydi va shu sababli ularning konstruksiyalari ancha yengil va sodda elementlardan tashkil topadi. Bu binolarning tuzilishiga gidroturbina nabori kam ta‘sir qilganligi sababli, ular napor qiymatlarining katta diapazoniga (10...400 metr) mo‘ljallangan.

To‘g‘onli, derivatsiyali KGES binolarining o‘lchamlari asosan gidroturbina turi, ishchi g‘ildiragi diametri, uning vertikal yoki gorizontal joylashganligi, suv berish sxemasiga bog‘liq.

Vertikal joylashgan radial – o‘qiy turbinali va spiral kamerali binolar ikki qismdan: suv usti va suv osti qismlardan iborat (7.7 – rasm).



7.7 – rasm. *Vertikal radial – o‘qiy turbinali, bosimli quvur va spiral kamera hamda konussimon so‘rib olish quvuriga ega bo‘lgan KGES binosi.*

1 – bosimli quvur; 2 – qulfak (zatvor), 3 – spiral kamera; 4 – gidroturbina; 5 – konussimon so‘rib olish quvuri; 6 – suv darvozasi.

Binoning suv usti qismida gidroagregat va quvurlar tizimi joylashadi, suv osti qismida esa gidroturbinadan chiqayotgan suvni so‘rib olib pastki befga uzatish vazifasini bajaradigan inshoot va jihozlar joylashadi.

Radial – o‘qiy turbinalarga suv asosan bosimli spiral kameralar orqali beriladi. Bosimli spiral kameralar materiali va tuzilishi KGES naboriga bog‘liq, masalan, $H=4...80$ metr bo‘lgan hollarda va katta o‘lchamdagi, ko‘ndalang kesim yuzasi tavr, trapetsiya shaklida bo‘lgan spiral kameralar temir beton materialdan qurilishi mumkin. KGES nabori 10...100 m bo‘lgan hollarda aylana kesimdagi qo‘yma chuyan kameralar, 25...150 m bo‘lgan hollarda payvandlangan

po'lat, 150 m dan katta bo'lgan hollarda qo'yma po'lat kameralar qo'llaniladi [11].

Spiral kameralarning qamrab olish burchagi $\varphi = 315...3450$. Spiral kamera orqali turbinaga beriladigan suv sarfi qamrab olish burchagi φ ga bog'liq va quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$Q_{sn} = Q_{max} \cdot \varphi / 360 \quad (7.1)$$

bunda Q_{max} - gidroturbinaning maksimal suv sarfi, m³/s.

Spiral kamera kirish qismidagi suv oqimining o'rtacha tezligi quyidagi empirik formula bilan hisoblanadi [11]

$$v_k = k \cdot H^{1/2} \quad (7.2)$$

bunda H - KGESning hisobiy napori, $k = 0,65...1,0$

(7.1) bilan (7.2) dan foydalanib spiral kameraning kirish qismi ko'ndalang kesimi yuzasini topish mumkin

$$F = Q_{sn} / v_k = Q_{max} \cdot \varphi / 360 \cdot v_k \quad (7.3)$$

Spiraldagi suv tezligining doimiyligi qonuniyati $vk = \text{const}$ dan foydalanib φ ning har xil qiymatlariga mos keluvchi F qiymatini va spiral kamera o'lchamlarini, jumladan, uning ko'ndalang kesimi radiusini topish mumkin.

$$r_{sn} = (F/\pi)^{1/2} \quad (7.4)$$

Spiral kameraning ko'ndalang kesimi yuzasi trapetsiya shaklida bo'lsa, yuza balandligi v ning uning asosi a ga nisbati $2,0...2,5$ bo'lishi kerak (7.5 - rasm).

KGESlarda binoning o'lchamlarini qisqartirish maqsadida qamrab olish burchagi φ ni 1800...2250 qabul qilish mumkin.

7.7 - rasmda keltirilgan KGES binosida gidroturbinadan suv oqimi konussimon quvurdan chiqib ketadi. Konussimon quvur gidroagregat bilan birgalikda ishlab chiqariladi va uning uzunligi $l_{kon} = (2,0...4,0) D_1$ qiymatlarda qabul qilinadi. Konussimon quvurning chiqish diametrini quvurning 140...160 ga kengayishini hisobga olib $D_2 \approx 1,8 \cdot D_1$ bog'lanish bilan hisoblash mumkin.

Binoning suv osti qismidagi so'rib olish quvuri balandligini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin.

$$h_{s.q.} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

bunda h_1 - konussimon quvurning chiqish qismidan pastki kamera tubigacha bo'lgan masofa, $h_1 = (1,0...1,5) D_1$;

h_2 - minimal suv sathi bilan konussimon quvurning chiqish qismi orasidagi masofa; $h_2 = 0,3...0,5$ m;

h_3 - pastki b'efdagi maksimal va minimal suv sathlari orasidagi farq, m. $h_3 = \nabla PB_{max} - \nabla PB_{min}$

h_4 - maksimal suv sathi bilan pastki kamera shipi orasidagi masofa

$$h_4 = 0,5...0,75 \text{ m.}$$

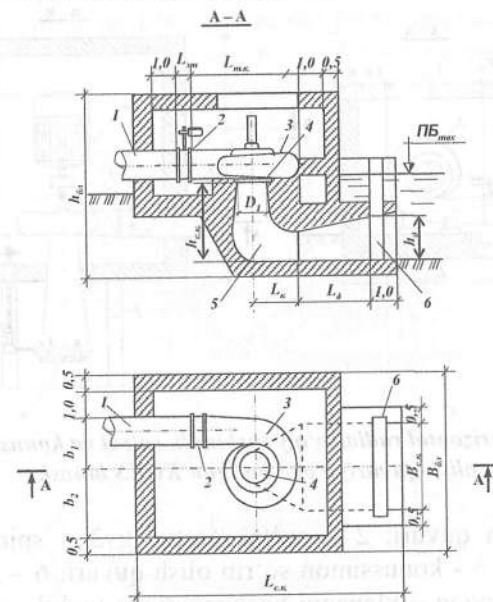
Pastki so'rib olish kamerasing eni:

$$V_{s.q.} = 3,0 \cdot D_1;$$

Shuningdek, yuqori kameraning o'lchamlari ham quyidagicha aniqlanadi:

$$b_1 = (1,3...1,5) D_1; \quad b_2 = (1,5...1,7) D_1.$$

7.8 - rasmda vertikal radial - o'qiy turbinali, bosimli quvur va spiral kamera hamda tirsaksimon so'rib olish quvuri bilan jihozlangan KGES binosi tasvirlangan.

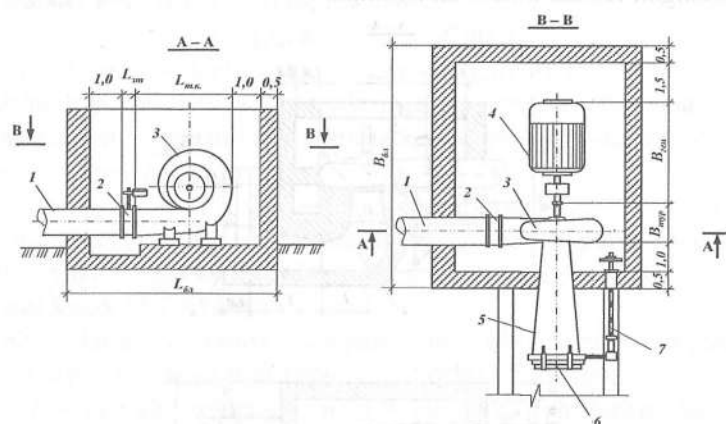


7.8 - rasm. Vertikal radial - o'qiy turbinali, bosimli quvur va spiral kamera hamda tirsaksimon so'rib olish quvuri bilan jihozlangan KGES binosi.

1 - bosimli quvur; 2 - qulfak (zatvor), 3 - spiral kamera; 4 - gidroturbina; 5 - tirsaksimon so'rib olish quvuri; 6 - suv darvozasi.

Yuqorida zikr etilganidek tirsaksimon so'rib olish quvurini qurish birmuncha murakkab va ko'proq beton hajmini talab qilishiga qaramasdan yuqori gidravlik va energetik ko'rsatkichlarga ega bo'lishi tufayli afzalliklarga ega. Tirsaksimon so'rib olish quvurining asosiy o'lchamlari 7.1 – jadvalda keltiriladi [11].

KGES binolarini loyihalashda qurilish ishlarining hajmini kamaytirish masalasi muhim masalalardan biri hisoblanadi. Bu masalani hal qilishda radial – o'qiy turbinalarni gorizontall joylash-tirish variantini ham ko'rib chiqish mumkin. Bunda binoning bo'yi birmuncha oshishi mumkin, lekin uning balandligi anchagina kamayadi, bino bir qavatlik oddiy bino ko'rinishiga keladi (7.9 – rasm).



7.9 – rasm. Gorizontall radial-o'qiy turbinali, spiral va konussimon so'rib olish quvuriga ega bo'lgan KGES binosi.

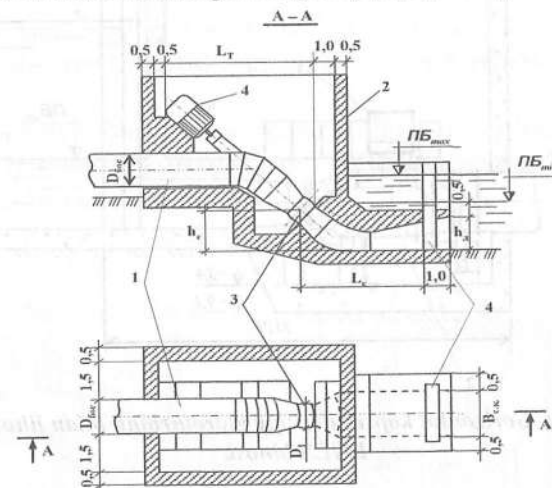
1 – bosim quvuri; 2 – qulfak (zatvor); 3 – spiral quvur; 4 – generator; 5 – konussimon so'rib olish quvuri; 6 – qopqoq – klapan; 7 – qopqoq – klapani boshqaradigan (ochib yopadigan) moslama.

Tirsaksimon so'rib olish quvurining asosiy o'lchamlari

7.1 – jadval

Ko'rsatkichlar	Gidroturbina turi	
	O'qiy	Radial- o'qiy
$h_{c.k.}$	$(1,9...2,3)D_1$	$(2,3...2,7)D_1$
L_K	$(1,4...1,5)D_1$	$(1,5...1,8)D_1$
L_O	$(2,1...3,0)D_1$	$(2,7...2,9)D_1$
h_O	$(1,0...1,2)D_1$	$(1,2...1,3)D_1$
$B_{c.k.}$	$(2,2...2,4)D_1$	$(2,5...2,8)D_1$

Bu binoning boshqa binolardan farqi shundan iboratki, gidroturbinadan chiqqan suvni pastki b'efga o'tkazish uchun maxsus inshoot zarur emas, bu ishni gorizontall joylashgan konussimon suv chiqarish quvuri bajaradi. Quvurning chiqish qismida suv yo'lini yopish uchun maxsus boshqariladigan qopqoq – klapan o'rnatilgan.

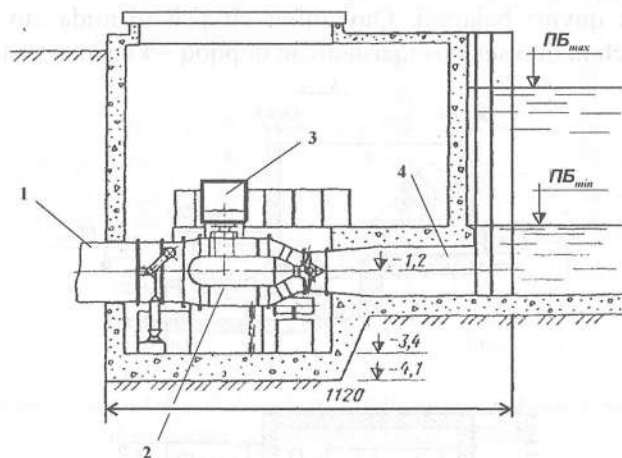


7.10 – rasm. Gorizontga nisbatan burchak ostida joylashgan o'qiy gidroturbinali KGES binosi.

1 – bosim quvuri; 2 – KGES binosi; 3 – gidroturbina; 4 – suv darvozasi.

KGESlarda kapsulali (qobiqli) o'qiy gidroturbinalar ham qo'llaniladi [19,20]. Bunday gidroturbinlar asosan o'zanda joylashgan KGESlarda qo'llanilsada, ba'zi bir variantlari to'g'on ortida joylashgan KGESlarda ham o'rnatilishi mumkin. Bu binolarning yer usti qismi bo'lmaydi, chunki generator gidroturbina bilan bevosita horizontal val bilan birlashgan kapsulada joylashadi. Kichik quvvatli kapsulali gidroturbinalarda xizmat ko'rsatish ishlarini yengillashtirish uchun generator tashqariga chiqarilishi mumkin, bunda unga harakat maxsus transmissiya orqali uzatiladi (7.11 – rasm).

Cho'michli gidroturbinalar bilan jihozlangan KGES binolarida ham bir qancha o'zgarishlar amalga oshiriladi: suv berish turbina kamerasi bo'lmaydi, so'rib olish quvuri o'rniga bosimsiz suv olib ketish kamerasi o'rnatiladi.

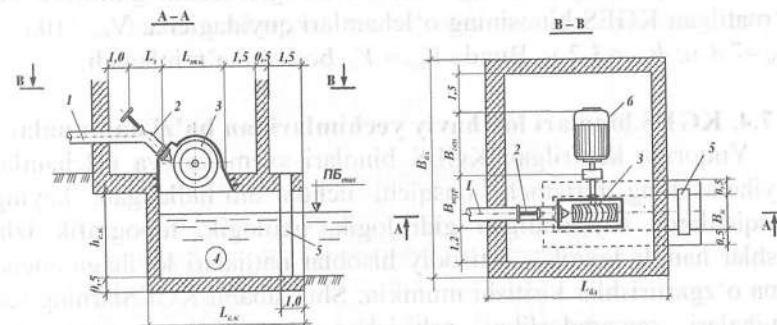


7.11 – rasm. Gorizontal kapsulali o'qiy gidroturbina bilan jihozlangan KGES binosi.

1 – bosimli quvur; 2 – gidroturbina; 3 – generator; 4 – suv chiqarish quvuri.

Binoning o'lchamlari gidroturbinaning konstruktiv shakli bilan belgilanadi. Gidroturbinadagi soplolar soni har xil bo'lishi mumkin, ularning sonining oshishi gidroturbina o'lchamlarining kamayishiga, aylanishlar sonining oshishiga olib keladi.

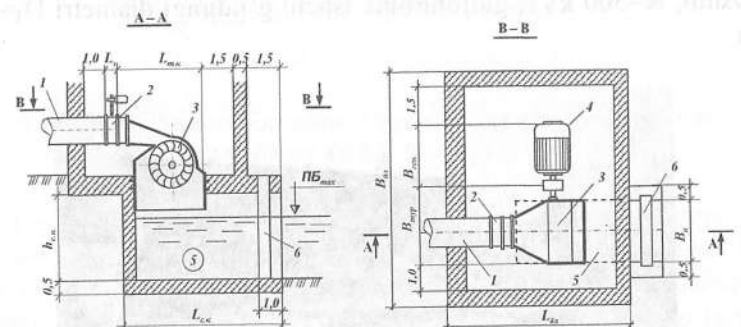
KGESlar uchun bitta yoki soplaga ega bo'lgan gorizontal cho'michli turbinalar bilan jihozlangan binolar maqsadga muvofiq hisoblanadi (7.12 – rasm).



7.12 – rasm. Bir soploli gorizontal cho'michli gidroturbina bilan jihozlangan KGES binosi.

1 – bosimli quvur; 2 – suv sarfini rostlagich; 3 – gidroturbina; 4 – bosimsiz suv olib ketish kamerasi; 5 – suv darvozasi.

Gorizontal, ikki karra ta'sir qiluvchi turbinalar (Banki turbinasi) bilan jihozlangan KGES binosining sxemasi 7.13 – rasmda tasvirlangan.



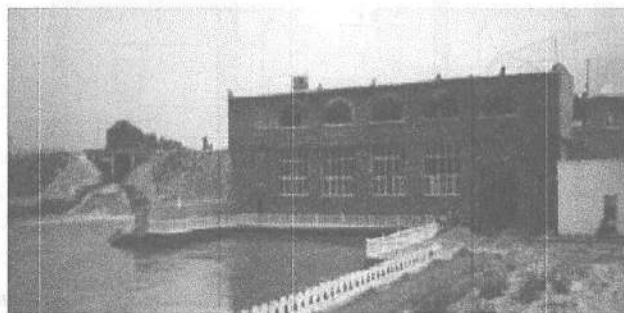
7.13 – rasm. Gorizontal, ikki karra ta'sir qiluvchi turbina (Banki turbinasi) bilan jihozlangan KGES binosi

Mazkur binolarning o'lchamlari gidroturbina o'lchamlari bilan aniqlanadi. Gidroturbinaning eni V_{tur} uning diametri o'zgarmagan holda ham har xil bo'lishi mumkin. Misol sifatida ishchi g'ildiragi diametri $D_1=1,0$ m, eni $V_{tur}=3,0$ m bo'lgan Banki gidroturbinasi o'rnatilgan KGES binosining o'lchamlari quyidagicha: $V_{bl}=10,0$ m; $L_{bl}=7,8$ m; $h_{s.k.}=3,2$ m. Bunda $V_{tur}=V_k$ bo'lishi ta'minlanadi.

7.4. KGES binolari loyihaviy yechimlaridan ba'zi namunalar

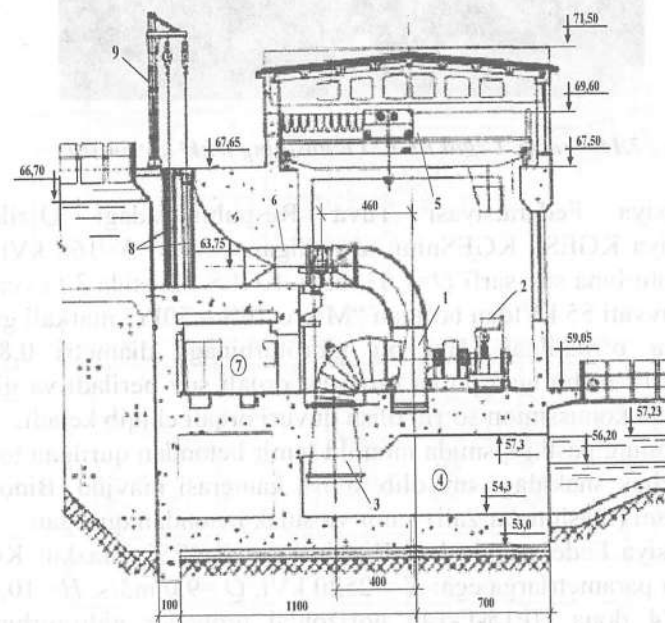
Yuqorida keltirilgan KGES binolari sxemalari va o'lchamlari loyihalashning birlamchi bosqichi uchun mo'ljallangan, keyingi bosqichlarda bajariladigan gidrologik, geologik, topografik izlanishlar hamda texnik – iqtisodiy hisoblar natijalari loyihaga anchagina o'zgartirishlar kiritishi mumkin. Shu sababli KGESlarning real loyihalari samaradorlikni oshirishga yo'naltirilgan juda ko'p qo'shimcha elementlarni o'z ichiga oladi. Misol sifatida, bir nechta KGESlarning real loyihalaridan namunalar keltiramiz.

Samarqand viloyatidagi aylanma Darg'om kanali o'zanida joylashgan Urgut KGESi (7.13 – rasm). Mazkur KGESda Darg'om kanalidagi suv sathining tabiiy pasayishi asosida yuzaga keladigan napordan foydalaniladi. KGES binosida 6 ta umumiy quvvati 3000 kVt bo'lgan PR30-G-125/300-markali gorizontall propeller o'qiy gidroturbinalar o'rnatilgan (7.14, 7.15 – rasmlar). Gidroturbinalar quyidagi ko'rsatkichlarga ega: $H=6...12$ m; $Q=3,6...7,5$ m³/c; $n=300$ об/мин, $N=500$ kVt, gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri $D_1=125$ sm.



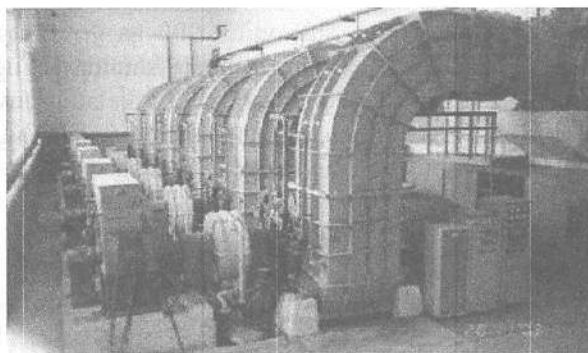
7.13 – rasm. Urgut KGESining umumiy ko'rinishi.

Binoda gidroagregatlarga suv oqimi 900 ga yoysimon shaklda egilgan quvur orqali beriladi va undan huddi shunday egilgan quvur bilan konussimon so'rib olish quvuriga chiqib ketadi. Quvurlarning shunday konstruksiyasi bino hajmining ancha qisqarishiga xizmat qiladi. Turbinada chiqqan suvni olib ketish kamerasi to'g'ri to'rtburchak shaklda qurilgan.



7.14 – rasm. Samarqand viloyatidagi aylanma Darg'om kanalida joylashgan Urgut KGESi binosining qirgimi.

1 – ПР30-Г-125/300-markali gidroturbina; 2 – generator; 3 – konus-simon so'rib olish quvuri; 4 – suv olib ketish kamerasi; 5 – yuk ko'tarish krani; 6 – bosimli quvur; 7 – energiya taqsimlash xonasi; 8 – ishchi va ta'mirlash zatvorlari; 9 – zatvorlarni ko'tarish-tushirish mexanizmi.



7.15 – rasm. Urgut KGESi binosining ichki ko‘rinishi.

Rossiya Federatsiyasi Tuva Respublikasidagi Qizilqoya derivatsiya KGESi. KGESning o‘rnatilgan quvvati $N=165$ kVt, har bir gidroturbina suv sarfi $Q=1,03$ m³/s. KGES binosida 3 ta vertikal o‘qli, quvvati 55 kVtdan bo‘lgan “MikroGES – 50Pr” markali gidroturbinalar o‘rnatilgan. Har bir gidroturbinaga diametri 0,8 m, uzunligi 18 m bo‘lgan po‘lat quvurlar orqali suv beriladi va gidroturbinadan konussimon so‘rib olish quvuri orqali chiqib ketadi.

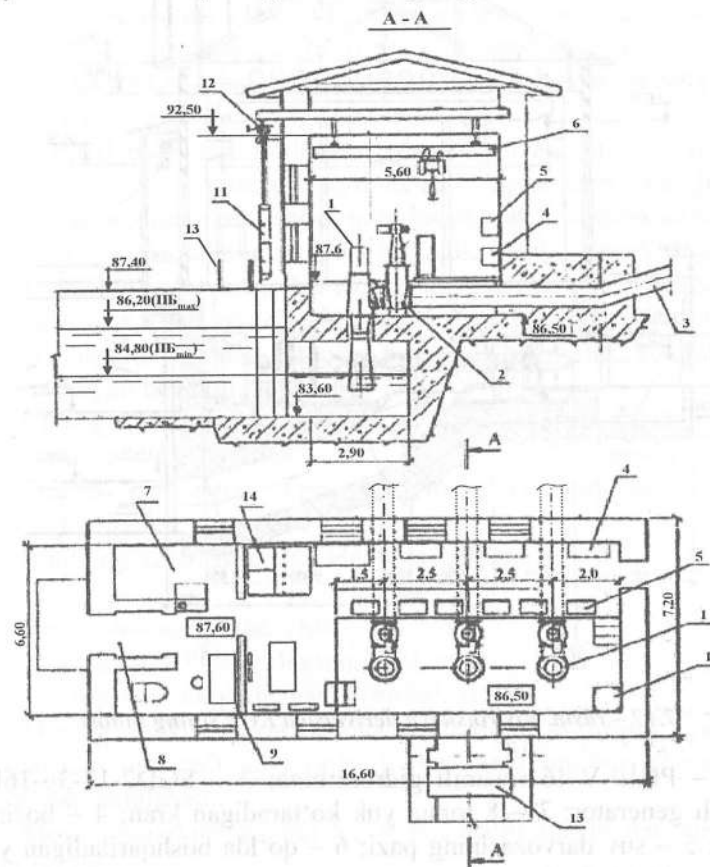
Binoning pastki qismida monolit temir betondan qurilgan to‘g‘ri to‘rtburchak shakldagi suv olib ketish kamerasi mavjud. Binoning ustki qismi (mashinalar zali) temir va shlak betondan qurilgan.

Rossiya Federatsiyasidagi Bistrinskaya KGESi. Mazkur KGES quyidagi parametrlarga ega: $N = 2520$ kVt, $Q = 9,0$ m³/s, $H = 10,0$ m. Binoda 4 dona PP15-Г-140 gorizonttal propeller gidroturbina S shaklidagi so‘rib olish quvuri bilan o‘rnatilgan. Generator rusumi CTД2-17-36-16Y4, quvvati 630 kVt.

Bistrinskaya KGESi binosida S shaklidagi so‘rib olish quvuri o‘rnatilgani uchun uning pastki qismi kichik hajmga ega, hech qanday so‘rib olish kameralar mavjud emas, faqat to‘rtburchak ko‘ndalang kesimga ega uzunligi 8 metr bo‘lgan suvni olib ketish quvuri qurilgan.

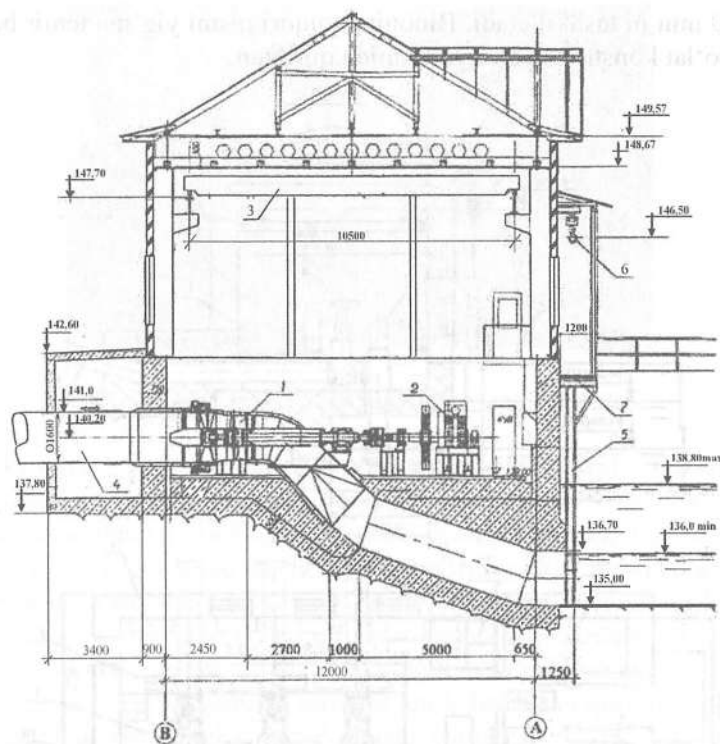
Gidroturbinaning bosimli quvurida qulfak mavjud emas, suv sarfini rostlash yo‘naltiruvchi apparat yordamida amalga oshiriladi. Ta‘mirlash paytlarida suv yo‘lini to‘liq yopish uchun suv olish inshootidagi suv darvozasidan foydalaniladi. Bosimli quvur diametri

1600 mm ni tashkil etadi. Binoning yuqori qismi yig‘ma temir beton va po‘lat konstruksiyalar yordamida qurilgan.



7.16 – rasm. Qizilqoya derivatsiya KGESining binosi.

1 – PP10-B-46 rusumli gidroagregat; 2 – qulfak; 3 – bosimli quvur; 4 – ballast yuklamasi blogi; 5 – qulfakni boshqarish qutisi; 6 – 2 tonnalik yuk ko‘taradigan osma kran; 7 – navbatchi xodimlar xonasi; 8 – tambur; 9 – verstack; 10 – lyuk; 11 – suv darvozasi; 12 – yuk ko‘tarish mexanizmi (tal); 13 – ko‘prik; 14 kompressorlar.



7.17 – rasm. Bistrinskaya derivatsiya KGESining binosi.

1 – PR10-V-46 rusumli gidroturbina; 2 – SGD2-17-36-16U4 rusumli generator; 3 – 8 tonna yuk ko‘taradigan kran; 4 – bosimli quvur; 5 – suv darvozasining pazi; 6 – qo‘lda boshqariladigan yuk ko‘taruvchi tal; 7 – ko‘prik.

7.5. KGES binosi yuqori qismining o‘lchamlarini aniqlash

KGES binosi yuqori qismining konstruksiyasi gidroturbinalar valining joylashishiga (vertikal, gorizontaal, burchak ostida) bog‘liq. Gorizontaal va burchak ostida joylashgan gidroturbinalar o‘rnatilgan binolar yuqori qismi asosan montaj maydonchasi, apparatura va jihozlar joylashgan xonalar, boshqaruv pultidan iborat bo‘lib, asosan

ularning joylashishi o‘lchamlari bino o‘lchamini aniqlaydi. Montaj maydonchasi binoga keltiriladigan va olib ketiladigan jihozlarni transport vositasidan olish yoki unga joylashtirish hamda ba‘zi bir ta‘mirlash ishlarini amalga oshirishni ta‘minlashi lozim. Shu sababli montaj maydonchasining joylashishi transport vositasining kirib kelishiga to‘sqinlik qilmasligi kerak.

Vertikal o‘qli gidroturbinalar o‘rnatilgan binolar yuqori qismi mashinalar zali, montaj maydonchasi, apparatura va jihozlar joylashgan xonalar, boshqaruv pultidan iborat. Ularning ichida eng katta maydonni mashinalar zali egallaydi, montaj maydonchasi esa uni davomida joylashadi. Vertikal o‘qli gidroturbinalar o‘rnatilgan binolar o‘lchamini aniqlashga bir qancha o‘ziga xos talablar mavjud. Quyida ushbu talablar asosida bino o‘lchamlarini aniqlashning umumlashgan tartibini keltiramiz.

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.

$$L_b = n \cdot V_{bl} + L_{MM}$$

Bunda, n – agregatlar soni

V_{bl} – suv olib ketish blogining 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 $V_{MM} = V_{MZ}$, ya‘ni mashinalar zali eniga teng bo‘ladi.

Montaj maydonchasi uzunligi agregatlar soni 4...5 ta bo‘lganda $L_{MM} = (1,0...1,2) V_{MM}$, agregatlar soni 10 dan ortiq bo‘lsa $L_{MM} = (1,5...2) V_{MM}$ qabul qilinadi. Ko‘p hollarda montaj maydonchasi uzunligi $L_{MM} = 1,5 \cdot B_{MM}$ dan oshmaydi.

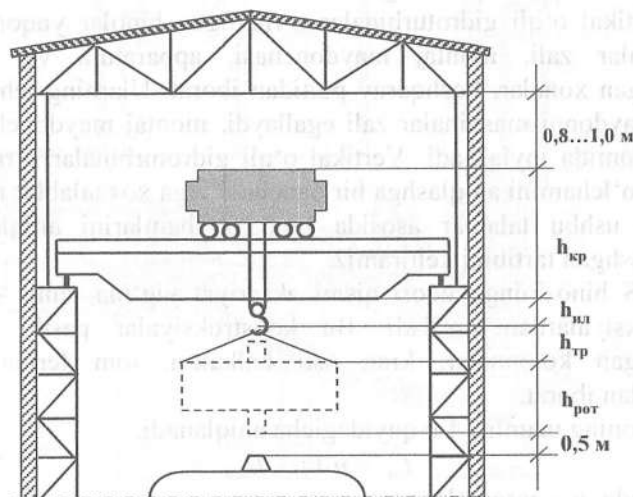
Mashinalar zalining eni V_{MZ} unda joylashadigan jihozlar: generator, yordamchi jihozlar, apparatlar o‘lchamlari asosida aniqlanadi va qurilish konstruksiyalarning standart o‘lchamlaridan kelib chiqib standart qiymatlarda belgilanadi, masalan, 6,0; 9,0; 12,0; 18,0 metr va hokazo.

Taxminan mashinalar zalining eni V_{MZ} generatorning tashqi o'lchamlariga bog'liq holda aniqlanadi.

$$V_{\text{MZ}} = D_{\text{gen}} + (5 \dots 8) \text{ m.}$$

Mashinalar zali balandligi quyidagicha aniqlanadi (7.18 – rasm).

$$N_{\text{MZ}} = 0,5 + h_{\text{rot}} + h_{\text{tr}} + h_{\text{il}} + h_{\text{kr}} + (0,8 \dots 0,1) \text{ m.}$$



7.18 – rasm. KGES binosi yuqori qismi o'lchamlarini aniqlash.

Bunda h_{rot} – generator rotor o'lchami

h_{tr} – rotor mahkamlanadigan traversa o'lchami, $h_{\text{tr}} = 0,5 \dots 1,0 \text{ m}$

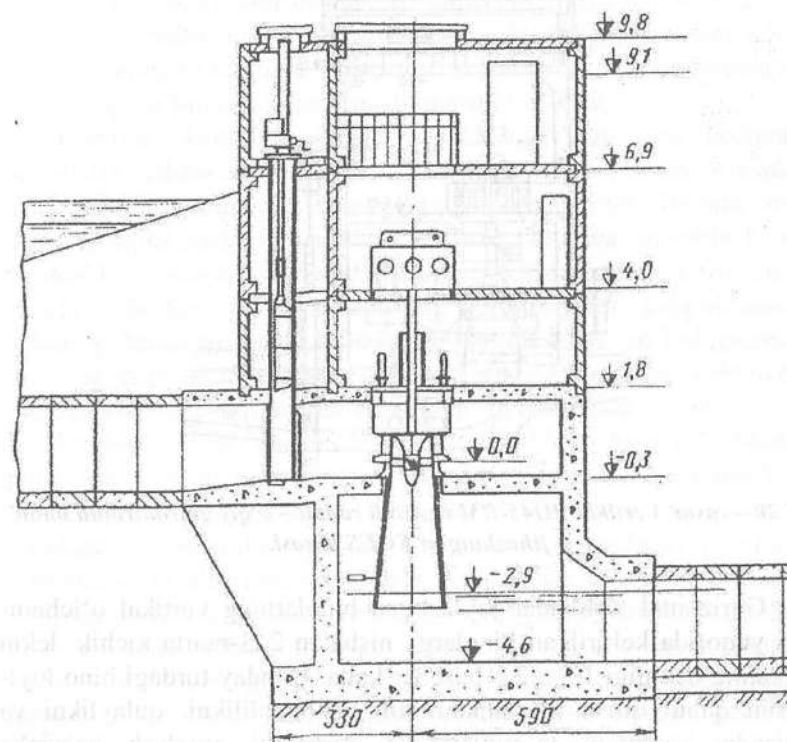
h_{il} – ilgak balandligi, $h_{\text{il}} = 0,5 \dots 1,0 \text{ m}$.

h_{kr} – kran balandligi

Agar gidroturbina o'lchami rotor o'lchamidan katta bo'lsa, unda h_{rot} o'rniga gidroturbina balandligi qabul qilinadi.

Quyidagi KGES binolari yuqori qismlari o'lchamlarining loyihaviy yechimlaridan namunalar keltiramiz.

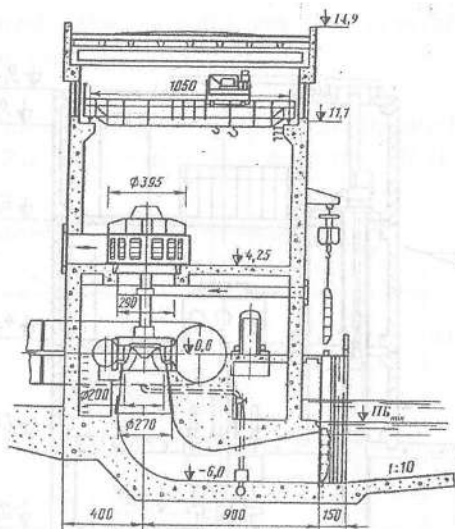
7.19 – rasmda vertikal propeller turbinali to'g'ri burchakli turbina va konussimon so'rib olish kamerasiga ega bo'lgan KGES binosi yuqori qismining o'lchamlari berilgan [19]. Binoning yuqori qismi yig'ma temir beton konstruksiyalardan qurilgan.



7.19 – rasm. Vertikal propeller turbina bilan jihozlangan to'g'ri burchakli turbina va konussimon so'rib olish kamerasiga ega bo'lgan KGES binosi yuqori qismi.

7.20 – rasmda vertikal PO45-BM rusumli radial – o'qiy gidroturbina bilan jihozlangan KGES binosining o'lchamlari keltirilgan. Binoning yuqori qismi temir beton va metall konstruksiyalar yordamida qurilgan.

Vertikal o'qli gidroturbinalar bilan jihozlangan KGES binosining asosiy xususiyatlaridan biri shundan iboratki, binoning vertikal o'lchamlari ancha katta va qo'shimcha xarajatlarga olib keladi.



7.20 – rasm. Vertikal PO45-BM rusumli radial – o'qiy gidroturbina bilan jihozlangan KGES binosi.

Gorizontal turbinalar joylashgan binolarning vertikal o'lchamlari yuqorida keltirilgan binolarga nisbatan 2..3-marta kichik, lekin binoning uzunligi 1,5... 2,5 barobar katta. Qanday turdagi bino loyihasini qabul qilish mustahkamlikni, ishonchlilikni, qulaylikni va iqtisodiy samarani ta'minlaydigan variantni aniqlash bo'yicha bajariladigan maxsus hisob kitoblar asosida loyihaviy yechimlarni taqqoslash yo'li bilan aniqlanadi.

7.6. KGESlar binolarini loyihalashda favqulodda energiya yuklamasi yo'qolgan paytda gidroagregatning tez aylanib ketishining oldini olish choralari ko'rish

KGESlarni loyihalashda uning xavfsiz ishlashini ta'minlaydigan tizimlar va qurilmalar, xususan, favqulodda energiya yuklamasi yo'qolgan paytda gidroagregatning tez aylanib ketishining oldini oladigan (tormozlaydigan) tizimlar muhim ahamiyatga ega. Bunga KGESlar va gidroagregatlarning turiga qarab turli yo'llar bilan erishiladi.

Ochiq turbina kamerasiga ega bo'lgan o'zan KGESlari binolari. Mazkur binolarda gidroturbinalar kuraklari burilish imkoniga ega bo'lgan yo'naltiruvchi apparatlar bilan jihozlangan bo'lishi kerak, chunki buning yordamida suv sarfini rostlash va kerak bo'lganda suv oqimining yo'lini butunlay yopish imkoni tug'iladi.

Turbinali kameraga kirish joyida agar suv toza bo'lmasa, oqiziqnlarni ushlovchi panjaralar o'rnatiladi (panjara simlari orasidagi aniq masofa turbinaning konstruksiyasiga qarab 60...70 mm oraliq'ida belgilanadi). Panjaradan keyin ishchi va ta'mirlash suv darvozalari mavjud. Suv darvozalari tekis to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lib, pazlarda ularning sirg'anishini yengillashtirish uchun g'ildiraklar bilan jihozlanadi va ular suv yo'lini germetik ravishda yopishi kerak. Suv darvozalarini ko'tarib tushirish uchun maxsus yuk ko'tarish mexanizmlaridan foydalaniladi.

Bosimli spiral kamerali o'zan KGESlari binolari. Mazkur binolarda turbinaning yo'naltiruvchi apparati buralmaydigan qo'zg'almas parraklar bilan ham jihozlanishi mumkin. Bu holda kuraklar suv sarfining optimal miqdorini o'tkazadigan burchakka o'rnatiladi. Ushbu konstruksiyada favqulodda energiya yuklamasi yo'qolgan paytda gidroagregatning tez aylanib ketishining oldini olish generator bilan bir o'qda joylashgan va avtomatik ravishda ishga tushadigan gidrotormoz bilan amalga oshiriladi. Gidrotormozga suv spiral kameradan beriladi. Gidrotormoz generator valining aylanish tezligini sekinlashtiradi va yuqori tezlikda yuzaga keladigan xavfli oqibatlarning oldini oladi. Gidrotormoz bilan bir vaqtda suv olish inshootidagi suv darvozasi bilan suv yo'li to'siladi.

Agar binoda kuraklari buriladigan yo'naltiruvchi apparat o'rnatiladigan bo'lsa, generator tezligi oshganda apparat kuraklari avtomatik ravishda yopilishga burilishi kerak. Bu hollarda suv darvozasi ham har ehtimolga qarshi ishga tushiriladi.

Reaktiv turbinali to'g'on va derivatsiya KGESlari binolari. KGES napori $H = 10...20$ m bo'lganda kuraklari burilmaydigan turbinaning yo'naltiruvchi apparati o'rnatilishi mumkin. Bu holda albatta, gidrotormoz va g'ildirakli suv darvozasidan favqulodda yuzaga keladigan sharoitlarda foydalaniladi.

KGES napori $H > 20$ m bo'lgan hollarda, odatda generatorning me'yordan oshadigan aylanish tezligini kamaytirish uchun kuraklari

buriladigan yo'naltiruvchi apparatdan va suv olish inshootidagi suv darvozasidan foydalaniladi. Agar bosimli quvur uzun bo'lsa va uning trassasida gidravlik zarba so'ndirgich o'rnatilmagan bo'lsa, zarba kuchini kamaytirish uchun bosimli spiral kamerada pastki b'efga suvni chiqarib tashlash moslamasi bo'lishi kerak. Generator tezligi me'yordan oshgan hollarda yo'naltiruvchi apparat, suv olish inshootidagi suv darvozasi va spiral kameradan suv chiqarish moslamasi bir vaqtda ishga tushishi kerak.

Ba'zi binolarda turbinaning oldida diskli yoki sharli qulfaklar o'rnatilishi mumkin. Bu qulfaklar turbinani ishga tushirishdan oldin bosimli quvurni suv bilan to'ldirishni ta'minlash hamda suv olish inshootidagi suv darvozasi ishdan chiqqanda zahira jihoz vazifasini bajaradi.

Aktiv turbinali to'g'on va derivatsiya KGESlari binolari. Mazkur binolarda agar cho'michli gidroturbina o'rnatilgan bo'lsa, generator tezligi me'yordan oshgan hollarda suv oqimining yo'nalishini o'zgartiruvchi yoki soploni yopuvchi moslamalardan foydalaniladi. Shu bilan bir qatorda suv olish inshootidagi suv darvozasi yopiladi.

Banki turbinasi o'rnatilgan binolarda $H \leq 50$ m bo'lgan hollarda ishchi g'ildirakni to'xtatish yo'naltiruvchi apparat bilan, $H > 50$ m bo'lgan hollarda turbina oldidagi qulfak yordamida amalga oshiriladi.

Takrorlash uchun savollar

1. KGES binolarining qanday turlari, sinflari mavjud?
2. KGES binolari qanday qismlardan iborat?
3. O'zanda joylashgan KGES binosida o'rnatiladigan gidroturbinalar napori qanchagacha bo'lishi mumkin?
4. To'g'onli, derivatsiyali KGES binolarida asosan qanday turdagi gidroturbinalar o'rnatiladi?
5. KGESda napor qiymati 2...6 metr bo'lganda qanday gidroturbinalar o'rnatiladi?
6. KGES binolari o'lchamlari gidroturbinaning qaysi parametri asosida aniqlanadi?
7. KGES napori 6...10 metr va vertikal o'qiy gidroturbina bilan jihozlanganda qanday quvurlar o'rnatilgan KGES binosi qo'llaniladi?

8. KGESning napori 10...15 metr bo'lgan qiymatlarda qaysi turdagi KGES binosini tanlash ma'qul?

9. KGESlarning gorizontall o'qiy turbinali S shaklida joylashgan so'rib olish quvuriga ega bo'lgan binolarida gidroturbinalar ishchi g'ildiragi diametri qancha bo'ladi?

10. To'g'onli, derivatsiyali KGES binolarida qancha naporga mo'ljallangan gidroturbinalar o'rnatiladi?

11. Bosimli spiral kameralarning tuzilishi, turlari va ularni tanlash shartlarini aytib bering.

12. Spiral kamera kirish qismi ko'ndalang kesim yuzasi qanday aniqlanadi?

13. KGES binosi yuqori qismida qanday jihozlar joylashadi?

14. Montaj maydonchasi uzunligi qanday aniqlanadi?

15. Mashinalar zalining eni nimalarga bog'liq va qanday aniqlanadi?

16. KGES napori $H > 20$ m bo'lgan hollarda generatorning me'yordan oshadigan aylanish tezligini kamaytirish uchun nima choralar ko'riladi?

17. Gorizontall turbinalar joylashgan binolarning vertikal o'lchamlari vertikal turbinalar joylashgan binolarga nisbatan necha barobar kichik bo'ladi?

VIII-BOB. KICHIK GESLARNING ASOSIY TEXNOLOGIK JIHOZLARI

KGESlarning asosiy texnologik jihozlariga suv oqimining gidravlik energiyasidan elektr energiyasini ishlab chiqarish, uning miqdorini iste'molchi talabiga moslash va elektr energiyasi tarmog'iga uzatish bo'yicha texnologik jarayonni belgilangan talablar asosida ta'minlovchi jihozlar kiradi. Bu jihozlar tarkibiga gidroturbinalar, generatorlar, ularni boshqarish va me'yoriy ravishda ishlashini ta'minlash tizimlari, transformator qurilmasi va unga energiya uzatishni ta'minlash moslamalari, texnologik jarayonni boshqarish, monitoring qilish va jarayonning xavfsizligini ta'minlash tizimlari kiradi.

8.1. Gidroturbinalarining sinfiy guruhlari

Gidroturbina uning ichki tizimidan o'tayotgan suv oqimining gidravlik energiyasini generator rotori valining mexanik (aylanish) energiyasiga aylantirib beruvchi gidravlik qurilma hisoblanadi. Rotor valining aylanishi natijasida generatorda elektr energiyasi hosil bo'ladi, gidroturbina va generator birgalikda gidroenergetik qurilma yoki gidroagregat deb ataladi.

Hozirgi paytda jahonda turli xil gidroturbinalarini ishlab chiqarish bilan 150 dan ortiq taniqli firmalar, tashkilotlar shug'ullanishmoqda. Ularning aksariyat mahsulotlari hozirgacha ma'lum va mashhur bo'lgan turbinalaridan iborat, shu bilan bir qatorda kam qo'llaniladigan, ekzotik turbinalar ham ishlab chiqarilmoqda.

Barcha turbinalar suv oqimining qanday energiyasidan foydalanilishiga qarab ikki turga bo'linadi: reaktiv va aktiv turbinalar.

Reaktiv turbinalar asosan suv oqimining potensial energiyasidan foydalanadi. Bizga ma'lum Bernulli tenglamasidan (3.11) foydalanib

suv oqimining energiyasini $Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ ga teng deb faraz qilsak,

unda reaktiv turbinalarda bu energiyaning $Z + \frac{p}{\rho g}$ qismidan

foydalaniladi. Demak reaktiv turbinaning ishchi g'ildiragiga suv oqimining bosim energiyasi ta'sir qiladi va uni aylanishga majbur qiladi. Bu energiya miqdori ishchi g'ildirak parraklariga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik kuchiga bog'liq.

Aktiv (faol) turbinalar, ba'zan ularni impulsli turbinalar deb atashadi, suv oqimining kinetik energiyasidan foydalanishga asoslangan. Gidroturbina ishchi g'ildiragi parraklariga (cho'michlariga) quvur soplosidan chiqayotgan oqim ta'sir ko'rsatadi, ishchi g'ildirakning kirishida ham chiqishida ham bosim bir xil, ya'ni atmosfera bosimiga teng, demak asosiy energiya soplodan chiqayotgan oqim tezligiga, ya'ni $v = \sqrt{2gH}$ ga bog'liq, bunda H – gidroturbina nabori. Shu sababli ushbu tartibda ishlaydigan turbinalar aktiv deb ataladi, chunki ular suv oqimining

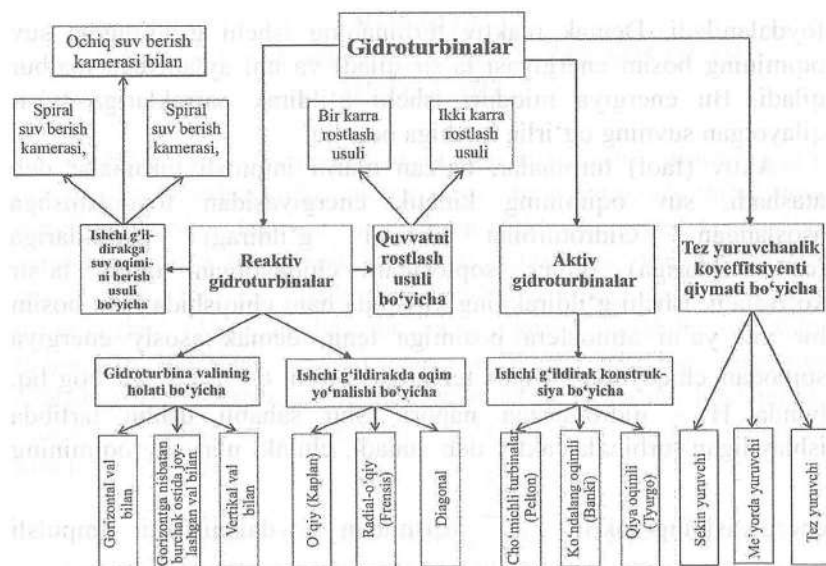
energiyasining aktiv $\frac{\alpha v^2}{2g}$ qismidan foydalanishadi. Impulsli turbinalar deb atalishining asosiy sababi shundan iboratki, jism impulsi uning massasi bilan tezligining ko'paytmasiga teng, ya'ni asosiy ishni impuls – soplodan ma'lum massada chiqayotgan oqimning tezligi bajaradi.

Reaktiv turbinalar quyidagi belgilar bo'yicha sinflarga bo'linadi (8.1 – rasm)

1. Ishchi g'ildirakda oqimning yo'nalishi bo'yicha
2. Ishchi g'ildirakga suv oqimini berish usuli bo'yicha
3. Gidroturbina valining holati bo'yicha
4. Quvvatni rostdash usuli bo'yicha

Reaktiv turbinalar ishchi g'ildirakda oqimning yo'nalishi bo'yicha *o'qiy*, *radial-o'qiy* va *diagonal* kabi turlarga bo'linadi.

Agar ishchi g'ildiragi parraklari orasidan suv oqimi turbina o'qiga nisbatan parallel ravishda oqib o'tsa, bunday gidroturbinalar o'qiy gidroturbinalar deb ataladi (8.2a-rasm).



8.1 – rasm. Gidroturbinalarning sinfiy guruhlari.

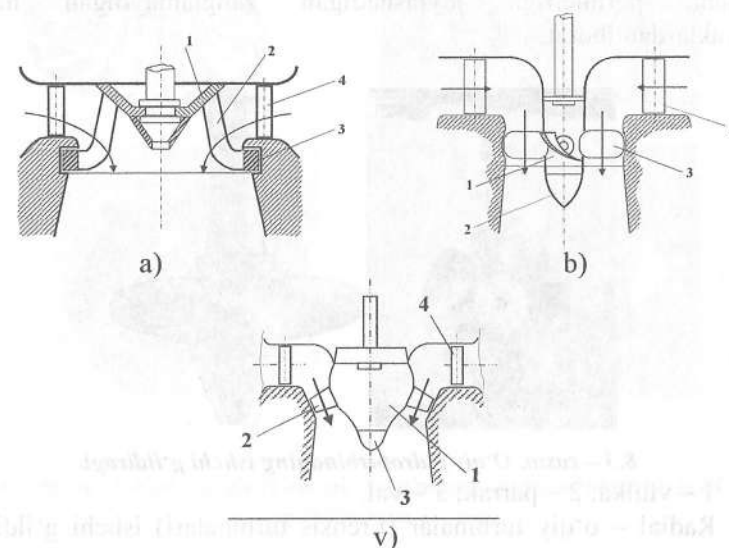
Ishchi g'ildiragi parraklariga kirishda suv oqimi radial yo'nalishda (burchak ostida) kelib, ulardan o'q bo'ylab chiqib ketsa, bunday gidroturbinalar *radial-o'qiy gidroturbinalar* deb ataladi (8.2b – rasm).

Agar parraklar orasida suv oqimi gidroturbina o'qiga nisbatan burchak ostida (diagonal bo'yicha) xarakatlanib, chiqishda ham ushbu yo'nalishni o'zgartirmasa, bunday gidroturbinalar *diagonal gidroturbinalar* deb ataladi (8.2v – rasm).

Gidroturbinalarda asosiy ishni, ya'ni energiyani bir turdan ikkinchi turga o'zgartiruvchi asosiy organ ishchi g'ildirak va uning parraklari hisoblanadi. Ishchi g'ildirak va parraklar suv oqimi energiyasidan maksimal ravishda foydalanish maqsadida parraklar orasida oqimning samarali o'tishini ta'minlash uchun murakkab konstruksiyasiga ega.

O'qiy turbinalar parraklari burilmaydigan yoki buriluvchi bo'lishi mumkin. Bu turbinalarni chet ellarda uni ixtiro qilgan olim nomiga Kaplan turbinolari deb atashadi. Agar turbinaning parraklari

burilmaydigan bo'lsa, ular *propeller gidroturbinalar* deb nomlanadi. Ularda parraklar gidroturbina uchun optimal bo'lgan burchakka o'rnatiladi.



8.2 – rasm. Reaktiv gidroturbina turlari va ularning qismlari

a – radial o'qiy turbina;

1 – stupitsa; 2 – parrak; 3 – obod;

4 – yo'naltiruvchi apparat.

b – o'qiy turbina;

1 – ishchi g'ildirak; 2 – vtulka;

3 – parrak; 4 – yo'naltiruvchi apparat

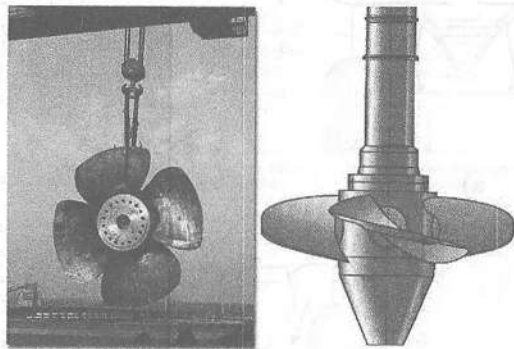
v – diagonal turbina;

1 – ishchi g'ildirak; 2 – parrak; 3 – vtulka;

4 – yo'naltiruvchi apparat.

Agar ish davomida gidroturbina ko'rsatkichlarini o'zgartirish zarur bo'lsa, bu ish uning parraklarini ma'lum burchakka burish orqali amalga oshiriladi va bu holda gidroturbining parraklari buriluvchi etib o'rnatiladi. Odatda, propeller turbinalar KGESlarda, parraklari buriluvchi gidroturbinalar esa o'rta va yirik GESlarda

qo'llaniladi. O'qiy gidroturbinaning ishchi g'ildiragi 8.3 – rasmda ko'rsatilgan. Gidroturbinaning parraklari suv oqimining ularga kirib kelishida va chiqib ketishida maksimal qulaylik yaratish maqsadida aylana perimetriga joylashadigan zanglamaydigan metall kuraklardan iborat.



8.3 – rasm. O'qiy gidroturbinaning ishchi g'ildiragi.

1 – vtulka; 2 – parrak; 3 – val.

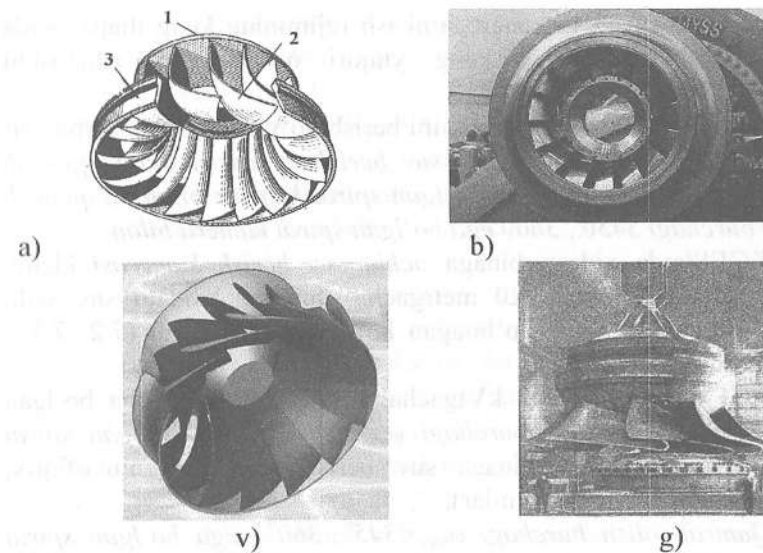
Radial – o'qiy turbinalar (Frensis turbinolari) ishchi g'ildiragi

8.4 – rasmda keltirilgan.

Bu ishchi g'ildirakdagi parraklar uning kirish va chiqish qismlaridagi xalqalar oralig'iga ma'lum burchakda egilgan shaklda mahkamlangan va ularning soni Kaplan turbinasiga qaraganda ko'p. Ushbu farqlar bu turbinalarni yuqori napor qiymatlarida qo'llash mumkinligini ko'rsatadi. Lekin Frensis turbinalarining suv sarfi Kaplan turbinalariga nisbatan kam.

Diagonal gidroturbinasining ishchi g'ildiragi 8.4g – rasmda keltirilgan.

Reaktiv turbinaning ishchi g'ildiraklari diametrlari 0,25 metr-dan 12 metrgacha bo'lgan diapazonda bo'lishi mumkin. Eng yirik parraklari buriluvchi o'qiy turbina Rossiyadagi Saratov GESida 10,3 metr diametrga ega bo'lgan ishchi g'ildirak bilan o'rnatilgan. Amerikadagi Grand Kuli GESida ishchi g'ildiragi diametri 10 metr bo'lgan eng yirik Frensis turbinasi o'rnatilgan. Rossiyadagi Zeyskaya GESida eng yirik diagonal turbinaning ishchi g'ildiragi diametri 6,0 metrni tashkil qiladi.



8.4 – rasm. Radial – o'qiy (Frensis) va diagonal gidroturbinasi ishchi g'ildiraklari.

a, b, v – radial-o'qiy turbina ishchi g'ildiraklari; g – diagonal turbina ishchi g'ildiragi ko'rinishi.

1 – ishchi g'ildirakning suv oqimi kirish qismi; 2 – parrak; 3 – obod (chiqish halqasi).

Turbina quvvatini rostdash usullari bo'yicha reaktiv turbinalar ikki turga bo'linadi: *bir karra rostdash* va *ikki karra rostdash* usullari bilan ishlaydigan turbinalar.

Bir karra rostdash usuli – turbina suv sarfini faqat bitta mexanizm bilan – yo'naltiruvchi apparat kuraklarini burish yoki ishchi g'ildirak parraklarini burish yo'li bilan. Bu ikki usuldan yo'naltiruvchi apparat kuraklarini burish usuli ko'p qo'llaniladi, chunki radial – o'qiy va propeller turbinalarda parraklari burilmaydi, parraklari buriluvchi o'qiy turbinalarda ko'pincha parraklarni burish optimal ish rejimiga erishish uchun qo'llaniladi.

Ikki karra rostdash usuli – parraklari buriluvchi o'qiy turbinalarda qo'llaniladi, bunda yo'naltiruvchi apparat kuraklarini va ishchi g'ildirak parraklarini burish bir vaqtda sinxron ravishda amalga

oshiriladi. Bu usul gidroagregatni ish rejimining keng diapazonida foydali ish koeffitsiyentining yuqori qiymatlarida ishlatishni ta'minlaydi.

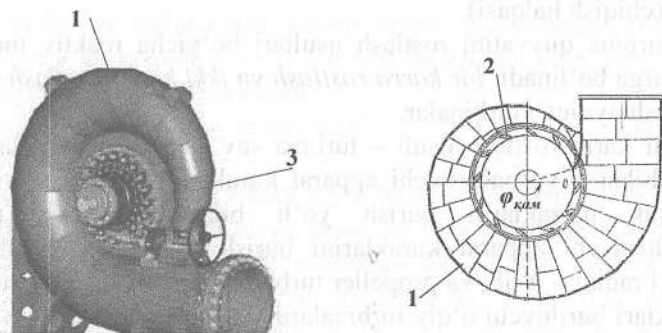
Ishchi g'ildirakka suv oqimini berish bo'yicha reaktiv turbinalar uch guruhga bo'linadi: *ochiq suv berish kamerasi bilan, qamrab olish burchagi 1800 gacha bo'lgan spiral kamera bilan va qamrab olish burchagi 3450...3600 ega bo'lgan spiral kamera bilan.*

KGESlarda gidroturbinaga *ochiq suv berish kamerasi* kichik napor qiymatlarida (2...20 metrgacha) suv manbaidagi suv sathi o'zgarishi uncha katta bo'lmagan hollarda qo'llaniladi (7.2, 7.3 – rasmlar).

KGES quvvati 1000 kVtgacha, nabori 40 metrgacha bo'lgan hollarda *qamrab olish burchagi $\phi_{kam}=180^0$ gacha bo'lgan spiral kamera bilan* gidroturbinaga suv berish maqsadga muvofiqroq hisoblanadi (7.4, 7.5 – rasmlar).

Qamrab olish burchagi $\phi_{kam}=345^0...360^0$ ega bo'lgan spiral kamera bilan nabori 40 metrdan, quvvati 1000 kVtdan oshiq bo'lgan KGESlarda gidroturbinalarga suv yetkazib beriladi (7.7, 7.8, 7.9 – rasmlar). Bunda, ko'pincha, spiral kameralar po'latdan payvandlash yo'li bilan yoki cho'yandan quyma yo'li bilan tayyorlanadi.

Ishchi g'ildirakdan suv oqimining chiqish shakli bo'yicha reaktiv turbinalar uch turga bo'linadi: to'g'ri o'qli, konussimon quvur bilan, tirsaksimon quvur bilan va rastrubli quvur bilan.



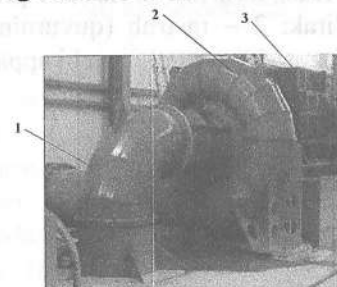
8.5 – rasm. Payvandlash usuli bilan tayyorlangan spiral kamera.

1 – spiral kamera; 2 – yo'naltiruvchi apparat; 3 – yo'naltiruvchi apparatni boshqarish moslamasi.

To'g'ri o'qli, konussimon suv chiqish (so'rib olish) quvuri sodda konstruksiyaga ega, uni tayyorlash murakkab emas va kam xarajatlarni talab qiladi. Mazkur quvurning uzunligi $(2...4) \cdot D_1$ bo'lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi (7.2, 7.4, 7.7, 7.9 – rasmlar).

Tirsaksimon so'rib olish quvuri ko'pincha vertikal o'qli, katta quvvatga ega bo'lgan, shuningdek gorizont o'qli frontal shakldagi gidroturbinalarda qo'llaniladi (7.4, 7.5, 7.7, 7.8, 7.9 va 8.5 – rasmlar).

Rastrubli so'rib olish quvurining farqi shundan iboratki, uning konstruksiyasi suv oqimining ishchi g'ildirakdan o'q bo'ylab chiqayotgan spiralsimon xarakatini buzmasdan suvni chiqarish kamerasiga o'tishiga imkon yaratadi, bu esa napor yo'qolishining minimal bo'lishini ta'minlaydi. Bu vazifani bajarish uchun konusning o'rtasida konoid o'rnatiladi (8.7 – rasm). Bundan tashqari rastrubli so'rib olish quvurining balandligi tirsaksimon quvurga nisbatan $(1,5...1,7) \cdot D_1$ barobar kam, shu sababli KGES binosining pastki qismi chuqurligi kam bo'ladi.



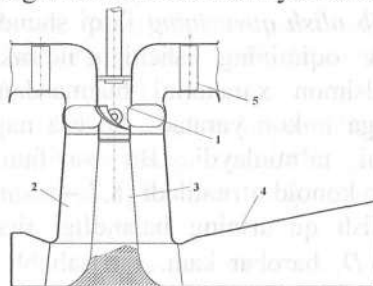
8.6 – rasm. Frontal shaklda o'rnatilgan Frensis turbinasining tirsaksimon so'rib olish quvuri.

1 – tirsaksimon so'rib olish quvuri; 2 – spiral kamera; 3 – generator.

Gidroturbina valining holati bo'yicha reaktiv turbina turlari vertikal val bilan, gorizont o'qli val bilan va gorizontga nisbatan burchak ostida joylashgan val bilan o'rnatilishi mumkin.

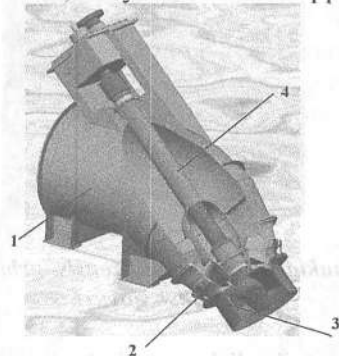
Vertikal valli turbinalar KGESlarda ham qo'llanilsada, lekin ko'pincha yirik va o'rta GESlarda keng tarqalgan, gorizontall valli gidroturbinalar ko'proq KGESlarda o'rnatiladi.

Gorizontall valli turbinalar orasida past naporli KGESlar uchun samarali variantlardan biri kapsulali (qobiqli) o'qiy turbinali KGES hisoblanadi (7.11 – rasm). Suv oqimining markazda joylashgan kapsula perimetri bo'yicha ishchi g'ildirakka borishi turbina uchun yaxshi energetik va gidravlik sharoitlarni yaratadi.



8.7 – rasm. Rastrubli so'rib olish quvuri.

1 – ishchi g'ildirak; 2 – rastrub (quvurning kengaygan joyi); 3 – konoid; 4 – diffuzor; 5 – yo'naltiruvchi apparat.



8.8 – rasm. Gorizontga nisbatan burchak ostida joylashgan val bilan jihozlangan o'qiy gidroturbina.

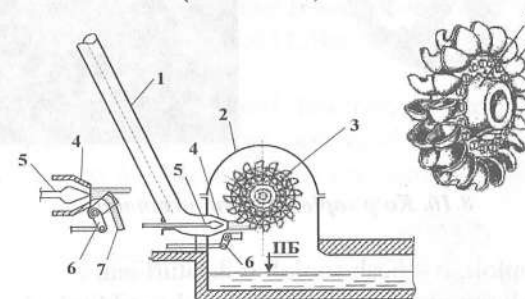
1 – egilgan suv berish quvuri; 2 – konussimon yo'naltiruvchi apparat; 3 – ishchi g'ildirak; 4 – val.

Gorizontga nisbatan burchak ostida joylashgan val bilan jihozlangan gidroturbinalar konstruksiyasi ham suv oqimining parraklar

tizimidan o'tishi uchun yaxshi sharoit yaratadi, shu sababli bunday gidroturbinalar yuqori energetik va gidravlik ko'rsatkichlarga ega (8.8 – rasm)

Aktiv gidroturbinalar ishchi g'ildiragi konstruksiyasiga ko'ra uch guruhga bo'linadi: cho'michli (Pelton turbinalari), ko'ndalang oqimli (Banki turbinalari), qiya oqimli (Tyurgo turbinalari) turbinalar.

Pelton turbinalari aktiv turbinalar orasida eng ko'p tarqalgan turbinalardan hisoblanadi (8.9 – rasm).



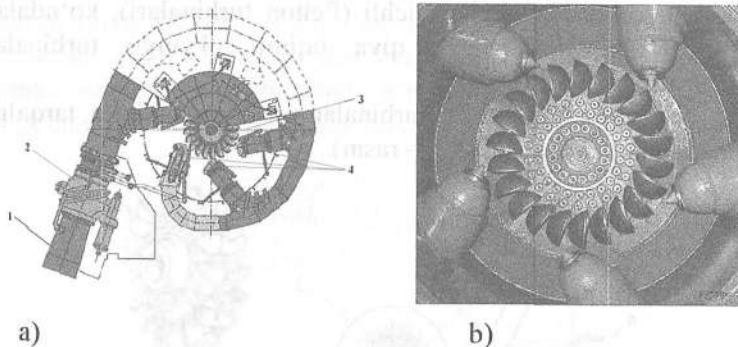
8.9 – rasm. Bir soploli cho'michli gidroturbina

1 – bosimli quvur; 2 – kojux; 3 – ishchi g'ildirak; 4 – soplo; 5 – rostlovchi nayza; 6 – oqimning yo'nalishini buruvchi moslama; 7 – yo'nalishini o'zgartgan suv oqimi; 8 – cho'michlar.

Bu turbinalar quyidagi tartibda ishlaydi. Bosimli quvurdan berilayotgan suv soplodan katta tezlikda chiqadi va ishchi g'ildirak cho'michlariga borib tushadi va o'zining energiyasini ularga beradi. Natijada ishchi g'ildirak, shuningdek, generator rotori ham o'z o'qi atrofida aylana boshlaydi. Aylanish tezligi va kuchi soplodan chiqayotgan suv tezligiga, u esa suvning tushish balandligiga, ya'ni naporga bog'liq. Shu sababli Pelton turbinalari yuqori naporlarda ishlaydi. Suv sarfini o'zgartirish uchun soplo ichida maxsus uchi tumtoq nayzadan foydalaniladi, bu vazifani qo'shimcha ravishda bajarish uchun hamda gidroturbinani qisqa vaqtga to'xtatish maqsadida bosimli quvurdagi suv oqimini pastki b'efga burib yuboruvchi maxsus moslama ishlatiladi.

Bosimli quvurdagi suv energiyasidan yanada samarali foydalanish uchun ishchi g'ildirakka suv oqimi bir emas bir nechta

soplodan berilishi mumkin. Bunda ishchi g'ildirakka berilayotgan energiya miqdori oshadi va uning perimetri bo'yicha bir xil miqdorda taqsimlanadi.



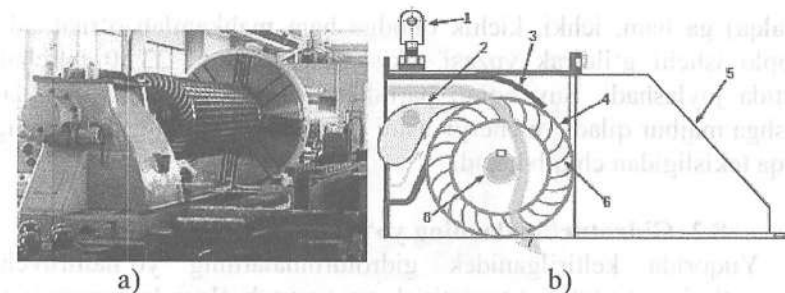
8.10. Ko'p soploli Pelton turbinalari.

a – olti soploli; b – besh soploli mikroturbina.

1 – bosimli quvur; 2 – qulfak; 3 – ishchi g'ildirak; 4 – soplolar.

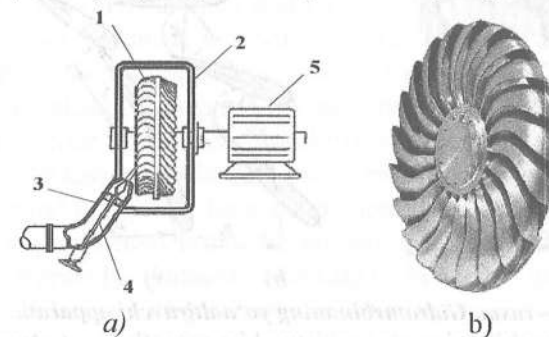
Jahondagi eng quvvatli Pelton turbinalaridan biri Shveyt-sariyadagi eng katta naporli B'edron GESiga o'rnatilgan. GESning quvvati 449 MVt, naporlari esa 1883 metrni tashkil etadi.

Suv oqimiga ishchi g'ildirak ko'ndalang turganligi uchun ko'ndalang oqimli gidroturbinalarni ikki karra ta'sir qiluvchi yoki Banki turbinalari ham deb atashadi. Turbina venger ixtirochisi D.Banki tomonidan taklif etilganligi uchun unga uning nomi berilgan. Banki turbinasida bosimli quvurdan suv maxsus vertikal bo'yicha toraytirilgan suv berish moslamasi orqali yoysimon tig'iz o'rnatilgan parraklarga beriladi (8.11 – rasm). Parraklar doira shaklidagi ikki disk orasiga ularning perimetrlari bo'yicha mahkamlab o'rnatiladi. Disklarning markaziy qismi bo'shliqdan iborat bo'lganligi uchun suv oqimi parraklarga kirib chiqqandan keyin disklar markazidan o'tib ishchi g'ildirakning pastki qismidagi parraklarga yana kirib boradi va ikkinchi marta o'zining energiyasini ularga beradi. Shu sababli bu turbinalar ikki karra ta'sir qiluvchi turbinalar deb ataladi.



8.11 – rasm. Ko'ndalang oqimli gidroturbina (Banki turbinasi)
a – turbina sxemasi; b – Banki turbinasining ishchi g'ildiragi.

1 – yo'naltiruvchi apparatni boshqarish qurilmasi; 2 – yo'naltiruvchi apparat; 3 – parraklarga suv berish moslamasi; 4 – ishchi g'ildirak; 5 – kojux; 6 – parraklar; 7 – suv oqimi yo'nalishi; 8 – val.



8.12 – rasm. Qiya oqimli gidroturbina.

a – qiya oqimli gidroturbinaning sxemasi; b – qiya oqimli gidroturbina ishchi g'ildiragining ko'rinishi. 1 – ishchi g'ildirak; 2 – kojux; 3 – soplo; 4 – suv sarfini rostlovchi nayza; 5 – generator.

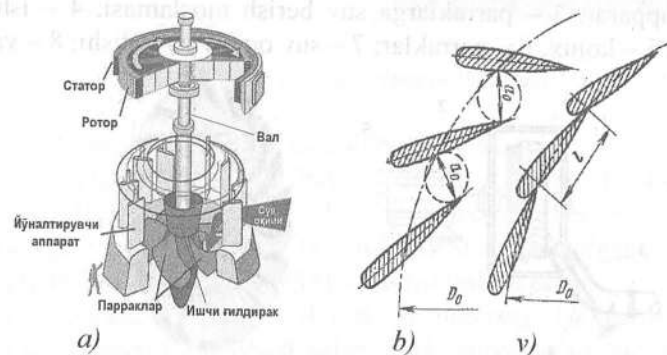
Banki turbinasining ishchi g'ildiragi eni bir necha metrni tashkil qilishi mumkin (8.11 b – rasm), shu sababli uni kanallarga gidrouzellarga, suv tashlash inshootlarga o'rnatish maqsadga muvofiq.

Aktiv turbinalarning yana bir vakili – qiya oqimli gidroturbinalar hisoblanadi. Ishchi g'ildirakning parraklari tashqi obod

(xalqa) ga ham, ichki, kichik obodga ham mahkamlab o'rnatiladi. Soplo ishchi g'ildirak yuzasi tekisligiga nisbatan 22,50 burchak ostida joylashadi. Suv oqimi parraklar oralig'iga kirib, uni aylanishga majbur qiladi va energiyasini to'liq berib ishchi g'ildirakning orqa tekisligidan chiqib ketadi.

8.2. Hidroturbinalarning yo'naltiruvchi apparatlari

Yuqorida keltirilganidek gidroturbinalarning yo'naltiruvchi apparatlari suv sarfini o'zgartirish va zarur bo'lganda suv yo'lini to'sish uchun xizmat qiladi. Yo'naltiruvchi apparatlar suv yo'nalishga mos kuraklardan iborat bo'lib, suv oqimi ushbu kuraklar orasidan o'tib ishchi g'ildirak parraklariga yetib boradi (8.12 – rasm).

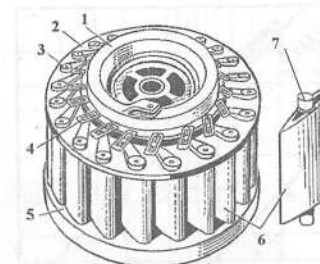


8.12 – rasm. Hidroturbinaning yo'naltiruvchi apparati.

a – o'qiy turbinaning yo'naltiruvchi apparati; b – yo'naltiruvchi apparatning ochiq holati; v – yo'naltiruvchi apparatning yopiq holati.

Kuraklar o'z o'qi atrofida bir xil burilish imkoniyatiga ega bo'lgani uchun ular orasidagi masofa o'zgaradi va shuning hisobiga suv sarfi ham o'zgaradi. Kuraklar soni o'qiy nasoslarda napor nisbatan kichik, lekin suv sarfi katta bo'lgan qiymatlarda 32 ta, suv sarfi kichik, lekin katta napor qiymatlarida 20...24 ta bo'ladi.

Kuraklar orasidagi masofa a_0 , ularning uzunligi l , kuraklar o'qlarining joylashishi diametriga D_0 bog'liq ravishda maxsus hisoblar bilan aniqlanadi. Kuraklar hammasi qat'iy ravishda bir xil burchakka burilishi kerak, shundagina hisobiy suv sarfiga erishiladi, bu ish barcha kuraklarni bir xil ravishda xarakatlantiradigan maxsus konstruktsiya yordamida amalga oshiriladi.



8.13 – rasm. Yo'naltiruvchi apparatni harakatlantirish mexanizmi.

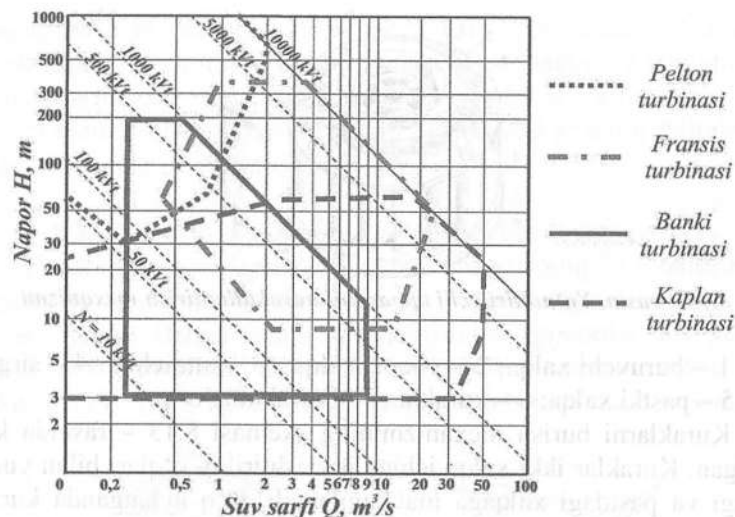
1 – buruvchi xalqa; 2 – yuqori xalqa; 3 – tutqichlar; 4 – sirg'alar; 5 – pastki xalqa; 6 – kuraklar; 7 – kurakning o'qi.

Kuraklarni burish mexanizmining sxemasi 8.13 – rasmda keltirilgan. Kuraklar ikki xalqa ichiga joylashtirilib, o'qlari bilan yuqoridagi va pastdagi xalqaga mahkamlanadi. O'q aylanganda kuraklarning ham aylanish imkoni bo'lishi kerak. Yuqori xalqadagi kuraklar o'qlariga tutqichlar o'rnatilgan va ular sirg'alar yordamida buruvchi xalqaga ulangan. Sirg'alar tutqichlar va buruvchi xalqa bilan sharnirlar yordamida birlashtiriladi. Agar buruvchi xalqa soat millariga teskari yo'nalishda burilsa, tutqichlar, ular bilan birgalikda barcha kuraklar bir xil burchakka, ochilish tomonga buriladi. Suv yo'lini yopish uchun buruvchi halqani soat millari bo'yicha burish lozim. Buruvchi halqani xarakatga keltirish uchun gidravlik servomotorlardan foydalaniladi. Ko'pgina kichik quvvatli gidroturbinalarda bu ishni bajarish uchun qo'lda boshqariladigan moslamalar qo'llaniladi.

8.3. Hidroturbinalarning asosiy parametrlari

Gidroturbinalarning asosiy parameterlariga quyidagilar kiradi: napor H (m), suv sarfi Q (m³/s), quvvat N_i (kVt), val aylanishlari soni n (ayl/min), ishchi g'ildirakning me'yoriy diametri D_l (m), foydali ish koeffitsiyenti η_b , so'rish balandligi N_s (m).

Asosan KGESlarda ishlatiladigan gidroturbinalarning napor, suv sarfi va quvvat qiymatlari bilan ishlash chegaralari ularning yig'ma grafiklarida aks etadi (8.14 – rasm).



8.14 – rasm. Hidroturbinalarning yig'ma grafigi.

Mazkur grafikda gidroturbinalarning maksimal napori 1000 metr ko'rsatilgan, lekin bu chegara emas, chunki Pelton turbinalari 2000 metr naporda ishlashi mumkinligi isbot qilingan. Grafikda bitta tendensiyaning kuzatish mumkin, gidroturbinaning napori qancha katta bo'lsa, suv sarfi shuncha kichik bo'ladi, yoki buning teskarisi bo'lishi mumkin. Masalan, Pelton turbinalarining maksimal suv sarfi 2 m³/s gacha, Kaplan turbinalarining suv sarfi esa 50 m³/s gacha, lekin maksimal napori 60 metrgacha. Bu holatni energiya balansini qonuniyatlaridan kelib chiqib tushuntirish mumkin.

Gidroturbinalarning uchta asosiy parametri - napor, suv sarfi va quvvat qiymatlari ko'rsatkichlari quyidagicha:

Pelton turbinasi: $Q=0,1...2,0$ m³/s;

$N=30...2000$ m; $N=10000$ kVt gacha

Fransis turbinasi: $Q=0,4...25,0$ m³/s;

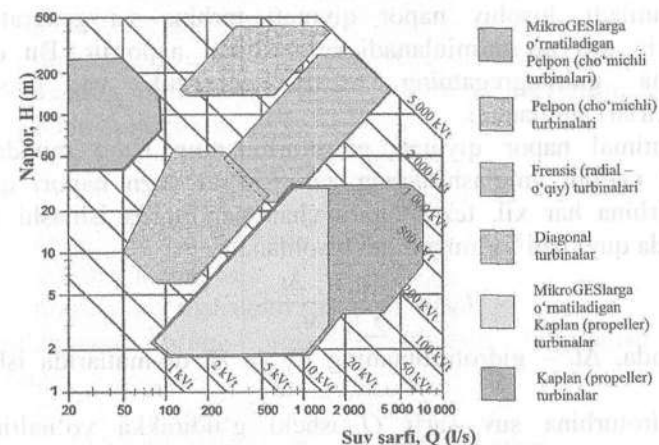
$N=8,0...400$ m; $N=10000$ kVt gacha

Kaplan turbinasi: $Q=0,1...50,0$ m³/s;

$N=3,0...60$ m; $N=10000$ kVt gacha

Banki turbinasi: $Q=0,3...9,0$ m³/s;

$N=3,0...200$ m; $N=1000$ kVt gacha



8.15. KGESlarda qo'llaniladigan gidroturbinalar yig'ma grafigi.

KGESlar uchun jihozlarni ishlab chiqarishga mo'ljallangan Rossiya Federatsiyasidagi "Inset" firmasi tomonidan kichik quvvatli GESlarda (shu jumladan mikroGESlarda) qo'llaniladigan gidroturbinalarning yig'ma grafigi tavsiya etilgan. Grafikda mikro GESlarda foydalanish mumkin bo'lgan gidroturbinalar parametrlari alohida ko'rsatilgan. Masalan, Kaplan gidroturbinalarining suv sarfi 80...7500 l/s bo'lsa, huddi shunday turbinalarning mikroGESlar uchun qiymatlari 80...1600 l/s deb ko'rsatilgan. Lekin shuni ta'kidlash lozimki, mazkur grafik "Inset" firmasida ishlab chiqariladigan gidroturbinalarga xos bo'lib, boshqa mamlakatlardagi shunday gidroturbinalarga deyarli mos keladi.

Yuqorida keltirilgan parametrlarning barchasi bir biriga bog'liq bo'lib, ularni aniqlashda suv manbaining gidrologik ko'rsatkichlari, KGES ish rejimi (quvvati va ishlab chiqariladigan energiya miqdorining vaqt bo'yicha taqsimlanishi) va boshqa faktorlar hisobga olinadi.

Yuqori va pastki b'eflarda suv sathining o'zgarishiga mos ravishda napor qiymatlari ma'lum diapazonda o'zgaradi va ularning orasida quyidagilar e'tiborga molik hisoblanadi: maksimal napor N_{max} , hisobiy napor N_h , minimal napor N_{min} , o'rta vazn napor N_o .

Maksimal napor qiymatidan gidroturbina turini tanlashda foydalaniladi, hisobiy napor qiymati turbina va generatorning me'yoriy quvvati ta'minlanadigan minimal napordir. Bu qiymat bo'yicha gidroagregatning asosiy energetik va geometrik parametrlari aniqlanadi.

Minimal napor qiymati gidroturbinaning uzoq muddatlarda ishlash vaqtini aniqlash uchun zarur, o'rta vazn nabori qiymati gidroturbina har xil, tez o'zgaruvchan naporlarda ishlashi to'g'ri kelganda quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$H_{\text{sp.c}} = \frac{\sum Q_i \cdot H_i \cdot \Delta t_i}{\sum Q_i \cdot \Delta t_i}; \quad (8.1)$$

bunda, Δt_i – gidroturbinaning Q_i va H_i qiymatlarida ishlagan vaqti.

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

Q ning qiymati gidroturbinaning belgilangan quvvatini ta'minlash nuqtai nazaridan o'zgarib turadi va aniqlanadi. Ko'pincha gidroturbina tanlangandan keyin, uning maksimal foydali ko'effitsiyentiga mos keluvchi Q ning qiymati qabul qilinadi.

Agar gidroturbina quvvati N_t ma'lum bo'lsa suv sarfining hisobiy qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$Q_x = \frac{N_m}{9,81 \cdot H_x \cdot \eta_m}, \quad (8.2)$$

Tanlangan gidroturbina uchun suv sarfining hisobiy qiymati keltirilgan suv sarfi qiymati Q' asosida aniqlanadi. Keltirilgan suv sarfi qiymati Q' gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri $D = 1,0$ m, nabori $H = 1,0$ m bo'lgan hollar aniqlanadi va gidroturbina xarakteristikasida beriladi.

$$Q_x = Q' \cdot D_1^2 \cdot \sqrt{H_x} \quad (8.3)$$

Gidroturbinalar geometrik o'lchamlari va massasini belgilovchi asosiy parametrlardan biri ishchi 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. Diagonal turbinalarda D_1 parraklar o'qi bilan ishchi g'ildirak kamerasi diametri kesishgan joy diametriga mos keladi.

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

Mo'ljallanayotgan quvvat N_x ni yoki suv sarfi Q_x ni N_x napor qiymatlarida ta'minlaydigan ishchi g'ildirak diametrini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q}{Q' \cdot \sqrt{H_x}}}; D_1 = \sqrt{\frac{N_x}{9,81 \cdot Q' \cdot \sqrt{H_x}}}; \text{ m} \quad (8.4)$$

Bunda Q' – keltirilgan hisobiy suv sarfi, m³/s

N_x – hisobiy napor, m.

Q – turbinaning maksimal suv sarfi, m³/s.

Turbinaning brutto quvvati quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

$$N = \rho \cdot g \cdot Q_x \cdot H_x \quad (8.5)$$

Bunda ρ, g – suv zichligi va erkin tushish tezligi

Q_x – turbina hisobiy suv sarfi, m³/s.

N_x – turbina hisobiy nabori, m

Turbinaning netto quvvatini quyidagicha hisoblash mumkin

$$N = \rho \cdot g \cdot Q_x \cdot H_x \cdot \eta_T \quad (8.6)$$

Gidroturbinaning foydali ish ko'effitsiyenti η_T quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$\eta_T = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (8.7)$$

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

η_m – mexanik qarshiliklarni yengishga sarf bo'lgan energiyani hisobga oluvchi FIK.

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

Bu qiymatlarning barchasi sinov paytida amalga oshiriladigan o'lchovlar yo'li bilan aniqlanadi.

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

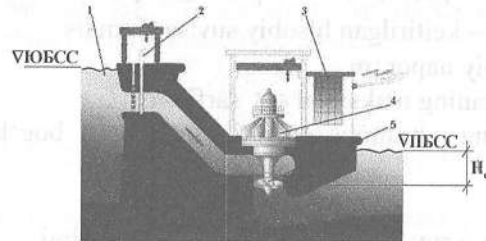
Gidravlik turbinaning aylanish chastotasi uning ishchi g'ildiragi diametri va naboriga bog'liq.

$$n = \frac{n' \cdot \sqrt{H_x}}{D_1}; \text{ ob/min} \quad (8.8)$$

bunda n – turbina aylanish chastotasi, ob/min

n'_1 – aylanish chastotasining hisobiy keltirilgan qiymati, ob/min.

So'rish balandligi N_s gidravlik turbinalarning quyi b'ef sathiga nisbatan joylashish balandligini bildiradi (8.16 – rasm). Gidroturbinalarda N_s qiymatini to'g'ri aniqlash juda muhim, aks holda ishchi g'ildirakda, uning chiqish qismida va so'rish quvurida kavitatsiya hodisasi ro'y berishi mumkin.



8.16 – rasm. Gidroturbinaning so'rish balandligini aniqlash.

1 – suv manbai; 2 – suv darvozasi; 3 – transformator; 4 – generator; 5 – gidroturbina.

Suyuqlik oqimida ko'p sonli havo pufakchalarining paydo bo'lishi natijasida oqim tizimining, butunligining o'zgarishi kavitatsiya hodisasi deyiladi. Havo pufakchalari, asosan suyuqlik oqimidagi bosim pufakchalar ichki bosimidan kam bo'lgan joylarda paydo bo'ladi. Bunday joylar, ko'pincha so'rish quvuri, ishchi g'ildirak, parraklarning chiqish qismida uchraydi. 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 ishchi g'ildirakdan chiqayotganda oqimning bosimi pufakchalar ichki bosimidan oshib ketadi va natijada ular bir zumda yorilib, havo, gazlar kondensatsiyalanadi. Bu paytda yuqori bosimdagi oqim zarrachalari katta tezlik bilan hozirgina deyarli vakuumetrik bosimga ega bo'lgan havo, gazlar egallagan bo'shliqqa intiladi va bir – biri bilan urilib juda katta bosimga ega bo'lgan mikro gidrozarbalarni yuzaga keltiradi. Natijada gidroturbinaning suyuqlik oqish qismida yoriqlar, chuqurchalar, paydo bo'ladi, ya'ni kavitatsion yemirilish yuzaga keladi. Kavitatsiya hodisasi ro'y berganda gidroturbinaning f.i.k. pasayib ketadi, shovqin, titrash alomatlari paydo bo'ladi.

Shu sababli kavitatsiya yuz bermasligi uchun N_s ning hisoblangan qiymatlariga amal qilish kerak. N_s ning qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$H_c \leq 10 - \frac{\sqrt{H_{BCC}}}{900} - \sigma_T \cdot H_x, m \quad (8.9)$$

bunda σ_T – gidroturbinaning kavitatsiya koeffitsiyenti (sinovlar natijasida aniqlanadi va gidroturbina xarakteristikasida keltiriladi), $\sqrt{H_{BCC}}$ – pastki b'ef mutlaq suv sathi, m.

Kavitatsiya hodisasi ro'y bermasligi uchun N_s qiymati (8.9) formula bilan hisoblangan qiymatdan oshib ketmasligi kerak.

8.4. Reaktiv gidroturbinalarning ishchi g'ildiragida suv oqimi 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. Ushbu jarayon har xil konstruksiyaga ega bo'lgan gidroturbinalarda bir biridan farq qilsada, lekin reaktiv turbinalarning ishchi g'ildiraklari uchun umumiy bo'lgan qonuniyatlar mavjud. Misol sifatida ushbu qonuniyatlarni radial – o'qiy va o'qiy gidroturbinalar ishchi g'ildiraklari uchun ko'rib chiqamiz (8.17 – rasm).

Suv oqimi yo'naltiruvchi apparat orqali ishchi g'ildirak parraklariga yo'naltiriladi. Bu harakat punktir chiziqlar bilan tasvirlangan. Parraklarning kirish qismidagi A nuqtani, chiqish qismidagi V nuqtani belgilab olamiz. Ishchi g'ildirak parraklar bo'shlig'idagi ixtiyoriy olingan har bir nuqtada oqim harakati o'ziga xos murakkablikka ega va asosan ikki harakatdan iborat: nisbiy va ko'chma harakat.

Nisbiy harakat – oqim zarrachalarining ishchi g'ildirakka nisbatan harakati, ko'chma harakat (ba'zan uni aylanma harakat deb atashadi) – ishchi g'ildirak va uning parraklarining s burchak tezlik bilan z o'q atrofida aylanish harakatiga aytiladi. Ikkala harakatning vektor yig'indisi mutlaq harakatni tashkil qiladi.

$$\vec{V} = \vec{u} + \vec{\omega} \quad (8.10)$$

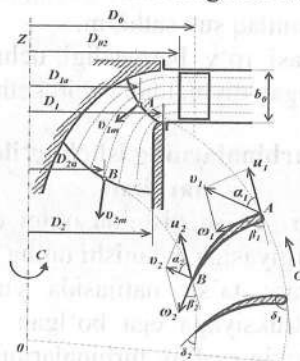
bunda, $\vec{u}$ – ko'chma (aylanma) harakat vektori.

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

Bunday holda uchta harakat orasidagi o'zaro munosabat tezliklar uchburchagi yoki parallelogrami bilan belgilanadi.

Turbinaning ish rejimi (demak uning ishchi g'ildiragidagi oqim harakati) uning suv sarfi Q va val aylanishlar soni n bilan belgilanadi.

Tezliklar parallelogrammlari va uchburchaklari ishchi g'ildirakning aniq o'lchamlari va berilgan n asosida aniqlanadi.



8.17 – rasm. Radial – o'qiy turbinaning ishchi g'ildiragida oqim harakati.

Ko'chma (aylanma) harakat tezligi ko'ra parrakning kirish qismida (A nuqtada) quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$u_1 = \frac{\pi \cdot D_{1a} \cdot n}{60}; \quad (8.11)$$

bunda, n - g'ildirak aylanishlar soni, ob/min.

Parrakning kirish qismida mutlaq harakat tezligi parallelogramm qoidalariga quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$v_1 = v_{1m} + v_{1u} \quad (8.12)$$

bunda, v_{1m} - mutlaq tezlik vektorining meridian tekislikka bo'lgan proyeksiyasi - meridian tuzuvchi tezlik deyiladi.

v_{1u} - aylanma tuzuvchi tezlik.

v_{1m} - qiymatini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin.

$$v_{1m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{1a} \cdot b_a} \quad (8.13)$$

bunda b_a - parraklarga kirish qismi balandligi.

v_{1u} qiymati yo'naltiruvchi apparatdan oqimning chiqish sharoitiga bog'liq va quyidagicha aniqlanadi

$$v_{1u} = v_{0u} \frac{D_{02}}{D_{1a}}; \quad (8.14)$$

bunda v_{0u} - yo'naltiruvchi apparatdan chiqishdagi aylanma tezlik.

$$v_{0u} = v_0 \cdot \cos \alpha_0 \quad (8.15)$$

$$\text{bunda, } v_0 = \frac{Q}{\pi \cdot D_0 \cdot b_0 \cdot \sin \alpha_0}; \quad (8.16)$$

b_0 - yo'naltiruvchi apparat balandligi

α_0 - yo'naltiruvchi apparatning chiqish burchagi

(8.12) va (8.13)lar bo'yicha tezliklar parallelogrammi yoki uchburchagini qurib ω_1 qiymatini aniqlash mumkin.

Ishchi g'ildirak parraklaridan chiqish qismida (V nuqtada) ko'chma tezlik qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$u_2 = \frac{\pi \cdot D_{2a} \cdot n}{60}; \quad (8.17)$$

8.17 - rasmdan ko'rinib turibdiki, parrakdagi nuqtaga urinma bilan ushbu nuqta joylashgan aylanma urinmasi orasidagi burchak δ_2 nisbiy va ko'chma tezliklar yo'nalishlari orasidagi burchakka taxminan teng, ya'ni $\beta_2 = \delta_2$ deb qabul qilish mumkin, chunki nisbiy tezlik yo'nalishi parraklarga berilgan o'rinma yo'nalishiga mos keladi. Demak, parrakdan chiqishdagi nisbiy tezlik qiymatini quyidagi formula bilan aniqlashimiz mumkin.

$$\omega_2 = \frac{v_{2m}}{\sin \delta_2}; \quad (8.18)$$

bunda v_{2m} qiymati quyidagi bog'lanish yordamida aniqlanadi

$$v_{2m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{2v} \cdot b_v}$$

bunda b_v - parraklardan chiqish qismi balandligi.

O'qiy turbinalarning ishchi g'ildiragida suv oqimi shakli silindrik shaklga o'xshash bo'ladi (8.18 - rasm).

Bu holda, $D_{1a} = D_{2v} = D_h$ - hisobiy diametr.

$$D_x = \sqrt{0,5(D_1^2 - d_{em}^2)}; \quad (8.19)$$

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

$$u_1 = u_2 = u = \pi \cdot D_x \cdot n / 60 \quad (8.20)$$

(8.13) dan ko'rib turibdiki, o'qiy turbinalarda $D_{1a} = D_{2v}$, bo'lganligi uchun

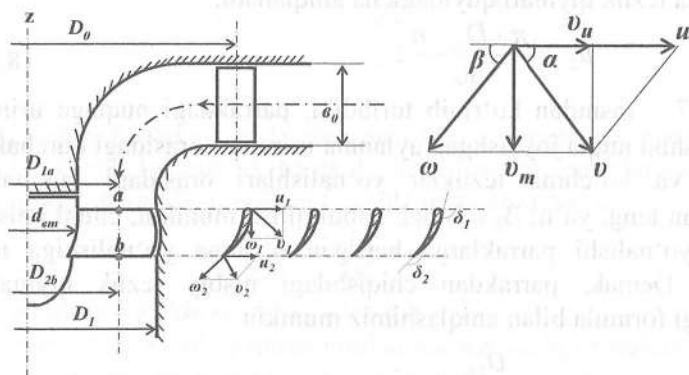
$$v_{1m} = v_{2m} = v_m = \frac{4Q}{\pi(D_1^2 - d_{em}^2)}; \quad (8.21)$$

bunda, D_1 - ishchi g'ildirak diametri, d_{vt} - vtulka diametri.

Parraklarga kirishdagi mutlaq tezlik quyidagi vektor yig'indisi bilan aniqlanadi, ya'ni $v_1 = v_{1m} + v_{1n}$

v_{1n} qiymati (8.13, 8.14, 8.15) formulalari orqali aniqlanadi. Parraklardan chiqishdagi mutlaq tezlik qiymati $v_2 = u_2 + \omega_2$ formulasi bilan hisoblanadi, bunda ω_2 qiymati (8.18) asosida aniqlanadi.

Gidroturbina ishchi g'ildiragidagi oqim harakatining yuqorida keltirilgan nazariy asoslari quyidagi xulosalarni beradi.



8.18 – rasm. O'qiy gidroturbina ishchi g'ildiragida oqim harakati.

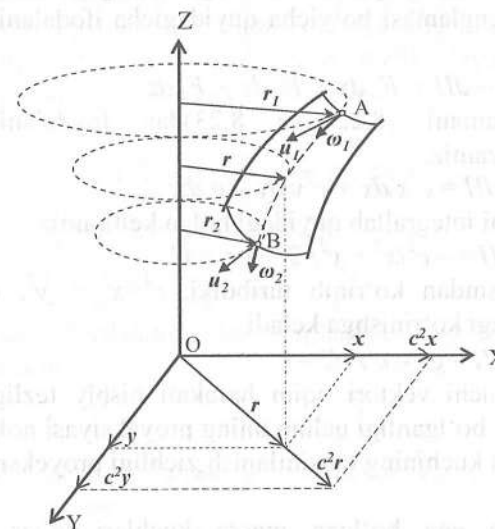
1. Ishchi g'ildirak parraklariga suv oqimining ravon kirib kelishi uchun parrakga kirish nuqtalarida $\beta_1 = \delta_1$ tenglikka erishish lozim.

2. Suv oqimi ishchi g'ildirakdan chiqishda $\alpha_2 < 900$ bo'lsa, ishchi g'ildirak yo'nalishi bo'yicha aylanadi, $\alpha_2 > 900$ bo'lgan holda teskari yo'nalishda aylanadi, faqat $\alpha_2 = 900$ bo'lganda oqim sirkulyatsiyasi nolga teng bo'ladi, ya'ni oqimning ishchi g'ildirakdan chiqishi uchun optimal rejim yuzaga keladi. Shu sababli parraklarni shunday loyihalash kerakki, ularga oqimning kirishida β_1

$= \delta_1$, chiqishida $\alpha_2 = 900$ ta'minlansin, ushbu talablarning bajarilishi oqimning parraklariga kirib kelishini zarbasiz, ravon bo'lishi, parraklardan chiqish qulay, me'yorda bo'lishi uchun real sharoit yaratadi.

8.5. Hidroturbinalarning asosiy tenglamasi

Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasini Bernulli tenglamasidan foydalanilgan holda keltirib chiqaramiz. Buning uchun ishchi g'ildirak parraklari oralig'idan oqayotgan suyuqlikka ta'sir qilayotgan massa kuchlari bilan bog'lanishda bo'lgan potensial funksiyani (P) aniqlaymiz. 8.19 – rasmda n aylanishlar chastotasi bilan aylanayotgan reaktiv gidroturbina ishchi g'ildiragidagi oqim harakati uch o'lchamli koordinatalar tizimida tasvirlangan.



8.19 – rasm. Hidroturbina asosiy tenglamasiga oid.

Ishchi g'ildirak parragi kirish qismidagi A nuqtadan chiqish qismidagi B nuqtaga harakat qilayotgan elementar oqimchani qarab chiqamiz. G'ildirak O – Z o'qi atrofida s doimiy burchak tezlik bilan aylanadi, O – X va O – Y o'qlari ishchi g'ildirak bilan aylanadi. Oqimchanning nisbiy tezligini ushbu aylanayotgan koordinatalar

tizimiga nisbatan ω deb belgilaymiz Bunday holda suyuqlikka quyidagi kuchlar ta'sir qiladi: og'irlik kuchi, aylanma harakat inersiya kuchi, inersiyani korolis kuchi.

Massa birligiga nisbatan olingan og'irlik kuchining proyeksiyalari tabiiy holda $\theta - X$ va $\theta - Y$ o'qlarida nolga teng, $\theta - Z$ o'qi bo'yicha erkin tushish tezlanishi bilan ifodalanadi.

$$F_x = F_y = 0; F_z = -g \quad (8.22)$$

Massa birligiga nisbatan olingan inersiyani markazdan qochma kuchi $s^2 r$ qiymatga teng (r - ko'rib chiqilayotgan nuqta bilan aylanish o'qi orasidagi masofa). Uning proyeksiyalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$F_x = c^2 x; F_y = c^2 y; F_z = 0; \quad (8.23)$$

Bizga ma'lumki, potensialga ega bo'lgan massa kuchlari I.S.Gromeka tenglamasi bo'yicha quyidagicha ifodalanishi mumkin [16].

$$-d\Pi = F_x dx + F_y dy + F_z dz; \quad (8.24)$$

Bu tenglamani (8.22 va 8.23)dan foydalanib shunday ko'rinishda yozamiz.

$$d\Pi = c^2 x dx + c^2 y dy - g dz; \quad (8.25)$$

Tenglamani integrallab quyidagi holga keltiramiz:

$$\Pi = -c^2(x^2 + y^2)/2 + gz + C \quad (8.26)$$

8.19 - rasmdan ko'rinib turibdiki, $r^2 = x^2 + y^2$, unda (8.26) formula quyidagi ko'rinishga keladi

$$\Pi = gz - c^2 r^2/2 + C \quad (8.27)$$

Korolis kuchi vektori oqim harakati nisbiy tezligi vektoriga perpendikulyar bo'lganligi uchun uning proyeksiyasi nolga teng, shu sababli korolis kuchining taqsimlanish zichligi proyeksiyasi mavjud emas.

Potensialga ega bo'lgan massa kuchlari ta'sir qilayotgan, siqilmaydigan, yopishqoq bo'lmagan suyuqlikning harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi [16].

$$\Pi + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} = const \quad (8.28)$$

Unda biz qarab chiqayotgan oqim harakati uchun (8.27) ni hisobga olib Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi

$$gz + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{c^2 r^2}{2} = const \quad (8.29)$$

Bizga ma'lumki aylanma tezlik qiymati $c \cdot r = u$ ifoda bilan aniqlanadi.

Unda (8.29) qiymatini quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin

$$gz + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{u^2}{2} = const$$

Bunday holda A va V nuqtalari joylashgan kesimlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} \quad (8.30)$$

Bu formulani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - z_2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}; \quad (8.31)$$

Yuqoridagi tenglama nisbiy va aylanma (ko'chma) tezliklar o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan energiya o'zgarishini ifodalaydi. Bundan tashqari bizga ma'lumki, mutlaq tezlik o'zgarishini hisobga oluvchi tenglama yuqoridagi kesimlar uchun quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E_1 - E_2 = \frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\rho g} - z_2 - \frac{v_2^2}{2g}; \quad (8.32)$$

bunda $E_1 - E_2 = H$ bo'lganligi uchun

$$H = \frac{P_1}{\rho g} + z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - z_2 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}; \quad (8.33)$$

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

$$H = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}; \quad (8.34)$$

bunda H - ishchi g'ildirakdagi solishtirma energiyalar farqi yoki turbinaning to'la nabori.

Yuqorida ta'kidlanganidek olingan natija (8.34) suyuqlikning yopishqoq bo'lmagan ideal harakati uchun to'g'ridir, agar buni real suyuqlik uchun oladigan bo'lsak, unda A va V nuqtalar orasidagi yo'qoladigan energiyani hisobga olish zarur va ushbu hol uchun (8.34) quyidagicha yoziladi.

$$H \cdot \eta_g = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (8.35)$$

bunda η_g - gidravlik foydali ish koeffitsiyenti

Bizga ma'lumki tezliklar uchburchagi kosinuslar teoremasi bo'yicha

$$\omega^2 = u^2 + v^2 - 2u \cdot v \cdot \cos \alpha \quad (8.36)$$

Bu holda (8.35) quyidagi ko'rinishga keladi

$$H \cdot \eta_s = \frac{1}{g} (u_1 \cdot v_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha_2) \quad (8.37)$$

Bu tenglama *gidroturbinalarning asosiy tenglamasi* yoki *Eyler tenglamasi* deb ataladi.

Tenglamaning chap tomoni suv oqimining ishchi g'ildirakka berayotgan energiyasini aks ettirsa, o'ng tomoni esa uning kinematik parametrlarini bildiradi. Bundan xulosa qilib aytish mumkinki, gidroturbinalarning asosiy tenglamasi suv oqimining energetik va kinematik parametrlari orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

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 mutlaq va nisbiy tezliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Bu holat o'qiy turbinalarda napor katta bo'lishi mumkin emasligidan dalolat beradi, chunki mutlaq va nisbiy tezliklar oshishi napor yo'qolishining oshishiga olib keladi. Aylanma tezliklar u_1 va u_2 orasidagi farqning oshishi napor qiymatining oshishiga olib keladi.

Shu sababli yuqori naporli gidroturbinalarda D_1/D_2 nisbati boshqalarga nisbatan katta bo'ladi.

8.6. Gidroturbinalarni modellashtirish. Gidroturbinalar o'xshashligi mezonlari

Hozirgi zamon gidroturbinalari yirik o'lchamlarga ega, masalan ularning ishchi g'ildiragi diametrlari 10...12 metrgacha yetadi. KGESlarda o'rnatiladigan gidroturbinalar ishchi g'ildiragi diametri ba'zi hollarda 2,0...3,0 metrgacha bo'lishi mumkin. Gidroturbinalar o'lchamlarini aniqlash uchun nazariy tadqiqotlar va hisoblar natijalari yetarli emas. Shu sababli gidroenergetik mashinalarni loyihalashda modellardagi tajribaviy tadqiqotlarda olingan natijalar haqiqiy gidromashinaning o'lchamlarini aniqlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Buni amalga oshirish uchun o'xshashlik nazariyasiga asoslangan modellashtirish qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Modellashtirish usullari gidroturbinalarda sodir bo'ladigan deyarli barcha jarayonlarni o'rganishga imkon beradi. Modellarda olingan natijalarni tabiiy holatdagi gidroturbinalarga ko'chirish uchun uchta shartni bajarish talab qilinadi.

Bu shartlar suyuqlik oqimida sodir bo'ladigan mexanik jarayonlar o'xshashligi nazariyasidan kelib chiqadi va quyidagicha ifodalanadi.

Geometrik o'xshashlik sharti. Bu shartni bajarish uchun gidroturbina suv oqish qismi barcha elementlarining geometrik o'lchamlari uning modelidagi shunday o'lchamlariga proporsional bo'lishi talab qilinadi. Bunda ikkala taqqoslanayotgan gidroturbinalar suv oqish qismining g'adir - budirlik koeffitsiyenti teng bo'lishi zarur. Geometrik o'xshashlik miqyosi (ko'lami) sifatida haqiqiy (tabiiy) turbina ishchi g'ildiragi diametrining model turbina ishchi g'ildiragi diametriga nisbati qabul qilinadi, ya'ni

$$\lambda = \frac{D_1^x}{D_1^m}; \quad (8.38)$$

Kinematik o'xshashlik sharti. Bu shartning bajarilish talabi shundan iboratki, turbina va uning modeli suv oqish traktining mos nuqtalardagi bir xil nomdagi tezliklar vektori (8.17 va 8.18 - rasmlarga qarang) bitta yo'nalishga va proporsional qiymatlarga ega, ya'ni shu nuqtalarda tezliklar nisbati bir xil bo'lishi kerak.

$$\frac{v_x}{v_m} = \frac{\omega_x}{\omega_m} = \frac{u_x}{u_m} = \text{const} \quad (8.39)$$

Yuqorida keltirilgan talablar bajariladigan rejimlar izogonal rejimlar deb ataladi.

Dinamik o'xshashlik sharti. Bu shartning bajarilishi uchun geometrik o'xshash bo'lgan turbina va modeldagi izogonal rejimlarda mos nuqtalarga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning proporsional qiymatlarga ega bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun quyidagi mezoniy sonlar teng bo'lishi kerak.

a) ishqalanish kuchlari uchun Reynolds soni

$$Re = v \cdot D_1 / \gamma \quad (8.40)$$

bunda, v - 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

$$Fr = v^2 / g \cdot D_1 \quad (8.41)$$

v) bosim kuchi uchun Eyler soni

$$Eu = \Delta P / \rho \cdot v^2 \quad (8.42)$$

bunda, ΔP – bosimning o'zgarish qiymati.

g) inersiya kuchi uchun Struxal soni

$$St = v / n \cdot D_1 \quad (8.43)$$

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

Yuqorida keltirilgan sonlarning gidro-turbinalar uchun qanday ifodalanishini ko'rib chiqamiz.

Reynolds soni teng bo'lishi uchun oqimda ishqalanish va inersiya kuchlarining proporsionalligi ta'minlanishi kerak. Agar bunda gidroturbina naporini hisobga olsak,

$$Re = \frac{D_1 \cdot \sqrt{H}}{\gamma} \quad (8.44)$$

Demak, Re ni hisobga olish H ni va napor yo'qolish qiymatlarini modellashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Frud sonlarining tengligi og'irlik va inersiya kuchlarining proporsionalligi bilan ta'minlanadi. Bunga amal qilish reaktiv turbinalarda og'irlik kuchi asosiy hisoblangan suv oqimi rejimlarini tadqiq qilishda bajariladi.

$$Fr = \frac{H}{D_1 \cdot g}; \quad (8.45)$$

Struxal soni asosan gidrotur-binalardagi noturg'un ish rejimlarini, o'tkinchi jarayonlarni tadqiq qilishda asosiy hisoblanadi. Struxal sonlarini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$St = \frac{\sqrt{H \cdot g}}{n \cdot D_1}; \quad (8.46)$$

Eyler sonlarining tengligini ta'minlash uchun bosim va inersiya kuchlarining proporsionalligiga erishish kerak.

Eyler sonini quyidagicha hisoblash mumkin;

$$Eu = \frac{g \cdot H \cdot D_1^2}{Q^2} \quad (8.47)$$

Agar Re va St sonlarining tengligi gidroturbina va uning modelidagi oqimlarda ta'minlansa, unda Eu soni tengligi ham ta'minlanadi.

8.7. Gidroturbinalar ish rejimlarining o'xshashligi tenglamalari. Gidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari

Gidroturbinalar o'lchamlarining o'zgarishi ularning asosiy tavsifiy ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qilishini o'xshashlik tenglamalari yordamida qiyoslash mumkin. O'xshashlik tenglamalari geometrik, kinematik, gidrodinamik o'xshashlik shartlarining bajarilishi natijasida kelib chiqadi.

Ishchi g'ildiragi diametrlari D_1^x va D_1^y 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 (8.17 va 8.18 – rasmlar).

$$\frac{u_1^x}{u_1^y} = \frac{v_1^x}{v_1^y} = \frac{\omega_1^x}{\omega_1^y} = \frac{u_2^x}{u_2^y} = \frac{v_2^x}{v_2^y} = \frac{\omega_2^x}{\omega_2^y} \dots; \quad (8.48)$$

$$\alpha_1^x = \alpha_2^y; \beta_1^x = \beta_1^y; \quad (8.49)$$

$$\alpha_2^x = \alpha_2^y; \beta_2^x = \beta_2^y;$$

Bunda harflardagi x va y belgilar taqqoslanayotgan haqiqiy va model turbinalarning mos belgilaridir. Bizga ma'lumki (8.20) formula bo'yicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{u_1^x}{u_1^y} = \frac{\pi \cdot D_1^x \cdot n_1^x}{\pi \cdot D_1^y \cdot n_1^y} = \frac{D_1^x \cdot n_1^x}{D_1^y \cdot n_1^y}; \quad (8.50)$$

Mutlaq tezliklar nisbatini tezliklar parallelogrammidan foydalangan holda quyidagi bog'lanish orqali aniqlaymiz.

$$v = v_m / \sin \alpha \quad (8.51)$$

Unda tezliklar nisbati quyidagiga ega bo'ladi.

$$\frac{v^x}{v^y} = \frac{v_m^x / \sin \alpha^x}{v_m^y / \sin \alpha^y} = \frac{v_m^x}{v_m^y} \cdot \frac{\sin \alpha^y}{\sin \alpha^x} = \frac{Q^x / \pi \cdot D_1^x \cdot b^x}{Q^y / \pi \cdot D_1^y \cdot b^y} = \frac{Q^x \cdot D_1^x \cdot b^x}{Q^y \cdot D_1^y \cdot b^y}; \quad (8.52)$$

Gidroturbinalar geometrik o'xshash bo'lganligi uchun

$$b^x / b^y = D_1^x / D_1^y$$

U holda (8.52) ni shunday yozishimiz mumkin.

$$\frac{v^x}{v^y} = \frac{Q^x(D_1^x)^2}{Q^y(D_1^y)^2}; \quad (8.53)$$

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

$$\frac{u^x}{u^y} = \frac{v^x}{v^y} = \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y} = \frac{Q^x(D_1^x)^2}{Q^y(D_1^y)^2}; \text{ yoki} \quad (8.54)$$

$$\frac{Q^x}{n^x(D_1^x)^3} = \frac{Q^y}{n^y(D_1^y)^3};$$

Bu bog'lanishni umumlashtirib quyidagi holga keltiramiz.

$$\frac{Q}{n \cdot D_1^3} = \text{const} \quad (8.55)$$

Endi gidroturbinalar naporlari orasidagi o'zgarishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun (8.37) da berilgan Eyler formulasidan foydalanamiz.

Taqqoslanayotgan gidroturbinalar uchun bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz.

$$H^x \cdot \eta_z^x = \frac{1}{g} (u_1^x \cdot v_1^x \cdot \cos \alpha_1^x - u_2^x v_2^x \cdot \cos \alpha_2^x) \quad (8.56)$$

$$H^y \cdot \eta_z^y = \frac{1}{g} (u_1^y \cdot v_1^y \cdot \cos \alpha_1^y - u_2^y v_2^y \cdot \cos \alpha_2^y) \quad (8.57)$$

(8.48), (8.49) va (8.50) bo'yicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{u_1^x}{u_1^y} = \frac{v_1^x}{v_1^y} = \frac{u_2^x}{u_2^y} = \frac{v_2^x}{v_2^y} = \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y}; \alpha_1^x = \alpha_1^y; \alpha_2^x = \alpha_2^y;$$

Demak,

$$\cos \alpha_1^x = \cos \alpha_1^y; \cos \alpha_2^x = \cos \alpha_2^y;$$

Bunday holda tezliklar qiymati,

$$u_1^x = u_1^y \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y}; u_2^x = u_2^y \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y};$$

$$v_1^x = v_1^y \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y}; v_2^x = v_2^y \frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y};$$

Olingan qiymatlarni (8.56) ning o'ng tomoniga joy - joyiga qo'yamiz.

Unda

$$H^x \cdot \eta_z^x = \frac{1}{g} \left(\frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y} \right)^2 (u_1^y \cdot v_1^y \cdot \cos \alpha_1^y - u_2^y \cdot v_2^y \cdot \cos \alpha_2^y) \quad (8.58)$$

(8.50) ni (8.49)ga bo'lamiz

$$\frac{H^x \eta_z^x}{H^y \eta_z^y} = \left(\frac{D_1^x \cdot n^x}{D_1^y \cdot n^y} \right)^2 \quad (8.59)$$

Bundan aylanishlar chastotalari nisbatini oladigan bo'lsa.

$$\frac{n^x}{n^y} = \frac{D_1^y}{D_1^x} \sqrt{\frac{H^x \cdot \eta_z^x}{H^y \cdot \eta_z^y}} \quad (8.60)$$

(8.55) va (8.60) lardan foydalanib Q^x/Q^y ni aniqlash mumkin.

$$\frac{Q^x}{Q^y} = \left(\frac{D_1^x}{D_1^y} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{H^x \cdot \eta_z^x}{H^y \cdot \eta_z^y}} \quad (8.61)$$

Gidroturbinalar quvvatlari nisbatini $N = 9,81 Q \cdot H \cdot \eta$ formulasi va (8.61) dan foydalanib quyidagicha qilib yozish mumkin.

$$\frac{N^x}{N^y} = \left(\frac{D_1^x}{D_1^y} \right)^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{H^x \cdot \eta_z^x}{H^y \cdot \eta_z^y} \right)^3} \quad (8.62)$$

(8.60), (8.61) va (8.62) 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 napor $H = 1,0$ m va ishchi g'ildirak diametri $D_1 = 1,0$ m qabul qilinadi va gidroturbinaning boshqa ko'rsatkichlari Q va n shu holatga nisbatan keltirilgan deb hisoblanadi, ya'ni n_1 - keltirilgan aylanishlar chastotasi, Q_1 - keltirilgan suv sarfi. Gidroturbinalar f.i.k. qiymatlari o'zgarmaydi deb faraz qilib, (8.60) va (8.61) dan foydalangan holda quyidagi bog'lanishlarga ega bo'lamiz

$$\frac{n_1^x}{n_1^y} = \frac{D_1^y}{D_1^x} \sqrt{\frac{1}{H}} \frac{Q_1^x}{Q_1^y} = \left(\frac{1}{D_1^x} \right)^2 \sqrt{\frac{1}{H}}; \quad (8.63)$$

(8.63) dan keltirilgan aylanishlar chastotasini va suv sarfini aniqlashimiz mumkin

$$n_1^x = \frac{n \cdot D_1}{\sqrt{H}}; \quad (8.64)$$

$$Q_1^x = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (8.65)$$

Gidroturbina quvvatining keltirilgan qiymatini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$N'_1 = \frac{N}{D_1^2 \cdot \sqrt{H^3}}; \quad (8.66)$$

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 ob/min, suv sarfi uchun m^3/s , quvvat 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 1 m napor qiymatidagi aylanishlar sonini bildiradi va quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$n_s = 3,65 \cdot n' \sqrt{Q'} \quad (8.67)$$

Ushbu formulada f.i.k. qiymati o'zgarishi hisobga olinmagan.

KGESlarning tezkorlik koeffitsiyenti bo'yicha parametrlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

KGESlarning tezkorlik koeffitsiyenti bo'yicha parametrlari

8.1 – jadval

Ishchi g'ildirak turi	Napor, N, m	Tezkorlik koeffitsiyenti n_s		
		Tez yuruvchi	O'rtacha yuruvchi	Sekin yuruvchi
O'qiy Diagonal	3...0	1200.0	650...00	450...00
Radial-o'qiy	30...150	700...500	350...250	250...200
Cho'michli	45...200	450...250	250...150	150...70
	200...400	60...45	25...15	12...8

8.8. 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 rejimlarda mos bo'lgan kerakli parametrlarni aks ettirgan xarakteristikalarda beriladi.

Yuqorida ta'kidlanganidek gidroturbinaning asosiy parametrlari Q , N va η asosan uning geometrik, kinematik, gidravlik faktorlari bilan belgilanadi. Masalan, gidroturbina suv sarfi bilan uni

belgilovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan parametrlar orasidagi funksional bog'lanishni shunday ifodalash mumkin.

$$Q = f(D_1, a_0, H, N) \quad (8.68)$$

Huddi shuningdek N va η uchun mos bog'lanishni keltirish mumkin.

$$N = f(D_1, a_0, H, n); \eta = f(D_1, a_0, H, n) \quad (8.69)$$

Buriluvchi parrakli turbinalar uchun asosiy ko'rsatkichlarni belgilovchi to'rtta parametr yoniga yana bitta, ya'ni parraklarning burilishi (o'rnatilishi) burchagi ϕ xam qo'shiladi.

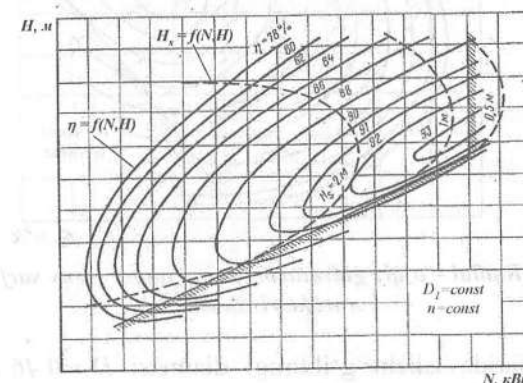
$$Q, N, \eta = f(D_1, a_0, H, n, \phi) \quad (8.70)$$

Yuqorida keltirilgan bog'lanishlarning grafik holda tasvirlanishi *gidroturbina 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.

Xarakteristikalar asosan ikki shaklda: universal va chiziqli shakllarda quriladi.

Universal xarakteristikalar ikkita o'zgaruvchi parametr ga ega bo'ladi va bu parametrlarning yana ikkita o'zgarmas parametrlarga bog'liqligini aks ettiradi. Masalan, napor – quvvat universal xarakteristikasi berilgan o'zgarmas D_1 va n qiymatlarida o'zgaruvchan napor, quvvat qiymatlari koordinatalarida quriladi (8.20 – rasm).



8.20 – rasm. Radial – o'qiy gidroturbinaning napor – quvvat universal xarakteristikasi.

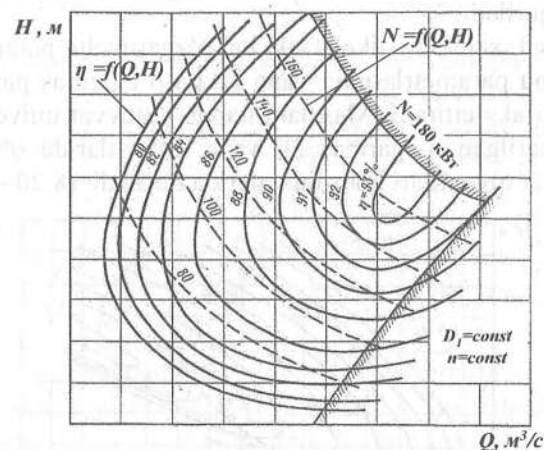
Bu xarakteristikalarni ekspluatatsiya xarakteristikasi ham deb atashadi va ular quyidagi ravishda ifodalanadi

$$\eta = f(N, H); H_s = f(N, H); (D_1 \text{ va } n = \text{const}).$$

Xarakteristikada gidroturbinaning ishlash zonasi chegaralari punktir chiziq bilan ko'rsatilgan. Pastki punktir chiziq yo'naltiruvchi apparatning maksimal ochilish darajasiga, yuqoridagi vertikal punktir chiziq generatorning me'yoriy quvvatiga mos keladi.

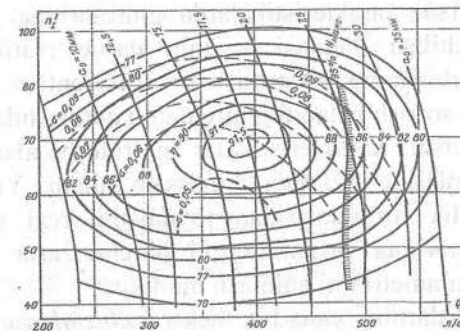
Huddi shunga o'xshash napor – suv sarfi universal xarakteristikasi ham qo'llaniladi, bu xarakteristikada quvvat va f.i.k. izochiziqlari D_1 va $n = \text{const}$ bo'lgan hollar uchun beriladi (8.21 – rasm).

Loyihalash ishlarida va gidroturbinaning ekspluatatsion ish rejimlarini hisoblashda bosh universal xarakteristikadan keng foydalaniladi. Bu xarakteristika $D_1 = 1,0 \text{ m}$ va $N = 1,0 \text{ m}$ qiymatlari uchun keltirilgan aylanishlar soni va suv sarfi va koordinatalarida model turbina tadqiqotlari natijalari asosida quriladi.



8.21 – rasm. Radial – o'qiy gidroturbinaning napor – suv sarfi universal xarakteristikasi.

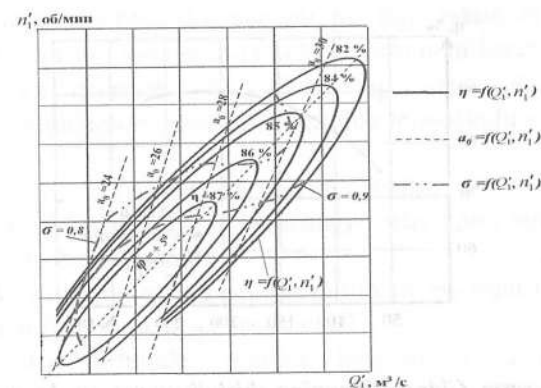
Misol sifatida ishchi g'ildiragi diametri $D_1 = 0,46 \text{ m}$ bo'lgan radial - o'qiy gidroturbinaning modelida olingan bosh universal xarakteristikani keltirish mumkin (8.22 – rasm).



8.22 – rasm. Radial – o'qiy gidroturbinaning bosh universal xarakteristikasi.

Bosh universal xarakteristikada gidroturbina maksimal quvvatining 95 %lik chizig'i ko'rsatilgan. Ushbu chiziqdan o'ng tomonda gidroturbinaning ishlashi tavsiya etilmaydi.

O'qiy gidroturbinalarning bosh universal xarakteristikasida parametrlardan yana biri – parraklarning burilish burchaklari φ ham ko'rsatiladi. Agar o'qiy turbina propeller bo'lsa, ya'ni burchaklari burilmaydigan bo'lsa, unda uning faqat bitta o'rnatilgan burchagi ko'rsatiladi (8.23 – rasm).



8.23 – rasm. O'qiy (propeller) gidroturbinaning bosh universal xarakteristikasi.

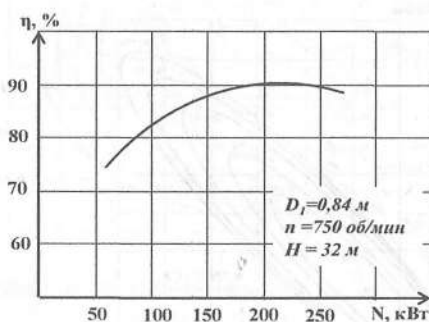
Bosh universal xarakteristikalarda gidroturbina yo'naltiruvchi apparatining ochilish darajasi a_0 mm da ko'rsatilgan. Bundan tashqari gidroturbinaning kavitatsiya koeffitsiyenti σ ham berilgan. Bu koeffitsiyent so'rish balandligi qiymatini aniqlashda qo'llaniladi.

Bosh universal xarakteristikalar gidroturbinaning deyarli barcha xususiyatlarini o'zlarida mujassam qiladi. Yuqorida keltirilgan o'xshashlik formulalaridan foydalanib real sharoit uchun tanlangan gidroturbina rusumiga oid barcha zarur loyihaviy va ekspluatatsion parametrlarni aniqlash mumkin.

Xarakteristikalarining yana bir shakli – *chiziqli xarakteristikalar* gidroturbinaning ikkita parametri orasidagi bog'liqlikni aks ettiradi va ushbu parametrlarning birining nomi bilan ataladi. Xarakteristikalarda qolgan uchta parametr o'zgarmas bo'ladi.

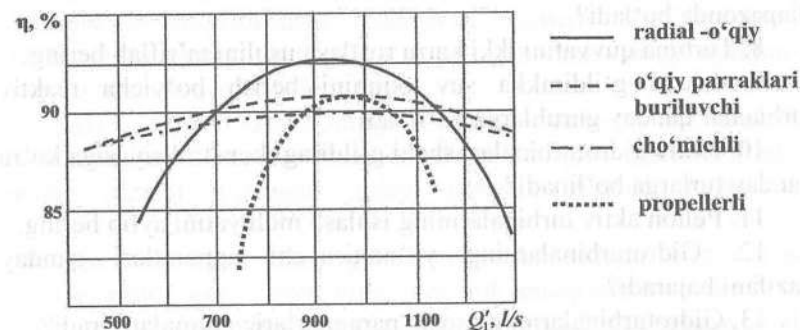
Masalan, gidroturbinaning chiziqli quvvat xarakteristikasi f.i.k bilan quvvat qiymatlari orasidagi bog'lanishni ko'rsatadi va shunday ifodalanadi, $\eta = f(N)$ $D_1, n, H = \text{const}$ bo'lganda (8.24 – rasm).

Huddi shuningdek, boshqa chiziqli xarakteristikalar ham qurilishi mumkin, masalan, $N = f(n)$ $D_1, a_0, H = \text{const}$ bo'lganda yoki $H = f(Q)$ $D_1, a_0, n = \text{const}$ bo'lganda. Ekspluatatsiya sharoitida ishchi xarakteristikalar deb ataladigan $\eta = f(N)$ va $\eta = f(Q)$ grafiklaridan ko'p foydalaniladi. Masalan, gidroturbinalar turlarini taqqoslash uchun $\eta = f(Q)$ xarakteristikasi quriladi (8.25 – rasm).



8.24 – rasm. Gidroturbinaning chiziqli quvvat xarakteristikasi.

Xarakteristikadan ko'rinib turibdiki, parraklari buriluvchi o'qiy va cho'michli turbinalar suv sarfi bo'yicha keng diapazonda ishlashi mumkin, chunki bu turbinalarda suv sarfini rostlash bevosita ishchi g'ildirakka ta'sir orqali amalga oshiriladi.



8.25 – rasm. Gidroturbinaning ishchi xarakteristikalari.

Xarakteristikadan ko'rinib turibdiki, parraklari buriluvchi o'qiy va cho'michli turbinalar suv sarfi bo'yicha keng diapazonda ishlashi mumkin, chunki bu turbinalarda suv sarfini rostlash bevosita ishchi g'ildirakka ta'sir orqali amalga oshiriladi. Radial – o'qiy va propellerli gidroturbinalar f.i.k. ning yuqori qiymatlariga mos keluvchi ish diapazoni ancha kichik, shu sababli bu turbinaning quvvat va napor qiymatlari tor zonaga mos keladi. Umuman barcha turbinalar ish zonasi f.i.k. qiymatlari bo'yicha $0.7 \cdot \eta_{\max}$ dan $1.3 \cdot \eta_{\max}$ ga mos keluvchi chegaradan chiqmasligi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Takrorlash uchun savollar

1. Gidroturbinaning qanday asosiy sinfiy guruhlari bor va ular nimaga asoslanib aniqlanadi?
2. Reaktiv turbinaning ishlash mohiyati suv oqimining qanday energiyasidan foydalanishga asoslangan?
3. Reaktiv turbinalar qanday belgilar bo'yicha sinflarga bo'linadi?
4. Qanday gidroturbinalar o'qiy gidroturbinalar deb ataladi?

5. Gidroturbinalarda asosiy ishni, ya'ni energiyani bir turdan ikkinchi turga o'zgartiruvchi asosiy organ nima deb ataladi?

6. Agar ish davomida gidroturbina ko'rsatkichlarini o'zgartirish zarur bo'lsa bu qanday amalga oshiriladi?

7. Reaktiv turbinalarning ishchi g'ildiraklari diametri qanday diapazonda bo'ladi?

8. Turbina quvvatini ikki karra rostlash usulini ta'riflab bering.

9. Ishchi g'ildirakka suv oqimini berish bo'yicha reaktiv turbinalar qanday guruhlariga bo'linadi?

10. Aktiv gidroturbinalar ishchi g'ildiragi konstruksiyasiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?

11. Pelton aktiv turbinalarining ishlash mohiyatini aytib bering.

12. Gidroturbinalarning yo'naltiruvchi apparatlari qanday vazifani bajaradi?

13. Gidroturbinalarning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?

14. Reaktiv gidroturbinalarning ishchi g'ildiragida oqim harakatini ta'riflab bering.

15. Reaktiv gidroturbinalarning asosiy tenglamasi nimani o'zida aks ettiradi?

16. Gidroturbinalarni modelashtirish qanday maqsadni ko'zlaydi?

17. Gidroturbinalarni modelashtirishda qanday shartlarni bajarish talab qilinadi?

18. Gidroturbinaning tezkorlik koeffitsiyenti nimani anglatadi va qanday aniqlanadi?

19. Gidroturbinalar xarakteristikalarini deb nimaga aytiladi?

20. Gidroturbinalar xarakteristika-larining qanday turlari mavjud?

IX - BOB.

KGESLARNING ELEKTROENERGETIK JIHOZLARI, ULARNING TARKIBI, TURLARI VA PARAMETRLARI

KGESlarning elektr qismi gidroturbina bilan bog'langan elektr mashina va transformator, energiyani uzatish tizimidan iborat. KGESning elektr sxemasiga ko'ra uning hamma elektr uskunalari maxsus xonada o'rnatilishi mumkin.

KGES elektr sxemasining birlamchi zanjirida iste'molchini mukammal va ishonchli ravishda elektr energiya bilan ta'minlash uchun xizmat qiladigan qulay ulanish tizimlari qo'llaniladi.

9.1. Generatorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi

Generator gidroturbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Generator 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. Generator elektr tarmog'iga ulanganda stator cho'lg'ami bo'ylab tok oqa boshlaydi va bu generatorda kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Generatorning aylanish tezligiga ko'ra quyidagi turlari mavjud:

a) rotor aylanishi 100 ob/min gacha bo'lgan sekin yurar generatorlar.

b) rotor aylanishi 100...200 ob/min gacha bo'lgan o'rtacha tezlikli generatorlar.

v) rotor aylanishi 200 ob/min dan ortiq bo'lgan tez yurar generatorlar.

Tez yurar generatorlar yuqori naporli qurilmalarda qo'llaniladi va konstruktiv jihatdan vertikal yoki gorizontal kilib bajarilishi mumkin.

Generatorning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi

1. Generator to'liq quvvati, kilovolt - amperda (kV.A).

$$S = I \cdot U_n \sqrt{3} \quad \text{ёки} \quad S = 3 \cdot I \cdot U_\phi \quad (9.1)$$

bunda, U_n , U_ϕ – liniyadagi yoki fazadagi kuchlanish, V, kV

I – statordagi tok kuchi, A, kA

Generatordagi kuchlanish standart qiymatlarga ega: $U = 0,4; 0,69; 6,3; 10,5; 13,8$ kV.

2. Generatorning faol quvvati, kVt

$$N_{gen} = S \cdot \cos \varphi \quad (9.2)$$

bunda $\cos \varphi$ quvvat koeffitsiyenti deb ataladi va uning qiymati $0,8 \dots 1,0$ ni tashkil etadi. Bu koeffitsiyent iste'molchilar tomonidan energiyaning unumli, yo'qotishsiz iste'mol qilinayotganligini ko'rsatadi, shu sababli bu koeffitsiyentning yuqori bo'lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

3. Generatorning nominal quvvati, kVt

$$N_{gen} = N_{tur} \cdot \eta_{gen}; \quad (9.3)$$

bunda N_{tur} – gidroturbinaning nominal quvvati, kVt, η_{gen} – generatorning f.i.k., $\eta_{gen} = 0,95 \dots 0,98$

4. Generatorning reaktiv quvvati, kvar, Mvar. (var – reaktiv quvvat o'lchov birligi, volt – amper reaktiv).

$$Q = S \cdot \sin \varphi \text{ yoki } Q = N_{gen} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (9.4)$$

Faol quvvat bilan reaktiv quvvat orasidagi farq shundan iboratki, faol quvvat iste'molchi tomonidan to'liq foydalaniladi, reaktiv quvvat iste'mol qilinmaydi, u generator bilan iste'molchi o'rtasidagi elektr simlaridagi faol qarshilikka va yo'qoladigan energiyaga sarf bo'ladi.

5. Generatorning me'yoriy aylanish chastotasi, ob/min

$$n = 3000/p \quad (9.5)$$

bunda, p – generator rotorining juft qutblari soni

Rotor aylanishlari sonining standart qiymatlari

9.1- jadval

p	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30
n	300	150	100	75	60	50	428	375	333	33	136,	12	115,4	10
	0	0	00	0	0	0				0	4	5		0

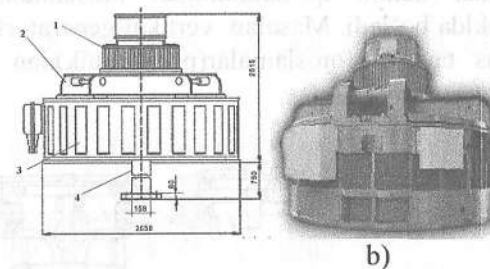
Generatorning konstruktiv o'lchamlari unig to'liq quvvati va aylanishlar soniga bog'liq ravishda aniqlanadi.

9.1 – rasmda Rossiya Federatsiyasidagi “Elektromash” AJ da ishlab chiqarilgan KGESlar uchun mo'ljallangan generatorlar tasvirlangan. Ushbu korxonada ishlab chiqarilgan generatorlarning asosiy ko'rsatkichlarini 9.2 – jadvalda keltiramiz.

Generatorlarning asosiy parametrlari

9.2 – jadval

Rusumi	Quvvat kVt	Kuchlanish V	Aylanishlar soni, ob/min	Foydali ish koeffitsiyenti	Og'irligi, kg
BGC-450-40-0,4 YXJ4	450	400	150	93,2	13000
CGC-500-20-6,3 YXJ4	500	6300	300	93,6	6900
CG-630-12B2 YXJ3	630	6300	500	95,0	5900
CG-800-16B2 YXJ3	800	6300	375	96,0	6300
CG-1000-6B4 YXJ3	1000	10500	1000	96,2	7200
CG-1600-6B2 YXJ3	1600	6300	1000	96,0	10500



9.1 – rasm. VGS-450-40-0,4 UXL 4 rusumli KGESlar uchun mo'ljallangan generatorlar.

a – vertikal o'qli; b – gorizontal o'qli;

1 – uyg'otish tizimi; 2 - krestovinalar;

3 – havo sovutgichlar; 4 – val.

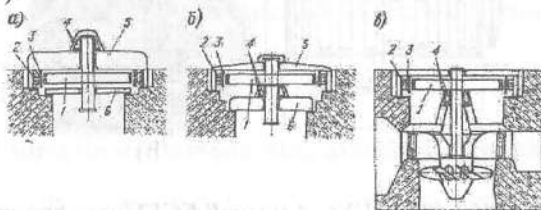
9.3 – jadvalda Rossiya Federatsiyasidagi “Uralgidromash” AJ da ishlab chiqarilayotgan KGESlar uchun mo'ljallangan generatorlarning aylanishlar soni va ularga mos keluvchi quvvatlari keltirilgan.

Generatorlar parametrlari

9.3 – jadval

Quvvat, kVt	Generator rotorining aylanishlar soni, ob/min								
	90,9	125	214	300	375	428,6	600	750	1000
250									
500									
1000									
2000									
4000									
6000									
8000									
10000									
12000									
15000									
18000									

Katta quvvatli GESlarda generatorlarning konstruksiyalari va ularni o'rnatish uchun qo'llaniladigan moslamalar birmuncha murakkab shaklda bo'ladi. Masalan, vertikal generatorlarni o'rnatish uchun maxsus tayanch moslamalar(podpyatnik)dan foydalaniladi (9.2 – rasm).



9.2 – rasm. Katta quvvatli vertikal generatorlar sxemasi.

a) osma turdagi; b) soyabonli generator; v) turbina qopqog'ida tayanchi bo'lgan soyabonli generator. 1 – rotor; 2 – stator; 3 – stator cho'lg'ami; 4 – podpyatnik; 5 – yuqori krestovina; 6 – pastki krestovina.

Osma generatorlarda tayanch podshipnik generator ustida joylashadi va bu generatorlar aylanish chastotasi 150 ob/min dan oshiq bo'ladi. Soyabonli generatorlarda esa tayanch podshipnik generator

ostida joylashadi, ularning aylanish chastotasi ko'p hollarda 150 ob/min kichik bo'ladi.

9.2. 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 cho'lg'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. Uchta bir fazali transformatorlarga qaraganda bitta uch fazali transformatorlar arzon va kam joy talab qiladi.

Transformatorlar nominal quvvati quyidagi standart qiymatlarda bo'ladi.

$N_{trans} = 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600$ v. b., kV.A.

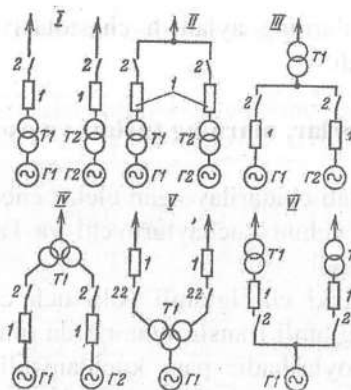
9.3. KGESlarda elektr ulash sxemalari

Ishlab chiqarilgan elektr energiyasi iste'molchilarga elektr uzatish liniyalari orqali yetkazib beriladi.

Elektr liniyalari qancha uzun bo'lsa, shunga mos ravishda kuchlanish va beriladigan quvvat qiymati ham 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.

G1, G2 – generatorlar; T1, T2 – transformatorlar; 1 – o'chirgich; 2 – ajratgich.

Shu sababli GES larda generatorlarni yuqori kuchlanish hosil qiluvchi transformatorlarga va elektr liniyasiga ulashning zamonaviy va samarali usullari qo'llaniladi (9.3 – rasm).



9.3 – rasm. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulash sxemalari.

Sxemalarda ko'rsatilgan o'chirgich (vqklyuchatel)ning asosiy vazifasi liniyada qisqa tutashuv paytida yuzaga keladigan xavfli yuqori tok kuchi tufayli liniyani uzish hisoblanadi. Lekin yuqori kuchlanishli liniyalarda xavfsizlik qoidalariga ko'ra liniyani to'liq ajratadigan ajratgich (raz'edinitel) ham ko'zda tutiladi.

I – variantda har bir generator o'zining ikki cho'lg'amlari, uch fazali kuchlanishni oshiruvchi transformatori bilan ulangan va shu sababli bu sxema blokli sxema deyiladi. Bu sxema ko'p agregatli yirik va kichik gidroelektrstansiyalarda, 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 alohida cho'lg'amlarga ega bo'lgan transformator o'rnatiladi, natijada energiyani iste'molchiga uzatish ishonchliligi oshadi, zahiradagi transformator narxi pasayadi. III va IV sxemalarning kamchiligi shundan iboratki, transformatorni reviziya qilish vaqtida birdaniga ikki generatorni to'xtatishga to'g'ri keladi.

V – variantda alohida ikkilamchi cho'lg'amlarga ega bo'lgan 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.

9.4. KGESning yordamchi jihozlari, ularning vazifasi va turlari

KGESning yordamchi jihozlari ko'tarish – tashish mexanizmlari, yog' xo'jaligi, texnik suv ta'minoti, KGESning siqilgan havo bilan ta'minlash xo'jaligi, suvni chiqarib tashlash tizimi va boshqalar kiradi.

Ko'tarish – tashish mexanizmlari. KGESning gidroturbina va elektrik jihozlarini montaj qilish, suv darvozalarini, qulfaklarni ko'tarish – tushirish, hamda ta'mirlash ishlarini bajarish uchun ko'tarish – tashish mexanizmlari qo'llaniladi.

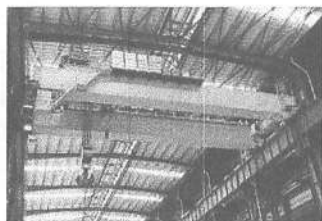
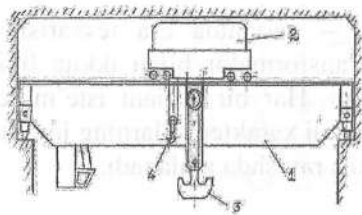
Ko'tarish – tashish mexanizmlariga osma, ko'priqli va yerda yuruvchi kranlar kiradi.

KGESlarda ko'p hollarda yuk ko'tarish qobiliyati 3...10 tonna bo'lgan osma kranlar ham qo'llaniladi. Bu kranlar stansiya binosi shipiga mahkam o'rnatilgan rel'slar bo'ylab xarakatlanadi (9.4 – rasm).



9.4 – rasm. Osma yuk ko'tarish – tashish krani.

Ko'priqli kranlar KGES binosi ichkari qismining ikki yonida o'rnatilgan kolonnalarga yotqizilgan balkalar ustidagi rel'slarda xarakatlanuvchi fermalardan iborat (9.5 – rasm).

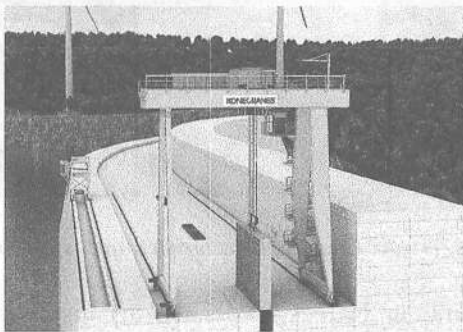


9.5. Ko'priqli yuk ko'tarish – tashish krani.

Ko'tariladigan buyumlarni bino bo'yicha ko'ndalang yo'nalishda harakatlantirish uchun ko'priqli kran 1 ustiga telejka 2 o'rnatiladi. Telejka ikki ilgak: asosiy 3 va yordamchi ilgaklar 4 bilan ta'minlanadi. Asosiy ilgak og'ir jihozlarni, yordamchi ilgak yengil jihozlarni ko'tarishga mo'ljallangan.

Seriya holda chiqariladigan ko'priqli 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).

Yerda yuruvchi kranlar asosan KGES binosidan tashqarida o'rnatiladi va suv darvozalarini, oqizqlarni ushlovchi panjaralarga xizmat ko'rsatadi. 9.7 – rasmda suv darvozalarining ikki yonida o'rnatilgan rel'slar bo'ylab to'rt tayanchli mexanizmlarda harakatlanuvchi yuk ko'tarish – tashish krani tasvirlangan.



9.7 – rasm. Yerda yuruvchi yuk ko'tarish – tashish krani.

Yog' bilan ta'minlash xo'jaligi. KGES yog' xo'jaligi gidroturbina jihozlarini moylash, asosiy transformatorlarni izolyatsiya yog'lari bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi. Bu yog'lar turbina va transformator yog'lari ham deb ataladi.

Bu ikkala turdagi yog'ni aralashtirish mumkin emas, shuning uchun ular har xil idishlarda saqlanadi. Moylash yog'larining miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$G = K \frac{N \cdot \sqrt{D_1}}{H}; \text{ kg} \quad (9.6)$$

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 mo'ljallanadi.

Rostlash tizimida yog' ishlash muddati 12...15 soatni tashkil qilsa, moylash sistemasida 500...1000 soatga teng bo'ladi.

Texnik suv ta'minoti. Texnik suv generatorni sovutish uchun, tayanch podpyatnik vannasini, kompressorlarni ta'minlash uchun, pastki turbina podpyatnik va podshipnigini suvlash (ishqalanishni kamaytirish va sovutish maqsadida) uchun beriladi.

Texnik suvning aksariyati qismi generatorni sovutish uchun sarf bo'ladi.

Generatorni sovutish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = \frac{0,36 \cdot N_{gen} (1 - \eta_{gen})}{\Delta t}; \text{ m}^3/\text{s} \quad (9.8)$$

bunda, N_{gen} – generator me'yoriy quvvati, kVt

η_{gen} – generator f.i.k.

Δt – sovutish suvi temperaturasi farqi.

Agar texnik suv ta'minoti sistemasiga kirishdagi suv temperaturasi 200S ga teng bo'lsa, Δt qiymati 100S ga teng qilib olinadi, agar 250S dan katta bo'lsa 50S 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 % i sovutishga, podpyatnik va podshipniklarni suvlashga 10...20 %, transformatorlarga 15 % atrofida sarf bo'ladi. Umumiy suv sarfi katta GESlarda 4...10 m³/s gacha bo'lishi mumkin.

Sovutgichlarga beriladigan suv bosimi 0,03...0,08 MPa dan kam bo'lmash kerak.

Siqilgan havo bilan ta'minlash xo'jaligi. Siqilgan havo asosan agregatlar rostlash, tormozlash, kameradan suvni siqib chiqarish tizimlarini ta'minlash va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Bunda beriladigan havo bosimi 6 MPa gacha bo'lishi mumkin. Uning miqdori har 100 kVt o'rnatilgan quvvatga 1,3 m³/min (atmosfera bosimida bo'lishi mumkin).

Takrorlash uchun savollar.

1. GESning elektroenergetik jihozlariga nimalar kiradi?
2. Generatorlarning ishlash mohiyatini, turlarini aytib bering.
3. Generatorlarning qanday parametrlari mavjud va ular qanday aniqlanadi?
4. Osmo generatorlarni qabul qilish shartlarini aytib bering.
5. Generator qanday qismlardan iborat?
6. Generatorlarning faol quvvati bilan reaktiv quvvati orasida qanday farq bor?
7. GESlarda transformatorlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
8. Transformatorning nominal quvvati nima?
9. Uzoq masofalarga energiya uzatilganda nima uchun liniyada kuchlanish yuqori bo'lishi kerak?
10. KGESlarda elektr ulash sxemalarining qanday variantlari mavjud?
11. GESning yordamchi jihozlari va ularning vazifalarini aytib bering.
12. KGESning ko'tarish - tashish mexanizmlari turlarini aytib bering.

X-BOB.

KICHIK GESLAR IQTISODIY SAMARADORLIGINI ANIQLASH

10.1. KGESlar iqtisodiy samaradorligini baholashda hisobga olinishi zarur bo'lgan omillar

KGESlar qurilishining qanday holatlarda maqsadga muvofiqligi, parametrlari, asbob-uskunalar turi, joylashishi va konstruktiv yechimlari pirovard natijada olinadigan iqtisodiy samaradorlik qiymatini baholash asosida aniqlanadi, bunda kiritilayotgan investitsiyalar va erishiladigan texnik-iqtisodiy samaralar o'rtasidagi mutanosiblik saqlanishi kerak. Iqtisodiy samaradorlikni aniq baholash juda qiyin vazifadir, chunki bunda ko'p sonli omillarni, masalan, konstruktiv yechimlarning o'ziga xos xususiyatlarini, iste'molchining talablariga qarab KGESning ishlash shartlarini, energiya manbalarining namoyon bo'lishining stoxastik tabiati, ulardan foydalanishning mumkin bo'lgan rejimini hisobga olish kerak.

KGESlar qurilishining samaradorligini to'g'ri baholash uchun quyidagi omillar alohida ahamiyatga ega:

a) asosiy energetik resurs hisoblangan yoqilg'ini iste'mol qilish, qazib olish, qayta ishlash va tashish bilan bog'liq xarajatlarni tejash imkonini beradigan gidroenergetik manbalar samaradorligi. Hozirgi vaqtda KGESlarda yoqilg'ini tejash tufayli yuzaga keladigan samaradorlik umumiy iqtisodiy samaradorlikning muhim qismini tashkil etadi va bu yildan yilga o'sib bormoqda.

b) gidroenergetik manbalarining ekologik tozaligi. Hozirgi vaqtda atrof-muhitning yomonlashishi sababli yoqilg'idan foydalanuvchi stansiyalarni ishlatish paytida atmosferaga chiqadigan zararli moddalarning emissiyasini tartibga soluvchi talablar kuchaytirilmoqda. Ushbu stansiyalarning faoliyatini mazkur talablarga muvofiq ravishda ta'minlash katta mablag'larni talab qiladi, bu esa ularning iqtisodiy samaradorligiga salbiy ta'sir etadi.

v) energiya taqchilligi, energiya cheklovlarini tufayli markazlashtirilgan energiya ta'minotining tez-tez uzilishi. Ishlab chiqaruvchilar, ayniqsa kichik va o'rta biznes korxonalari yetkazib berilmagan energiya narxiga nisbatan o'nlab baravar ko'proq zarar

ko'rmoqda. Xo'jalik yurituvchi sub'yektlarning energiya iste'moli jadvaliga muvofiq ishlaydigan KGESlarning iqtisodiy samaradorligini aniqlashda ushbu omilni hisobga olish juda muhimdir.

Qurilayotgan ob'yektlarni iqtisodiy asoslash uchun keltirilgan minimal xarajatlarni aniqlash mezoniga asoslangan yondashuv uzoq vaqt davomida keng qo'llanilgan [21]. Ta'kidlash joizki, markazlashgan iqtisodiy boshqaruv sharoitida bunday yondashuv iqtisodiy yechimlarning ilmiy asoslanganligini oshirishda muhim rol o'ynadi va iqtisodiyotni rivojlantirishning global maqsadlaridan kelib chiqqan holda qo'llanildi.

Investitsion iqtisodiyot sharoitida yuqorida aytib o'tilgan iqtisodiy baholash usuli jiddiy o'zgarishlarga uchraydi. Chet eldagi rivojlangan mamlakatlarda investitsiya hisob-kitoblarini amalga oshirishda iqtisodiy samaradorlikni baholashning dinamik usullari keng qo'llaniladi, bunda turli vaqtlarda yuzaga kelgan naqd pul tushumlari va to'lovlar bir vaqtga keltirilib, natijalarning taqqoslanishi ta'minlanadi [22].

10.2. KGESlar iqtisodiy samaradorligini aniqlashning

zamonaviy dinamik usullari

KGES loyihalarni tahlil qilish uchun investitsiyalarning iqtisodiy samaradorligini baholashning hozirgi paytda jahon tajribasida keng qo'llanilayotgan quyidagi dinamik usullarni keltiramiz:

1. Sof amaldagi (joriy) qiymatni aniqlash usuli (NPV — Net Present Value).
2. Sof joriy qiymatning koeffitsiyentini aniqlash usuli (NPVQ — Net Present Value Quotient).
3. Investitsiyani qaytarish muddatini aniqlash usuli (PB — Pay Back period).
4. To'lovlarni amalga oshirish muddatini aniqlash usuli (PO — Pay Off time).
5. Ichki daromad me'yorini aniqlash usuli (IRR — Internal Rate of Return).

Sof amaldagi (joriy) qiymatni aniqlash usuli (bu usul chet el manbalarida NPV usuli yoki sof diskontlangan daromad usuli deb ataladi) boshlang'ich investitsiya mablag'lari chiqarib tashlangan

diskontlangan daromad miqdorini baholashga asoslangan. Demak, KGESni ishlatishning sof joriy qiymati daromadlarning diskontlangan bahosi bilan kiritilgan investitsiyaning boshlang'ich miqdori orasidagi farq bilan aniqlanadi.

Agar KGES bir yil ichida quriladigan bo'lsa sof joriy qiymat quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$NPV = \left(\frac{B_1}{(1+r)} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+r)^n} \right) - K_0 \quad (10.1)$$

bunda V_1, V_2, V_n — har yili elektr energiyasini sotishdan olinadigan daromadlar, r — kiritilgan investitsiyaning real foiz stavkasi, K_0 — kiritilgan investitsiya miqdori.

Agar KGES bir necha yil ichida quriladigan bo'lsa, NPV qiymati quidagicha aniqlanadi.

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^T (I_t - H_t) \frac{(1+v)^t}{(1+p)^t} \right) - \bar{K} \quad (10.2)$$

$T = T_K + T_{\text{exp}}$; — kiritilgan investitsiya miqdorini qoplash muddati;

T_{exp} — KGESning qurilish muddati;

I_t, H_t — t - yilga mos keladigan daromad va ishlatish xarajatlari miqdori;

r — diskont koeffitsiyenti;

v — inflyatsiyaning o'rtacha yillik miqdori;

$\bar{K}$ — diskontlangan kapital mablag'lar, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{K} = \sum_{t=1}^{T_{\text{exp}}} K_t \frac{(1+v)^t}{(1+p)^t} \quad (10.3)$$

K_t — t — yilga mos keladigan kapital mablag'lar.

Diskontlash har xil vaqtlarda kelib tushadigan mablag'larni va amalga oshiriladigan to'lovlarni bir vaqtga (odatda investitsiya kiritish yiliga) keltirib hisoblash tartibi hisoblanadi. Buning natijasida olinadigan diskont koeffitsiyenti daromadning minimal darajasini aks ettiradi, bundan past koeffitsiyentlarda investor mazkur loyihaga mablag' berishni maqsadga muvofiq deb hisoblamaydi. Xalqaro banklar mamlakatning iqtisodiy va siyosiy barqarorligi, ob'yektlarning o'ziga xos xususiyatlariga qarab energetika sohasida $p=0,10\dots0,25$ diskont koeffitsiyenti bilan investitsiya berishadi. Diskont koeffitsiyenti bilan investitsiya beruvchi bank foizi stavkasi r orasidagi bog'liqlik quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$p = r/(1+r) \quad (10.4)$$

NPV qiymati noldan oshsa, ya'ni $NPV > 0$ bo'lsa, loyiha daromad keltiradi, aks holda investitsiya kiritish maqsadga muvofiq hisoblanmaydi. Shu sababli KGESning bir qancha n variantlari ko'rib chiqiladi va bularning ichida $NPV \rightarrow \max$ talabni qondiradigan variant qabul qilinadi.

Sof joriy qiymatning koeffitsiyentini aniqlash usuli (NPVQ usul). Sof joriy qiymatning koeffitsiyenti sof joriy qiymatning kiritilgan investitsiya miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi.

$$NPVQ = NPV/K_0 \quad (10.5)$$

KGESning ko'rib chiqiladigan variantlari ichida $NPVQ$ ning eng katta hisoblangan qiymati eng daromadli variantni ko'rsatib beradi.

Investitsiyani qaytarish muddatini aniqlash usuli (PB usuli). Bu usulni kiritilgan mablag'larni qoplash muddatini aniqlash usuli ham deb atashadi. Bu muddat kiritilgan investitsiya miqdori K_0 ning yillik olinadigan daromad V ga nisbati orqali quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$PB = K_0/B \quad (10.6)$$

Agar ushbu muddat belgilangan investorni qanoatlantiradigan me'yorlarga mos kelsa, loyiha moliyalashtiriladi. Hozirgi paytda xalqaro banklar quvvati kichik bo'lgan KGESlar uchun mablag'larni qoplash muddati 4...5 yil, o'rta quvvatdagi KGESlar uchun 8...10 yil, yirik quvvatli KGESlar uchun 15 yilgacha bo'lgan muddatlar uchun investitsiya kiritishmoqda.

Ushbu usul bo'yicha loyiha samaradorligini baholash anchagina taxminiy tarzda amalga oshirilganligi uchun mablag'larni qoplash muddati 4...5 yil bo'lgan KGESlar uchun ko'proq qo'llaniladi. Bu usulning asosiy kamchiliklaridan biri mablag'larni qoplash muddatidan keyingi keladigan foydalar hisobga olinmaydi. Mazkur usul ko'pincha NPV va IRR usullar bilan birgalikda qo'llaniladi.

To'lovlarni amalga oshirish muddatini aniqlash usuli (PO usuli). To'lovlarni amalga oshirish muddati – bu bankning real foiz stavkasi r ni hisobga olgan holda kiritilgan investitsiya mablag'ini qaytarish muddatidir. Bu muddat loyihaning zararsiz amalga oshirilishi shartidan, ya'ni $NPV = 0$ dan kelib chiqadi. NPV qiymatini kapital mablag'larni qaytarish koeffitsiyentidan foydalangan holda quyidagi formula bilan hisoblash mumkin

$$NPV = \frac{B}{CRF(r, PO)} - K_0 \quad (10.7)$$

$NPV = 0$ shart bo'yicha bu ifoda quyidagi ko'rinishga keladi

$$NPV = \frac{B}{CRF(r, PO)} - K_0 = 0 \quad (10.8)$$

bunda $CRF(r, RO)$ – (capital recovery factor) kapital mablag'larni RO muddat ichida qaytarish koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$CRF(r, PO) = \frac{r}{1 - (1+r)^{-PO}} \quad (10.9)$$

(10.8) dan $CRF(r, RO)$ ning V/K_0 ko'rinishida aniqlab va uni (10.9) ga qo'yib, olingan ifodadan bank foiz stavkasi r bilan mablag'larni qaytarish muddati RO ni, ya'ni diskontlashgan qoplash muddatini aniqlash mumkin. Bunda albatta $RO > RV$ bo'ladi. Hisoblarda ko'pincha $CRF(r, RO)$ ning har xil r va RO qiymatlariga mos keluvchi qiymatlari hisoblangan jadvallardan foydalaniladi. 10.1 jadvalda, misol sifatida loyiha natijalari ko'rib chiqiladigan ba'zi bir muddatlar T va bank foiz stavkalari r asosida (10.9) formula bilan hisoblangan $CRF(r, T)$ qiymatlari berilgan.

Ichki daromad me'yorini aniqlash usuli (IRR usuli). Bu usul ko'p qo'llaniladigan usullardan biri bo'lib, vaqt mobaynida sarflanadigan va kirim qilinadigan mablag'larni aniqlash imkonini beradi

CRF(r,T) qiymatlari

10.1 –jadval

T	r qiymatlari						
	6	8	10	12	15	20	25
3	0,37411	0,38803	0,40212	0,41635	0,43798	0,47473	0,51230
4	0,28859	0,30192	0,31547	0,32923	0,35027	0,38629	0,42344
5	0,23740	0,25046	0,26380	0,27741	0,29832	0,33438	0,37185
8	0,16104	0,17402	0,18744	0,20130	0,22285	0,26061	0,30040
9	0,14702	0,16008	0,17364	0,18768	0,20957	0,24808	0,28876
10	0,13586	0,14902	0,16274	0,17698	0,19925	0,23852	0,28007
11	0,12679	0,14008	0,15396	0,16842	0,19107	0,23110	0,27349
12	0,11928	0,13270	0,14676	0,16144	0,18448	0,22527	0,26845
13	0,11296	0,12652	0,14078	0,15568	0,17911	0,22062	0,26454
14	0,10759	0,12130	0,13575	0,15087	0,17469	0,21689	0,26150
15	0,11296	0,11683	0,13147	0,14682	0,17102	0,21388	0,25912
19	0,08962	0,10413	0,11955	0,13576	0,16134	0,20646	0,25366
20	0,08718	0,10185	0,11746	0,13387	0,15976	0,20535	0,25291

Ichki daromad me'yori IRR diskontlash stavkasini aks ettiradi va uning qiymati investor uchun qulay bo'lgan minimal foiz stavkasi bilan solishtiriladi. Agar IRR qiymati ushbu stavkadan oshsa, loyiha ijobiy baholanadi va qabul qilinadi. IRR qiymatini yuqoridagidek (10.8) $NPV = 0$ shart bo'yicha aniqlaymiz.

$$NPV = \frac{B}{CRF(IRR, T)} - K_0 = 0 \quad (10.10)$$

bunda T – KGESning iqtisodiy foyda keltiradigan ishlash muddati. Bu muddat KGESlar uchun 15...25 yil miqdorida qabul qilinadi [23].

$CRF(IRR, T)$ ning V/K_0 ga tengligini hisobga olib $CRF(IRR, T) = \frac{IRR}{1 - (1 + IRR)^{-T}}$ tenglama bo'yicha yoki 10.1 – jadvaldan

foydalanib IRR qiymatini aniqlaymiz va uni investorning minimal foiz stavkasi r_{min} bilan solishtiramiz, ya'ni $IRR > r_{min}$ bo'lsa loyihani amalga oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan usullar bo'yicha hisob – kitoblarni quyidagi namunada keltiramiz.

Quvvati $N = 5000$ kVt bo'lgan KGES bir yilda $T = 7000$ soat davomida elektr energiyasini ishlab chiqaradi. KGES qurilishi uchun kapital mablag'lar qiymatini me'yoriy talablar bo'yicha $a = 1500$ dollar/kVt asosida qabul qilamiz. Yillik ekspluatatsiya xarajatlarini ham me'yoriy hujjatlar asosida kapital mablag'larning $f = 2,0$ % hajmida olamiz. Elektr energiyasining sotuvdagi bahosi $c = 0,03$ dollar/kVt-soat. Bankning me'yoriy (o'rtacha) foiz stavkasi $r_{or} = 12$ %. Inflyatsiya darajasi o'rta hisobda $b = 3,7$ %. iqtisodiy foyda keltiradigan ishlash muddati $T_{iq} = 20$ yil [23 KGESning].

Loyihaning qoplash muddatini, sof diskontlashgan qiymatini, daromad indeksini (sof joriy qiymat koeffitsiyentini), to'lovlarni amalga oshirish muddatini va ichki daromad me'yorini hisoblash lozim.

1. KGESning kapital mablag'lari qiymati:

$$K_0 = a \cdot N = 1500 \cdot 5000 = 7,5 \text{ mln.doll.}$$

2. KGESning yillik ekspluatatsiya xarajatlari

$$H = K_0 f = 7,5 \cdot 0,02 = 0,15 \text{ mln.doll.}$$

3. KGESda ishlab chiqarilgan elektr energiyasini sotishdan tushgan daromad miqdori

$$D = N \cdot T \cdot c = 5000 \cdot 7000 \cdot 0,03 = 1,05 \text{ mln.doll.}$$

4. Ekspluatatsiya xarajatlari hisobga olingan sof daromad

$$B = D - H = 1,05 - 0,15 = 0,90 \text{ mln.doll.}$$

5. Kapital mablag'larni qoplash muddati

$$PB = K_0 / B = 7,5 / 0,90 = 8,3 \text{ yil}$$

6. Bankning inflyatsiyani hisobga oladigan real foiz stavkasini aniqlaymiz.

$$r = (r_{or} - b) / (1 + b) = (0,12 - 0,037) / (1 + 0,037) = 0,08 = 8,0 \%$$

7. Bankning real foiz stavkasi r va KGESning iqtisodiy ishlash muddatini T_{iq} hisobga oladigan CRF koeffitsiyentini 9.8 – jadvaldan aniqlaymiz.

$$CRF(8,0 \%, 20 \text{ yil}) = 0,10185.$$

8. Sof diskontlashgan daromad qiymatini aniqlaymiz

$$NPV = B / CRF(8,0 \%, 20 \text{ yil}) K_0 = 0,90 / 0,10185 - 7,5 = 1,35 \text{ mln.doll.}$$

9. Daromad indeksini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$NPVQ = NPV / K_0 = 1,35 / 7,5 = 0,18$$

Demak har bir kiritilgan dollar uchun investor 18-sent daromad oladi.

10. To'lovlarni amalga oshirish muddati RO ni quyidagi formula bilan aniqlaymiz.

$$CRF(8,0 \%, PO) = 1 / PB = 1 / 8,3 = 0,121$$

8,0 % lik real bank foizi stavkasida to'lovlar 9.8 – jadval bo'yicha kiritilgan mablag'larni qaytarish muddati 14,0 yilni tashkil etadi va bu KGESning iqtisodiy ishlash muddatidan ancha kam.

11. Ichki daromad me'yorini ham CRF koeffitsiyentidan foydalangan holda KGESning iqtisodiy ishlash muddati $T_{iq} = 20$ yil bo'yicha aniqlaymiz

$$CRF(IRR, 20 \text{ yil}) = 1 / PB = 1 / 8,3 = 0,121$$

9.8 – jadval bo'yicha $T_{iq} = 20$ yilda IRR qiymati 10,25 % ga teng, bu real foiz stavkasidan ancha katta, demak loyiha maqsadga muvofiq.

10.3. KGESlar iqtisodiy samaradorligini aniqlashning yillik hisobiy xarajatlar usuli

Iqtisodiy samaradorlikni aniqlashning yana bir usuli KGESda yuzaga keladigan yillik hisobiy xarajatlarni muqobil elektr stansiyalardagi huddi shunday hisobiy xarajatlar miqdori bilan

taqqoslash hisoblanadi. Katta quvvatli KGESlarda muqobil elektr stansiyasi sifatida issiqlik elektr stansiyasi (IES), nisbatan quvvati oz bo'lgan KGESlarda dizel elektr stansiyalari (DES) qabul qilinadi. Bunda quyidagi tengsizlik yuzaga kelsa, KGESni qurish iqtisodiy samarali hisoblanadi.

$$\sum HX_{KGES} < \sum HX_{DES} \quad (10.11)$$

KGESning yillik hisobiy xarajatlari $\sum HX_{KGES}$ tarkibi asosan quyidagilardan iborat

$$\sum X_{KGES} = X_{foy} + r \cdot K_{KT\mathcal{C}} \quad (10.12)$$

bunda, HX_{foy} - KGESning yillik foydalanish (ekspluatatsiya) xarajatlari.

K_{KGES} - ni qurishga sarf bo'lgan kapital mablag'lar miqdori.

r - real bank foiz stavkasi.

HX_{foy} miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin

$$X_{foy} = HX_{am} + HX_{jt} + HX_{sug} + HX_{ih} + HX_{tx} + HX_{cht} + HX_{bx} \quad (10.13)$$

bunda, HX_{am} - KT $\mathcal{C}$ bo'yicha amortizatsiya xarajatlari;

HX_{jt} - joriy ta'mirlashga sarf bo'ladigan xarajatlar;

HX_{sug} - KGESni sug'urtalash xarajatlari;

HX_{ih} - ish haqi xarajatlari;

HX_{tx} - transport xarajatlari;

HX_{cht} - chet tashkilotlarga to'lovlar;

HX_{bx} - boshqa xarajatlar.

Bu xarajatlar idoraviy normativ hujjatlarda berilgan me'yorlar asosida qabul qilinadi. KGES loyihasining dastlabki bosqichlarida X_{foy} ning umumiy qiymatini Xalqaro moliya korporatsiyaga qarashli Fichtner Management Consulting AG konsalting kompaniyasi chop etgan gidroenergetika sohasidagi loyihachi va investorlar uchun mo'ljallangan yo'riqnoma asosida KGESlar uchun (0,01...0,04) K_{KGES} miqdorida qabul qilish mumkin [24].

KGESlar uchun zarur bo'lgan investitsiya miqdori, buni kapital mablag'lar yoki KGESning smeta qiymati ham deb atash mumkin, nafaqat uning qurilishi xarajatlarini, shuningdek zarur bo'lgan boshqa maqsadlar uchun sarf bo'ladigan xarajatlarni ham ko'zda tutadi.

$$K_{KGES} = K_{lqi} + K_{qur} + K_{yoob} + K_{ijt} + K_{eko} \quad (10.14)$$

bunda, K_{lqi} - loyiha - qidiruv ishlari xarajatlari;

K_{qur} - qurilish montaj (shu jumladan jihozlarni sotib olish) ishlariga sarf bo'lgan xarajatlar;

K_{yoob} - yordamchi ob'yektlar infrastrukturasini (yo'llar, elektr simlari liniyalari va bosh.)ni yaratishga sarf bo'lgan xarajatlar;

K_{ijt} - ijtimoiy ob'yektlar va tadbirlar xarajatlari;

K_{eko} - ekologik tadbirlarga sarf bo'lgan xarajatlar.

KGESni loyihalashning dastlabki bosqichlarida uning taxminiy narxi, ya'ni K_{KGES} ni aniqlash juda muhim. Bu narxning aniq qiymati loyihalashning keyingi bosqichlarida, KGESni texnik - iqtisodiy asoslashda, hatto ba'zi hollarda qurilish paytida qayta aniqlanadi. K_{KGES} qiymati asosan stansiyaning nabori va quvvatiga ko'proq bog'liq bo'lganligi uchun (elektr simlari liniyalari xarajatlarini hisobga olmagan hollarda) KGES narxini Gordon formulasi yordamida hisoblash mumkin.

$$K_{KT\mathcal{C}} = \alpha \left(\frac{N}{H^\beta} \right)^\gamma \quad (10.15)$$

bunda, N - KGESning o'rnatilgan quvvati, H - nabor qiymati, α , β va γ - qurilgan KGESlar narxlarini tahlil qilish natijasida aniqlanadigan koeffitsiyentlar, masalan, 1970...1982-yillarda qurilgan KGESlar uchun $\alpha=15 \cdot 10^6$; $\beta=0,3$; $\gamma=0,82$ ekanligi aniqlangan.

2000-yillardan keyin qurilgan KGESlar uchun K_{KGES} ni aniqlashning quyidagi formulasidan loyihachilar foydalanishmoqda.

$$K_{KT\mathcal{C}} = 9,1 \cdot 10^6 \cdot \theta \cdot \left(\frac{10^{-3} N}{H^{0,21}} \right)^{0,8}, \quad (10.16)$$

bunda $\theta = 0,3...1,0$ - mahalliy sharoitlarni hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Misol uchun, quvvati 1000 kVt, nabori 20 metr bo'lgan KGESning narxi yuqoridagi formula bilan hisoblanganda 1640...5517 ming dollarni tashkil etadi.

Hozirgi paytda KGESning narxini aniqlash uchun eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri solishtirma kapital mablag'larni aniqlash usuli hisoblanadi [25, 26, 27]. KGESning kapital mablag'lari solishtirma qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$a = K_{KGES} / N, \quad (10.17)$$

Bu usulda a qiymati mahalliy sharoitlar va mamlakatdagi moliyaviy holatlarga qarab har xil qiymatlarda bo'lishi mumkin. Yuqorida keltirilgan Fichtner Management Consulting AG konsalting kompaniyasining ma'lumotlariga ko'ra hozirgi paytda KGESlar kapital mablag'lari solishtirma qiymati 1300...8000 doll/kVt ni tashkil etmoqda. Rossiyadagi MNT O INSET kompaniyasi ma'lumotlari bo'yicha bu raqam 1200...6500 doll/kVt ni tashkil etmoqda. Hozirgi kunda Respublikamizda qurilayotgan KGESlarning kapital mablag'larining solishtirma qiymati 1800...3000 doll/kVt ga bormoqda.

Xalqaro qayta tiklanuvchi energiya manbalari agentligining 2019-yilda chop etilgan "Renewable Power Generation Costs in 2018" nomli yilnomasida KGESlar uchun kapital mablag'larning o'rtacha solishtirma qiymati 2018-yilda 1500 doll/kVt ni tashkil etganligi qayd etiladi [28].

Dizel elektr stansiyalaridagi hisobiy xarajatlar $\sum HX_{DES}$ tarkibini quyidagicha ifodalash mumkin

$$\sum HX_{DES} = HX_{yoqi} + HX_{tr} + HX_{fov} + r \cdot K_{DES} \quad (10.18)$$

bunda, HX_{yoqi} – yoqilg'i uchun sarf bo'lgan xarajatlari;

HX_{tr} – yoqilg'ini tashish uchun sarf bo'lgan transport xarajatlari;

HX_{fov} – DESdan foydalanish xarajatlari.

r – bankdan olingan kreditlar uchun real foiz stavkasi.

Hisobiy xarajatlar usuli bilan KGES samaradorligini quyidagi misol asosida aniqlaymiz.

Misol. Quvvati $N = 5000 \text{ kVt}$ bo'lgan KGESning yillik hisobiy xarajatlari aniqlaymiz va uni mazkur quvvatga ega bo'lgan dizel elektr stansiyasi xarajatlari bilan taqqoslaymiz. Ikkala variant uchun ham bankning real foiz stavkasini 15 % olamiz. (10.12) formulaga ko'ra KGESning hisobiy xarajatlari quyidagiga teng.

$$\sum HX_{KGES} = HX_{fov} + r \cdot K_{KGES}$$

K_{KGES} ni kapital mablag'larning o'rtacha solishtirma qiymatining 2018-yildagi miqdori bo'yicha 1500 doll/kVt ga teng qilib qabul qilamiz [28]. Demak, $K_{KGES} = 1500 \cdot 5000 = 7,5 \text{ mln. doll.}$

HX_{fov} ni [24] bo'yicha K_{KGES} ning 4 % i miqdorida qabul qilamiz,

$$HX_{fov} = 0,04 \cdot K_{KGES} = 0,04 \cdot 7,5 = 0,30 \text{ mln. doll.}$$

$$\text{Bundan } \sum HX_{KGES} = 0,30 + 0,15 \cdot 7,5 = 1,425 \text{ mln. doll.}$$

Dizel elektr stansiyasi xarajatlarini (10.18) formula bilan aniqlaymiz.

Dizel elektr stansiyasi foydalanish xarajatlarini quyidagi formula bilan aniqlaymiz.

$$HX_{fov} = a \cdot K_{DES} = 0,064 \cdot 1000000 = 64000 \$.$$

K_{DES} - dizel elektr stansiyasi uchun zarur bo'lgan kapital mablag'lar qiymati, $K_{DES} = a \cdot N_{DES} = 200 \cdot 5000 = 1000000 \text{ doll.}$

$a = 200 \text{ doll./kVt}$ – DESning solishtirma narxi [29]

$a = 6,4 \%$ – foydalanish xarajatlarning foizi [23]

$$HX_{yoqi} = s \cdot v \cdot E = 0,5 \cdot 0,25 \cdot 35\,000\,000 = 4375000 \text{ doll.}$$

bunda, s – 1 litr dizel yoqilg'isining narxi, doll.

v – 1 kVt soat ishlab chiqarilgan elektr energiyasiga sarf bo'lgan yoqilg'i.

$v = 0,22 \dots 0,27 \text{ l/kVt-soat}$ [29]

E – yil davomida ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori, kVt-soat.

$$E = N_{DES} \cdot T_{DES} = 5000 \cdot 7000 = 35\,000\,000 \text{ kVt soat}$$

Transport xarajatlari yoqilg'i xarajatlarning 10 % ini tashkil etadi [21, 23]

$$HX_{tr} = 0,1 \cdot HX_{yoqi} = 0,1 \cdot 4375000 = 437500 \text{ doll.}$$

Kredit uchun to'lovlar miqdori $r \cdot K_{DES} = 0,15 \cdot 1000000 = 15000 \text{ doll.}$

Jami hisobiy xarajatlar $\sum HX_{DES} = 4375000 + 437500 + 64000 + 15000 = 4,8915 \text{ mln. doll.}$

Demak, $\sum HX_{KGES} = 1,425 < 4,8915 = \sum HX_{DES}$ bo'lganligi uchun KGES qurilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Takrorlash uchun savollar

1. KGESlar samaradorligini to'g'ri baholash uchun qanday omillarni hisobga olish zarur?

2. KGES loyihalarida investitsiyalarning iqtisodiy samaradorligini baholashning hozirgi zamon qanday usullari mavjud?

3. Sof amaldagi (joriy) qiymatni yoki sof diskontlangan daromadni aniqlash usuli nimaga asoslangan?

4. Diskont koeffitsiyenti yoki stavkasining ma'nosi nima va u qanday aniqlanadi?

5. Investitsiyani qaytarish muddatini aniqlash usulini ta'riflab bering.

6. Kapital mablag'larni RO muddat ichida qaytarish koeffitsiyenti (capital recovery factor) qanday aniqlanadi?

7. KGES va unga muqobil qilib olingan elektr stansiya bo'yicha yillik hisobiy xarajatlarni taqqoslash orqali iqtisodiy samaradorlikni aniqlash mohiyatini tushuntirib bering.

8. KGES loyihasining dastlabki bosqichlarida yillik foydalanish xarajatlarini miqdorini nimaga asoslanib aniqlash mumkin?

9. KGES uchun zarur bo'lgan kapital mablag'larning taxminiy miqdorini qanday aniqlash mumkin?

10. KGES uchun zarur bo'lgan kapital mablag'lar qiymati KGESning qanday parametrlariga bog'liq?

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 2-maydagi "2017 – 2021-yillarda gidroenergetikani yanada rivojlantirish chora-tadbirlari Dasturi to'g'risida"gi PQ–2947 – son Qarori. [www. lex.uz](http://www.lex.uz)

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 18-maydagi ««O'zbekgidroenergo» aksiyadorlik jamiyatini tashkil etish to'g'risida»gi PF-5044 – son Farmoni. [www. lex.uz](http://www.lex.uz)

3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 26-maydagi "2017 – 2021-yillarda qayta tiklanuvchi energetikani yanada rivojlantirish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari dasturi to'g'risida"gi PQ–3012 – son Qarori. [www. lex.uz](http://www.lex.uz).

4. Hydropower Texnology Roadmar 2012. [http:// www. iea.org. 2012_ Hydropower_ Roadmar.pdf](http://www.iea.org.2012_Hydropower_Roadmar.pdf)

5. Azli Yusop, Izat Yahaya, Ghazali Kadis, Maizul Ishak, Mohd Sufyan Abdullah, Mohd Fadly Razak, Azmi Sidek, and Ismail Abdul Rahman. Hybrid Micro-Hydro Power Generation Development in Endau Rompin National Park Johor, Malaysia. MATEC Web of Conferences 135, 00007 (2017) DOI: 10.1051/mateconf/201713500007 ICME'17

6. D. Singh: "Micro Hydro Power", Resource Assessment Handbook (2009).

7. World Small Hydropower Development Report 2016. [www. unido. org/ sites/ default/ files/ 2016-11/ WSHPDR_ Executive_ Summary_ 2016_ 0. pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/2016-11/WSHPDR_Executive_Summary_2016_0.pdf)

8. <http://www.gidroproekt.uz/>

9. Small and Micro-Scale Hydropower in Japan. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01803429/document>

10. Small Hydro Power in India. [http:// www. Energy next.in/ 2017/ 03/ small - hydro-power-in-india/](http://www.Energy.next.in/2017/03/small-hydro-power-in-india/)

11. Гидроэлектростанции малой мощности: Учебное пособие/ Под ред. В.В. Елистратова. СПб: Изд-во Политехн. унив-та, 2004. 412 с.

12. М. П. Головин, А. Л. Встовский, Л. Н. Головина, К. Х. Федий, Н. А. Колбасина, В. Д. Мокеев. Свободнопоточные микроГЭС как эффективный вариант энергоснабжения

удаленных территорий// Труды КГТУ «Энергетика и электротехника» №2-3 – Красноярск, 2006 – с.83 – 96.

13. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Свободнопоточная микро-гидро-электростанция Патент на изобретение № IAP 03639, Бюл. №4, 30.04. 2008.

14. Гидроэлектрические станции: Учебник для ВУЗов/ Под ред. В.Я. Карелина, Г.И. Кривченко. – М.: «Энергоатомиздат», 1987. – 464 с.

15. Фрейшист А.Р., Хохарин А.Х., Шор А.М. Стальные трубопроводы Гидроэлектростанций. – М.: «Энергоиздат», 1982, 282 с.

16. Штернлихт Д.В. Гидравлика: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1984. – 640 с.

17. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Учебник для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

18. Гидроэнергетические установки: Учебник для вузов/ Под ред. Д.С. Щавелева. – 2-е изд. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 520 с., ил.

19. Малая Гидроэнергетика. Под ред. Михайлова Л.М. М.: «Энергоатомиздат», 1989. 180 с.

20. Карелин В.Я., Волшаник В.В. Сооружения и оборудование малых Гидроэлектростанций. М.: «Энергоатомиздат», 1988. 199 с.

21. Экономика Гидротехнического и водохозяйственного строительства / Под. ред. Д.С. Щавелева. – М.: Стройиздат, 1986.

22. Методика UNIDO “Руководство по оценке эффективности инвестиций”. Вернер Беренс П., Хавранек М. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований UNIDO. Vienna. 1991. Пер. с англ. перераб. и дополн. изд. – М.: АОЗТ «Интерэксперт», «ИНФРА-М», 1995. – 528 с.

23. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Технич.- экономический анализ: Учеб. пособие / Под общ. ред. В.В. Елистратова и Г.И. Сидоренко. — СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2008. – 248 с.

24. Гидроэлектрические станции. Руководство для разработчиков и инвесторов, 2010. ww.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2d1f8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower_Report.Pdf?MOD=AJPERES

25. Использование водной энергии. Учебник/ Под ред. Васильева Ю.С. М.: «Энергаториздат», 1995. 608 с.

26. Уришев Б.У., Мамадиёров Э.К. Гибридные энергетические установки на базе возобновляемых источников с Гидравлическим аккумулятированием энергии. – Ташкент.: Изд-во «Фан» Академии наук РУз., 2007. – 136 с.

27. Muxammadiyev M.M., Urishev B.U. Hidroenergetik qurilmalar. Darslik. – Т.: “Fan va texnologiya”, 2013, 280 bet.

28. Renewable power generation costs in 2018. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf

29. Дизельные электрические станции. Виды, характеристики дизельных электростанций. Справочник, 2018 G. http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1725.html

30. Гидроэнергетика: Учебник для вузов/ Под ред. В.И. Обрезкова. – 2-е изд., – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 512 с.: ил.

31. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование Гидро-электростанций/ Под ред. Ю.С. Васильева и Д.С. Щавелева. М.: Энергоатомиздат, 1988. – Т.1. – 346 с.

32. Асарин А.Е. Строительство малых ГЭС в КНР// Гидротехническое строительство. – Москва, 2005. – № 4. – с.44 – 45.

33. Непорожный П.С., Обрезков В.И. Гидроэлектро-энергетика. Уч. пособие. – М.: Энергоиздат, 1982. – 304 с.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
I. O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALARNING BARPO ETILISHI TARIXI, JAHONDA VA RESPUBLIKADA ULARDAN FOYDALANISHNING HOZIRGI HOLATI VA RESURLARI	
1.1. O'zbekistonda kichik GESlar qurilishining qisqacha tarixi.....	6
1.2. Kichik GESlarning sinflari.....	12
1.3. Jahonda kichik gidroenergetika resurslari va ulardan foydalanishning hozirgi holati.....	15
II. KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALARNING SUV MANBALARI	
2.1. Suv resurslari va ulardan kichik GESlarda foydalanish.....	21
2.2. Suv omborlari va ularning parametrlari. Suv omborlarida KGESlardan foydalanish.....	25
III. KICHIK GESLARDA SUV ENERGIYASIDAN FOYDALANISH VA UNI TA'MINLASH INSHOOTLARI	
3.1. KGESlarda suv energiyasidan foydalanish sxemalari.....	31
3.2. Kichik GESlarning asosiy parametrlari.....	45
3.3. KGESlarning derivatsion inshootlari.....	50
3.4. KGES suv omborlaridagi to'g'onlar.....	58
IV. ELEKTROENERGETIKA TARMOQLARI VA ULARDA KICHIK GESLARNING ISH REJIMLARI	
4.1. Elektroenergetika tarmoqlarining ishlash mohiyati, energiya yuklamasi grafiklari.....	67
4.2. KGESlarning elektroenergetika tarmoqlaridagi ish rejimi.....	71
4.3. KGESlarning o'zgaruvchan quvvatini ta'minlash uchun suv oqimini rostdlash.....	72

V. KGESLARNING SUV OLIISH INSHOOTLARI

5.1. Suv olish inshootlarining vazifalari va turlari.....	76
5.2. MikroGESlarning suv olish qurilmalari.....	80
5.3. KGESning suv olish inshootlarining mexanik jihozlarini loyihalashga quyiladigan talablar.....	82

VI. KGESLARNING BOSIMLI QUVURLARI

6.1. Bosimli quvurlarning turlari, materiallari va ulardagi jihozlar.....	84
6.2. Bosimli quvurlarning joylashish sxemasi va trassasini tanlash.....	90
6.3. Bosimli quvurning eng iqtisodiy qulay diametrini aniqlash.....	93
6.4. KGESlarning bosimli quvurlarida gidravlik zarba. Gidravlik zarbani so'ndirish usullari.....	95
6.5. Gidravlik zarba ta'sirini so'ndiruvchi rezervuarlar.....	98

VII. KGES BINOLARI

7.1. KGES binolarining turlari va sinflari.....	102
7.2. Uzanda joylashgan KGES binolari.....	106
7.3. To'g'onli, derivatsiyali KGES binolari.....	112
7.4. KGES binolari loyihaviy yechimlaridan ba'zi namunalar.....	120
7.5. KGES binosi yuqori qismining o'lchamlarini aniqlash.....	124
7.6. KGESlar binolarini loyihalashda favqulodda energiya yuklamasi yo'qolgan paytda gidroagregatning tez aylanib ketishining oldini olish choralarini ko'rish.....	128

VIII. KICHIK GESLARNING ASOSIY TEXNOLOGIK JIHOZLARI

8.1. Gidroturbinalarning sinfiy guruhlari.....	132
8.2. Gidroturbinalarning yo'naltiruvchi apparatlari.....	144
8.3. Gidroturbinalarning asosiy parametrlari.....	145
8.4. Reaktiv gidroturbinalarning ishchi g'ildiragida oqim harakati.....	151
8.5. Gidroturbinalarning asosiy tenglamasi.....	155

8.6. Hidroturbinalarni modellashtirish. O'xshashlik mezonlari	158
8.7. O'xshashlik tenglamalari. Hidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari	161
8.8. Hidroturbinalar xarakteristikalari	164

IX. KGESLARNING ELEKTRO-ENERGETIK JIHOZLARI, ULAR-NING TARKIBI TURLARI VA PARAMETRLARI

9.1. Generatorlar, ularning ko'rsat-kichlari, turlari va tuzilishi	171
9.2. Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari	175
9.3. Elektr ulash sxemalari	175
9.4. KGESning yordamchi jihozlari va ularning turlari	177

X. KGESLAR IQTISODIY SAMARADORLIGINI ANIQLASH

10.1. KGESlar iqtisodiy samaradorligini baholashda hisobga olinishi zarur bo'lgan omillar	181
10.2. KGESlar iqtisodiy samaradorligini aniqlashning zamonaviy dinamik usullari	182
10.3. KGESlar iqtisodiy samaradorligini aniqlashning yillik hisobiy xarajatlar usuli	187
Adabiyotlar ro'yxati	193

Qaydlar uchun

KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALAR

Abdullayev Abdullo	Manba:
Yunusov Yuliy	Texnik mahorat:
Shahmurov Shohriddin	Hudud mahorat:
Shahmurov Shohriddin	Manba:
Shahmurov Shohriddin	Manba:

Ushbu kitob 2013-yil dekabr oyida
Tashkentda chop etilgan.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.

Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.
Kitobning umumiy hajmi 100000 ta nusxa.

B.U.URISHEV

KICHIK GIDROELEKTR STANSIYALAR

Darslik

«Tafakkur avlodi» nashriyoti, 2020

Muharrirlar:	Abdukamol Abdujalilov
Texnik muharrir:	Yunusali O'rinov
Badiiy muharrir:	Shoimov Zuxriddin
Musahhiha:	Dilfuza Beknazarova
Dizayner:	Yunusali O'rinov

Nash.lits. № 2013-975f-3e5e-d1e5-
f4f3-8537-2366, 20.08.2020 y.

Terishga 24.08.2020-yilda berildi. Bosishga 7.11.2020-yilda
ruxsat etildi. Bichimi: 60x84 1/16. Ofset bosma. «Times New
Roman» garniturası. Shartli b.t. 12.5. Nashr b.t. 11.62.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma №34.
Bahosi shartnoma asosida.

«Tafakkur avlodi» nashriyoti, 100190, Toshkent shahri,
Yunusobod-9, 13-54. e-mail: tafakkur_avlodi@mail.ru

«Tafakkur avlodi» MCHJ bosmaxonasida bosildi.
Toshkent shahri, Olmazor tumani, Nodira ko'chasi, 1-uy.
Telefon: +99890 000-33-93



«Tafakkur avlodi»
nashriyoti

ISBN 978-9943-6691-9-2



9 789943 669192