

Shaazizov F. Sh., Xidirov S.Q.



GIDROELEKTROSTANSIYALAR



TOSHKENT-2021

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

Shaazizov Farruh Shoakbarovich
Xidirov San'atjon Qo'chqorovich

**GIDROELEKTROSTANSIYALAR
(o'quv qo'llanma)**

5450600 - Irrigatsiya tizimlarida gidroenergetika ob'ektlari,
5450400-Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalaridan foydalanish,
5340701-Gidrotexnika qurilish (suv xo'jaligida)

Toshkent-2021

UDK 621.224.24

Gidroelektrostansiyalar. O'quv ko'llanma Shaazizov F.Sh., Xidirov S.Q.

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti
Toshkent, 2021 y., 118 bet.

O'quv qo'llanma «Gidroelektrostansiyalar» fan dasturiga mos bo'lib, unda suv energiyasidan foydalanishning asosiy usullari, suv energetik hisoblash prinsipi, gidroelektrostansiyaning asosiy gidrokuch jixozlari va ularni tanlash usullari bo'yicha ma'lumotlar berilgan, to'g'on oldi va derivatsion gidroelektrostansiyalar inshootlarining turini va konstruksiyasini tanlash masalalari, ularni hisoblash usullari va komponovkasi to'g'risida nazariy va amaliy ma'lumotlar berilgan.

O'quv qo'llanma TIQXMMI «Gidrotexnika qurishi» fakulteti bakalavriat yo'nalashlari talabalari uchun tayyorlangan va bu qo'llanmadan magistratura mutaxassisliklari talabalari hamda gidrotexnika qurilishi sohasidagi mutaxassislar foydalanishi mumkin.

Taqrizchilar:	X.FAYZIYEV	Toshkent arxitektura va qurilish instituti, “Gidrotexnika inshootlari, zamin va poydevorlar” kafedrası professori, DSc
	N.RAXMATOV	TIQXMMI, “Gidrotexnika inshootlari, muhandislik konstruksiyalari” kafedrası dotsenti, t.f.n.

© Toshkent irrigatsiya va melioratsiya institutining “Suv energiyasi va nasos stantsiyalaridan foydalanish” kafedrası 2021 y.

Учебное пособие соответствует программе дисциплины «Гидроэлектростанции». В учебном пособии излагаются основные способы использования водной энергии. Даются принципы водноэнергетических расчетов. Приводятся сведения об основном гидросиловом оборудовании гидроэлектростанций и методах его подбора. Освещаются вопросы выбора типа и конструкций сооружений русловых, приплотинных и деривационных гидроэнергетических станций, способы их расчета и компоновки.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений бакалавриата факультета «Гидротехническое строительство» ТИИИМСХ и может быть использовано студентами, обучающимися в магистратуры, а также специалистами, работающими в области гидротехнического строительства.

The educational textbook corresponds to the program of discipline of "Hydroelectric power station". In this book the basic ways of use of water energy are stated. Principles water energy calculations are given. Data on the basic hydropower equipment of hydroelectric power stations and methods of its selection are resulted. Describes the questions of choosing of type and designs of constructions river bed, dam and derivational hydropower stations, ways of their calculation and configuration.

The educational textbook is intended for students of directions of bachelor degree of faculty «hydraulic structures construction» TIAME and can be used by the students training in magistracies, and also the experts working in the field of hydraulic engineering construction.

SO'Z BOSHI

Taqdim etilayotgan o'quv qo'llanma «Gidroelektrostansiyalar» fanidan 5450600 - Irrigatsiya tizimlarida gidroenergetika ob'ektlari, 5450400-Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalaridan foydalanish, 5340701-Gidrotexnika qurilish (suv xo'jaligida) yo'nalishlari uchun tuzilgan dastur asosida yozilgan.

O'zbekistonda yaqin yillarga mo'ljallangan kichik GES larni qurishni rivojlantirish rejasi mavjud irrigatsion kanallarni va suv omborlarini suv resurslaridan foydalanishni ko'zda tutadi.

O'zbekistonda kelajakda yirik va o'rta GESlar ham qurilishi mumkin, chunki O'zbekiston daryolari texnik gidroenergetik potensialining faqatgina 26% o'zlashtirilgan holos.

Gidroelektrostansiyalarda olingan arzon elektroenergiya Respublikamiz energiya ta'minotini oshirishiga omil bo'ladi.

Gidroenergetik qurilishidagi keng ko'lamdagi rejalarni tadbqiq etish masalalarini yechish, suv energiyasidan foydalanish sohasida yetarli bilimga ega bo'lgan, O'zbekiston xaq xo'jaligi uchun ko'proq iqtisodiy samara beruvchi qulay yechimlarni topa oluvchi mutaxassislar bilan amalga oshirish mumkin.

Qo'llanmada suv energiyasidan foydalanishning asosiy masalalari keltirilgan, asosiy gidrokuch jihozlarini tanlash uchun kerak bo'lgan GES larning asosiy parametrlarini belgilaydigan suv energetik hisoblar yoritilgan.

GES inshootlaridan derivatsion va turbina suv o'tkazgichlari, bosimli hovuz, gidroelektrostansiya binosi ko'rib chiqilgan.

O'quv qo'llanmani tayyorlashda mashhur chet el adabiyotlaridan foydalanilgan.

Ushbu o'quv qo'llanmadan «Suv energiyasidan foydalanish», «Irrigatsiya tarmoqlari suv energiyasidan foydalanish» va «Gidromashinalar» fanlarini o'zlashtirishda foydalansa bo'ladi.

1-BOB. O'ZBEKISTON GIDROENERGETIKASI

1.1. Tarihi va rivojlanish bosqichlari

Ma'lumotlarga ko'ra 2020 yilga kelib Yer yuzasida yashaydigan aholi 8 mlrd.ni tashkil qilishi mumkin ekan, bu o'z navbatida hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan elektroenergiyani yana taxminan 50 % ga oshirishni talab qiladi. Buning uchun yonilg'i mahsulotlari yetarli bo'lishi kerak, lekin bu atrof muhitni yanada kuchliroq muhofaza va nazorat qilish masalalarini ko'ndalang qilib qo'yadi. Albatta bunda yadro energetika salmog'i ko'proq bo'lsada, lekin u bilan bog'liq muammolar yechimini topish zarur bo'lib qoladi. Bunda tiklanuvchi energiya manbasi bo'lmish gidroenergetika muhim ahamiyat kasb etishi mumkin. Demak, energiya ishlab chiqarish xajmini saqlash hamda ekologik toza yonilg'idan foydalanish masalalarini yechish zarur.

O'zbekiston energetik manbalarining samarali turlari bo'lgan gidroenergiyaga, neftgaz yonilg'isiga va toshko'mirga boy mamlakat hisoblanadi. Respublikamizda hozirgi kunda elektroenergiya ishlab chiqarishda asosiy manba bo'lib yonilg'i mahsulotlari hisoblanadi.

Har yili mamlakatimizda 60 mlrd. m³ ga yaqin gaz ishlab chiqariladi. Gaz va boshqa yonilg'i mahsulotlari 30-40 yil ichida ishlatilib bo'lishi mumkin.

Respublikamizda bir yilda tahminan 48 ming GVt. soat elektroenergiya ishlab chiqarilsa, bunda gaz va mazutdagi elektrostansiyalar ulushi 84% ni, toshko'mirdagi stansiyalar ulushi 3,5% ni va gidroelektrostansiyalar ulushi 12,5% ni tashkil qiladi.

Gidroenergetikani rivojlanish bosqichlari

-1 bosqich 1923-1941 yillar. 1923 yilgacha O'zbekistonda quvvati N=1350 KVt.li yagona Murg'ob GESi mavjud edi. 1923 yildan boshlab O'zbekistonda gidroenergetika rivojlana boshladi va 1930 yilda Gidroproekt tashkil etildi, 1926 yili quvvati N=4 MVt.li Bo'zsuv GESi, 1933 yili quvvati N=13 MVt.li Qodirya GESi, 1936 yili N=6,4 mVt.li Bo'rijar GESi, 1938-1941 yillari N=73,6 mVt.li Tavoqsoy va N=86,4 mVt.li Komsomol GESlari qurilishi boshlandi;

- 2 bosqich 1941-1960 yillar gidroqurilish bo'yicha tajriba ortirish bilan harakterlanadi. Bu davrda gidrotexnik qurilishining yangi texnik usullari ishlab chiqildi, kichik va o'rta GESlar qurilishidan yirik GESlar qurilishiga o'tildi. Bu davr ichida Chirchiq - Bo'zsuv trakti GESlari,

quvvati N =126 MVt.li Farhod GESi, 1,2,3,4 Namangan GESlari, Oqsuv GESi, Okkavok GESi, 6, 7 Shahrihon GESi, Hishrav GESi, Qumqurg'on GESi va boshqa GESlar qurildi;

- 3 bosqich 1961-1984 yillar gidrotexnika qurilishi yuqori jahon amaliyoti darajasiga yetdi. Baland to'g'onlar qurildi, yirik GESlar: Chorvoq GESi, Ho'jakent GESi, G'azalkent GESi, quvvati N=150 MVt.li Tuyamo'yin GESi, quvvati N=140 MVt.li Andijon GESi loyihalandi va qurila boshlandi;

- 4 bosqich 1984-1990 yillar, bu davrda noyob Chorvoq GESining birinchi agregatlari ishga tushirildi; quvvati N=120 MVt.li G'azalkent GESi, quvvati N=180 MVt.li Uchqo'rgon GESi qurildi. Gidroenergetik ob'ektlarni loyihalash va qurish eng yuqori jahon darajasiga ko'tarildi. O'zbekiston daryolari gidroenergetik potensialidan foydalanishda, ko'pgina xalq XO'JALIGI sohalari, ayniqsa irrigatsiya sohasi talablari inobatga olindi, hamda umumiy gidrotexnika qurilishi bilan hamohang bajarildi;

- 5 bosqich 1990 yildan hozirgi davrgacha. qishloq XO'JALIGI energiya iste'moli 2005 yili tahminan 11,7 mlrd. KVt soatga yetdi, 2010 yilga kelib bu

ko'rsatkich tahminan 20 mlrd. KVt soatga yetishi va elektroenergiya tanqisligini keltirib chiqarishi mumkin.

O'zbekistonda hozirgi kunda sug'oriladigan yerlarning yarmisi energiya iste'mol qiladigan mashinali suv kutarish bilan bog'liqligi, elektroenergiya tarifining doim oshib borishi hozirgi kunda dolzarb masalasi, ya'ni xalq XO'JALIGIni arzon energetik manba bo'lmish GESlar bilan ta'minlashni taqazo qilmoqda.

Chet el olimlarining iqtisodiy tekshirishlari shuni ko'rsatmoqdaki uzoq kelajakda GESlar elektroenergiya ishlab chiqarishning asosiy manbasi bo'lib qolar ekan, chunki yonilg'i mahsulotlarining bahosi oshib bormoqda, issiqlik va atom stansiyalarni qurish va ishlatish qimmatlashmoqda.

Hozirgi bosqichda yirik GESlarni qurish bilan bog'liq barcha qiyinchiliklarni inobatga olib mavjud irrigatsion tarmoqlarda va suv omborlarida o'rta va kichik GESlar qurish mumkin. O'zbekistondagi barcha mavjud kichik GESlar qurilganiga va ularga ketgan harajatlar qoplanganiga ancha bo'ldi va bugungi kunda ular samarali ishlamoqda.

Respublikamiz suv omborlarida 505 MVt.ga teng o'rnatilgan quvvatiga ega, 1354 mln. KVt soat mikdorli o'rtacha ko'p yillik elektroenergiya ishlab chiqarish imkoniyatini yaratib beradigan 43 ta kichik GESlarni qurilishining imkoniyati aniqlandi. Kanallar suv tushirgichlaridagi kichik GESlar resursi esa 3060,7 mln. KVt soatni tashkil qilishi mumkin ekan. Bularga quvvati 3 MVt Uyg'ur GESi, To'palon, Gissarak, Sharhansoy va Gulba GESlarini misol qilib ko'rsatish mumkin.

1.2. Elektrlashtirish texnik va ma'daniy taraqqiyot asosi

Jahonda energiya iste'moli har 10 yilda ikki marta ko'paymoqda. GESlarni boshqa turdagi elektrostansiyalar bilan solishtirganda, quyidagi afzalliklarini kuzatish mumkin:

-GESlar har yili suv oqimidan tushuvchi suv energiyasidan foydalanadi va o'zining ishi uchun qimmat va qayta tiklanmaydigan yoqilg'ini talab qilmaydi;

- GES bo'yicha elektroenergiya tannarhi IESga nisbatan 5-10 marta arzon;
- GES o'z quvvatini tez o'zgarishi bilan harakterlanadi, (GES quvvati yuklanishga qarab o'zgaradi) va energiya tarmoq grafigining cho'qqisida ishlaydi;
- GESdagi jarayonlarni avtomatlashtirish hisobiga xizmatchilar soni IESga nisbatan 3-4 baravar kam;
- GES ekspluatatsiyasi qaytarilmaydigan suv iste'moli atrof muhitning na kimyoviy, na issiqlik ifloslanishi bilan kuzatilmaydi. GESlarga o'rnatilgan agregatlar yuqori 90%li FIK ga ega, IES larda esa 50 %.

Bularning hammasi yirik suv omborli GESlarga ta'lluqli. Hozirgi vaqtda bunday GESlar qurilmayapti, ammo qurilgan GESlarni imkon darajasida kam salbiy ta'sirlarsiz ishlatish zarur.

Yer yuzida suv omborlarining soni 30 mingdan, suv yuzasi maydoni 400 ming km². dan ko'proq. MDHda xajmi 1010 km³li 1000ga yaqin suv omborlari mavjud. 1974 yilga kelib AQShda 1600 ta suv ombori qurilgan. AQShda suv omborlarining foydali xajmi 2010 yilga kelib 2 barobar ko'payishi mumkin. Har yili dunyo bo'yicha 300-500 tagacha suv omborlari qurilib ishga tushirilmoqda. 30-40 yil oldin Afrikada suv omborlari bo'lmagan. Hozirgi kunda esa yirik 5 ta suv omboridan 4 tasi o'sha yerda.

Ohirgi 40 yil ichida dunyodagi suv omborlar soni 4 barobar, ular xajmi 10 barobar, Lotin Amerikasi, Afrika va Osiyo davlatlarida 40-90 barobar ko'paydi.

Demak, GES va suv ombori texnik taraqqiyot zaruriyatini bildiradi, ulardan mohirona foydalanilsa ko'pgina xalq XO'JALIGI masalalarini hal etish mumkin.

GES suv omborlaridan (tekislikdagidan tashqari) voz kechish kerak emas, faqat tabiatni atrof muhitni muhofaza qilish bo'yicha tegishli choralarni amalga oshirish zaruriati tug'iladi.

2- BOB. GIDRAVLIK ENERGIYA VA UN DAN FOYDALANISH USULLARI

2.1. Gidroenergetik resurslar

Dunyo suv energiyasi potentsiali 48230mlrd. kVt soat bilan baholanadi.

Jumladan 1.1 jadvalda jahon suv energiyasi zaxiralari va bir qator mamlaktlarda ulardan foydalanish darajasi keltirilgan.

1.1- Jadval

Dunyo suv zaxiralari va ulardan foydalanish darajasi

Davlat	Iqtisodiy potensial mlrd.kVt×s	Foyda- lanish darajasi %	GES oʻrnatilgan quvvati mln.kVt	Elektenergiya ishlab chiqish mlrd kVt×s/yil			GES energiyasi ulushi %
				GESga	AESga	Jami	
AQSh	685	44	64,3	303	171	2120	15
Braziliya	657	10	13,8	67	-	80	84
Kanada	218	96	36,7	210	13,4	295,1	71
Norvegiya	152	51	16	77,5	0	77,5	100
Yaponiya	132	64	23,5	84,8	19,7	459,0	18
Shvetsiya	80	72	12,3	57,6	11,9	80,6	72
Fransiya	70	85	16,6	60,0	17,5	186,0	32
Italiya	70	61	16,8	42,6	3,8	147,1	29
Ispaniya	58	46	11,5	26,4	7,5	82,4	32
Shveytsariya	-	94	9,8	34,0	7,7	43,0	79
Buyuk Britaniya	-	-	2,3	4,9	30,3	272,2	2
Cobik sovet ittifoq xududi	1095	13	52,7	184	73	1294	14,2
Jami	9800	14	4,4	1431	348	6514	22,6

Bu zahiralarning 12% oldingi sovet ittifoqi hududida va 88,5 mlrd. kVt soati O'zbekistonda.

Gidroenergiya resurslarining uchta asosiy ko'rsatkichi mavjud:

- to'liq energetik potensial - gidravlik energiyaning ustki va daryo oqimi (nazariy va yalpi) potensial zahirasi. Energiya miqdori barcha sarfni sutkasiga 24 soat foydalanishdan kelib chiqib hisoblangan. Bu ko'rsatkich tahminan o'zgarmaydi;

- teknik potensial - bu texnika zamonaviy taraqqiyotida to'liq energetik potensialdan qisman foydalanish imkoniyati. Teknik sabablariga ko'ra barcha potensial zahiralardan foydalanish mumkin emas. U 19,4 trl. kVt soatni tashkil qilib, o'zgaruvchan ko'rsatkich hisoblanadi. Masalan, avval $N=1,5-2$ metr bosimdan foydalanish samarali emas deb hisoblanilar edi, hozir esa kapsulali agregatlar ihtiro etilgandan so'ng, buni imkoniyati bor;

- iqtisodiy potensial - bu potensialdan hozirgi vaqtda teknik imkoniyatlardan va iqtisodiy samaradorlikdan kelib chiqib foydalaniladi. Bu eng o'zgaruvchan ko'rsatkich.

O'zbekiston yalpi, teknik va iqtisodiy gidropotensialini quyidagilardan iborat.

Daryo oqimi yalpi va to'liq energetik potensial - 85,5 mlrd. kVt soat (yirik daryolar - 81,1 o'rta daryolar - 3,0 kichik daryolar - 4,4).

Tehnik potensial - 27,4 mlrd. kVt soat (yirik daryolar - 24,6 o'rta daryolar - 1,5 kichik daryolar - 2,3).

Iqtisodiy potensial - 16,6 mlrd. kVt soat, hozirgi kunda 6,8 mlrd. kVt soatdan foydalanilmoqda.

Respublikamizdagi asosiy daryolar gidroenergetik resursi 2.2- jadvalda ko'rsatilgan.

Respublikamizdagi asosiy daryolar gidroenergetik resursi

№	Daryo	Texnik		Iqtisodiy		O'zlashtirilgan	
		MVt	GVt×soat	MVt	GVt×soat	MVt	GVt×soat
1	Chotqol	500	1,1	500	1,1	-	-
2	Pskem	1250	3,06	1250	3,06	-	-
3	Chirchiq	1246	4,84	1228	4,78	1200	4,72
4	Qoradaryo	188	0,78	188	0,78	168	0,61
5	Sirdaryo	166	0,75	166	0,75	126	0,43
6	Surhondaryo	320	1,46	160	0,47	-	-
7	Qashqadaryo	70	0,21	12	0,065	-	-
8	Zarafshon	168	0,62	40	0,18	40	0,18
9	Amudaryo	770	3,27	650	2,57	150	0,47
Jami			16,07		13,75		6,43

Hozirgi kunda Respublikamizda o'rnatilgan quvvati Nurt =1689 MVt ga teng 41ta GES mavjud, ulardan 30 tasi harakatda. Shu bilan birga quvvati 383,2 MVt ga teng 35 ta kichik GES qurilgan, ulardan 24 tasi harakatdagi inshootlardir (Chirchiq - Bo'zsuv trakti GESi, Toshkent GESlari kaskadi, Andijon GESlari, Samarqand GESlari).

Kichik energetikani rivojlantirish uchun mavjud irrigatsion tarmoqlarning gidroenergetik potentsiali tanlangan. Irrigatsion kanallar suv tushirgichlari texnik gidroenergetik potentsiali 3,06 mlrd. kVt soatni, irrigatsiya suv omborlariniki esa - 1,35 mlrd. kVt soatni, iqtisodiy potentsial esa 2,5 mlrd. kVt soatni tashkil qiladi.

2.2. Suv energiyasidan foydalanish prinsiplari

Tabiiy sharoitda daryo oqimi to'htovsiz ish bajaradi. Suv sarfi - K , tezligi - V , uzunligi - L , harakat kesim yuzasi - ω ko'rsatkichlarga ega suv oqimini ko'rib chiqamiz. Suv oqimida birinchi va ikkinchi qirqimlar orasidagi hajmni ajratamiz. Bu hajmni diagonallar kesimidagi og'irlik markazini topamiz. Ajratilgan hajmga o'zining og'irligi $G = \rho g \times \omega \times L$ ta'sir qiladi, uning tashkil qiluvchilaridan biri kuch F bo'lib, u oqimning harakat tezligi kabi yo'nalgan

$$F = G \times \sin \alpha = \rho g \times L \times \omega \times \sin \alpha$$

Ajratilgan suv okimi L uzunlikdagi masofani bosib o'tganda bajaradigan ishni topamiz

$$A = F \times L$$

L oqimning tushish balandligini N tezligini V orqali belgilaymiz.

$$L = H / \sin \alpha$$

$$L = V \times t$$

Uzluksizlik qonuniyatidan kelib chiqib ekanligini hisobga olsak, unda

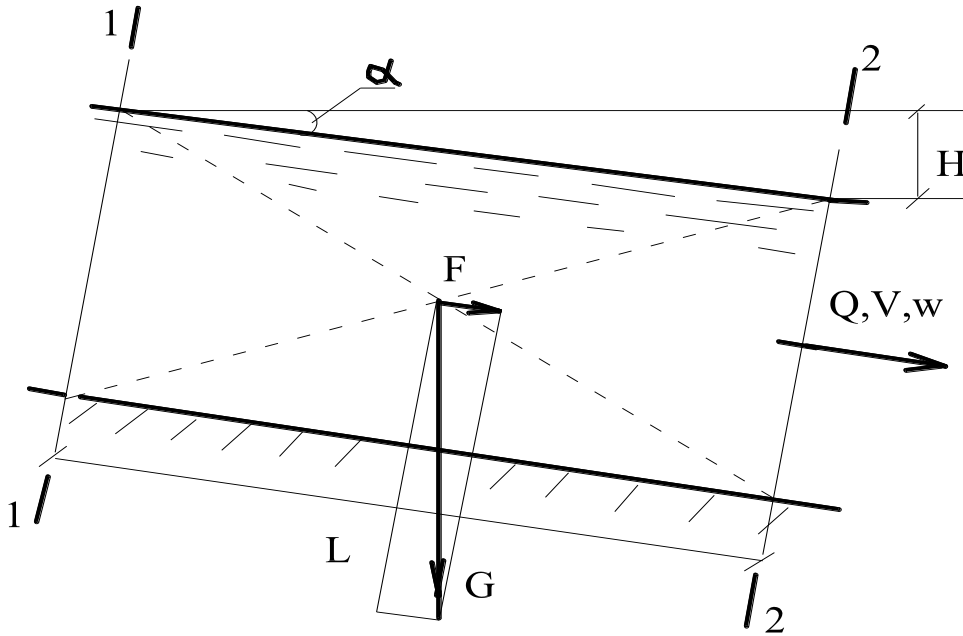
$$A = \rho \times g \times \omega \times L \times \sin \alpha \times L = \rho \times g \times \omega \times V \times t \times H = \rho g \times Q \times t \times H, \text{ dj}$$

Oqim quvvati $N = A/t = \rho \times g \times Q \times H$, dj/s (Vt) = $1000 \times 9,81 \times Q \times H / 1000$, kVt
= $9,81Q \times H$, kVt.ga teng.

Suv oqimining ko'rsatkichlari bo'lib bosim - H , quvvat - N va energiya - E hisoblanadi.

Oqim energiyasi $E = N \times t = 9,81 \times Q \times H \times t$, kVt $\times$ soat.

Daryo oqimi yuqori qismdan quyigacha harakat qilib o'z energiyasini gruntlarni yuvishga, suv massalarini va mahsulotlarini tashishga sarflaydi. Tabiiy sharoitda (sharsharalardan tashqari) suv energiyasi, suv oqimini hamma uzunligi bo'yicha tarqalgan bo'ladi.



2.1- Rasm

Ko'proq quvvat hosil qilish yoki suv energiyasidan foydalanish uchun daryo energiyasini GTI yordamida bir joyga to'plash zarur, u esa suv oqimini jamlanib tushishini ya'ni suv bosimini hosil qiladi.

2.3. GES parametrlari

GES parametrlariga bosim, suv sarfi, f.i.k, quvvat va ishlab chiqarilayotgan energiya kiradi.

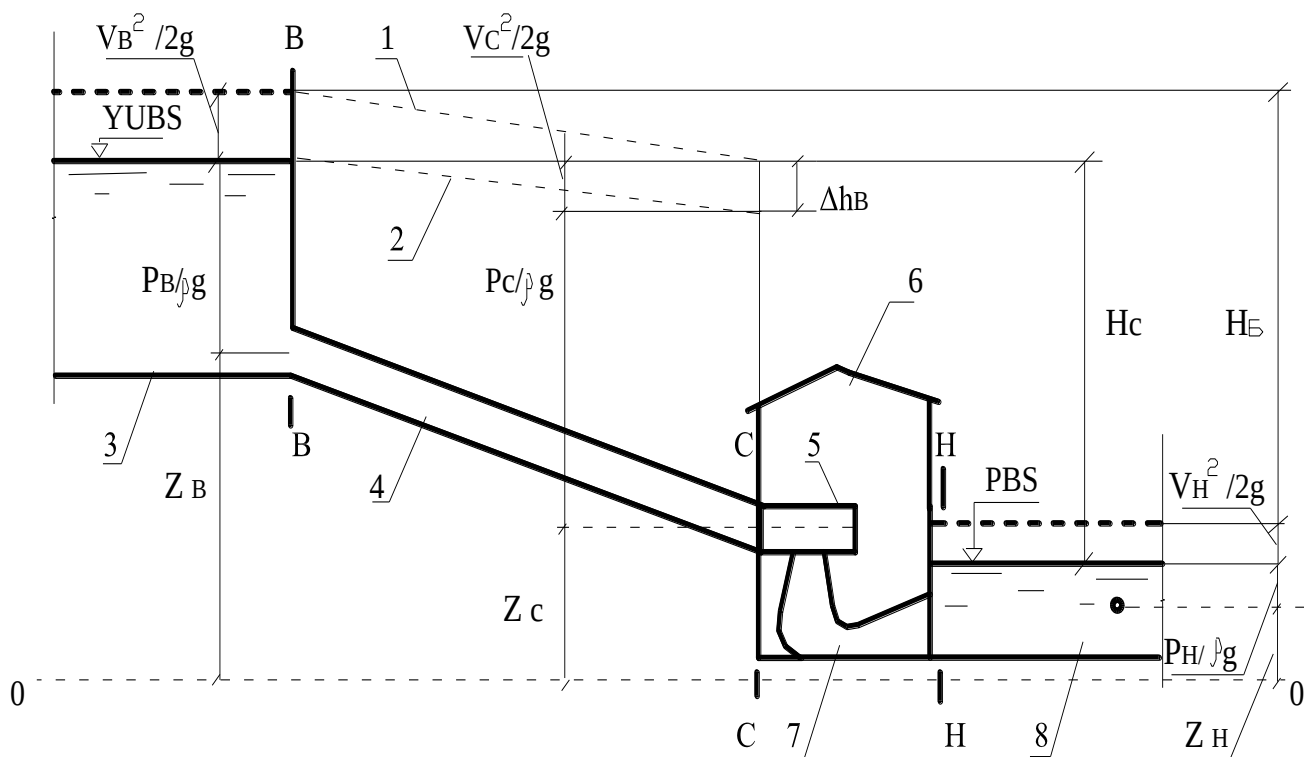
Statik bosim deb suvning yuqori va pastki b'eflar sathlari farqiga aytiladi, 2.2-rasm.

$$H_s = \nabla YBS - \nabla PBS$$

Suv energetik hisoblarda GES bosimi

$$H = H_{st} - \sum h_{so'r} \text{ ga teng,}$$

bu yerda: $\sum \Delta h_{so'r}$ – turbinagacha bosim yo'qotilishi



2.2-Rasm GES shemasi:

1-energiya chizig'i, 2- p'ezometrik chiziq, 3-suv qabul qilgich, 4-bosimli suv uzatgich, 5-turbina, 6- GES binosi, 7- so'rish quvuri, 8- pastki b'ef

Aniq hisob uchun brutto bosimidan foydalaniladi. Nb V-V va N-N qirqimlardagi solishtirma energiyalar farqi.

Turbina ishchi bosimi H - kirish qirqimi S-S va chiqish qirqimi N-N solishtirma energiyalar farqi.

Hozirgi kungacha qurilgan GES larda bosim 2m dan 2000 metrgacha boradi. Eng katta bosimli $H=2000$ metr GESga Avstriyadagi Reyssek GESi misol bo'la oladi.

GES suv sarfi yuqori b'efga suvning kelishiga, suv omborlaridagi suv zaxiralariga, suv xo'jalik kompleksi a'zolarining ish rejimiga bog'liq bo'ladi.

GES suv sarfi Q_{GES} bu hisobli bosimdagi barcha turbinalar sarfi.

Turbina validagi quvvat $N_T = 9.81 \times Q_T \times H \times \eta_T$ ga teng.

Generator chiqishidagi agregat quvvati esa

$$N_r = N_T \times \eta_r = 9.81 \times Q_T \times H \times \eta_T \times \eta_r \text{ ga teng.}$$

GES quvvati o'rnatilgan quvvat deb nomlanuvchi barcha agregatlar quvvatidir.

Ishlab chiqarilgan energiya miqdori quyidagicha hisoblanadi:

$$E = N_{GES} \times T, \text{ kVt soat.}$$

GES foydali ish koeffitsienti $\eta_{GES} = \eta_T \times \eta_G$

2.4. Hidroenergetik resurslaridan foydalanish sxemasi

Elektr energiyani olish maqsadida gidroenergetik resurslardan foydalanish uchun maxsus gidrotexnik inshootlar yordamida suv oqimini jamlab tushirish ya'ni bosim hosil qilish zarur.

Bosim hosil qilishning quyidagi usullari mavjud:

1. Tug'on usuli yoki GESni tug'onli sxemasi, bunda bosim tug'on yordamida hosil qilinadi, 2.3 va 2.4-rasm;
2. Derivatsion usul - GESni derivatsiya sxemasi, bunda bosim asosan derivatsiya (kanal, tunnel va boshqalar) 2.5 - rasm hisobidan hosil qilinadi;
3. Aralash usul - GES aralash usul sxemasi, bunda bosim tug'on hisobidan, hamda derivatsiya hisobidan hosil qilinadi, 2.6-rasm;
4. Mavjud suv tashlagichlardan foydalaniladigan irrigatsion inshootlardagi GES.

Tug'onli GES sxemasi ko'proq katta suv sarfida va suv oqimining (daryoning) kichik nishabligida qabul qilinadi.

Bosim tug'on qurish va yuqori b'efda suv hajmini yig'ish hisobidan hosil qilinadi. Tug'on yordamida daryodagi A va B qirgimlar orasidagi sathlar farqidan foydalaniladi. Bu farq $H_{cm} + \Delta h$ ga teng.

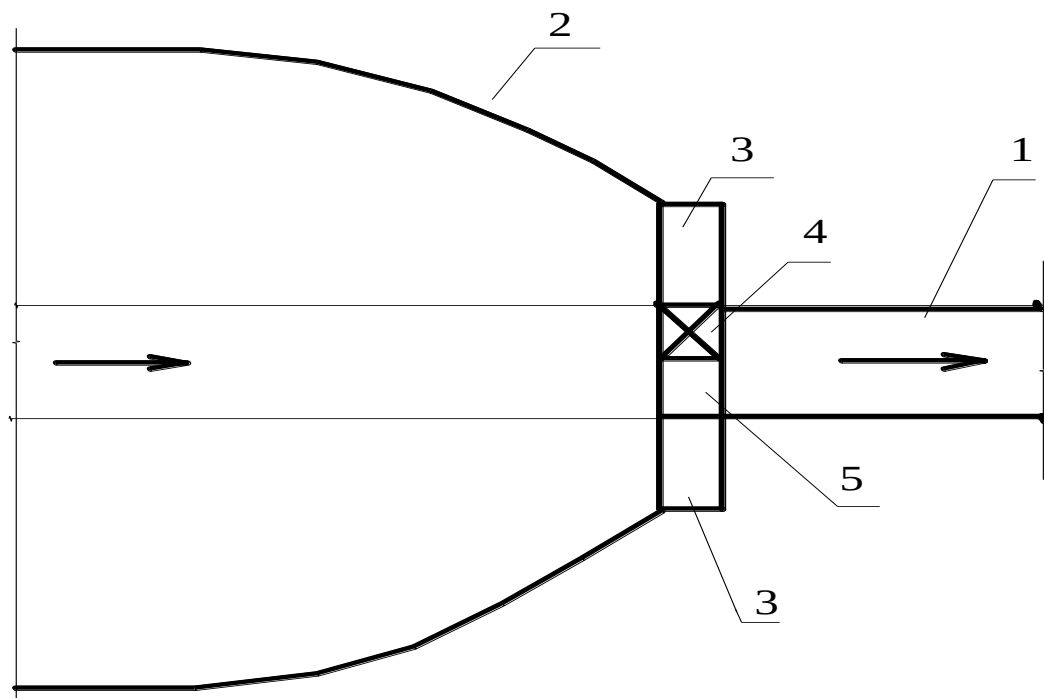
Bu yerda Δh - bosim yo'qotilishi.

Tug'onli sxemada 2.3 va 2.4- rasm bosim kattaligiga ko'ra GES ning o'zanli va to'g'on yoni turi mavjud buladi.

O'zanli GES deb, GES binosi to'g'on kabi front tarkibiga, ya'ni bosim hosil qiluvchi inshootlar tarkibiga kiruvchi GESlarga aytiladi. 2.4-rasm

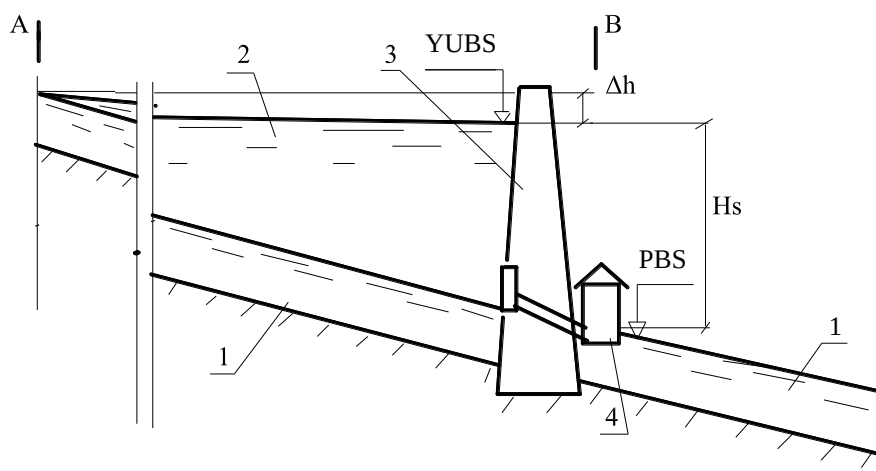
Ular nisbatan kichik bosimlarda quriladi, masalan Qayraqum GESi, Dnepr GESi, o'zanli GES binosi bosimni yuqori b'ef tomonidan qabul qiladi va to'g'on kabi mustahkamlilik shartlariga javob berishi zarur.

O'rta va yuqori bosimlarda tug'on yoni GES lar quriladi 2.3- rasm. Bino to'g'on orqasida, uning himoyasida joylashadi va turbinalarga suv keltirish quvurlar orqali olib kelinadi.



2.3 - Rasm. To'g'onli bosim hosil qilish sxemasi (plan):

1 - daryo, 2 - suv ombori, 3 - hamma yog'i berk tug'on, 4 - GES binosi , 5 - suv tashlovchi tug'on.

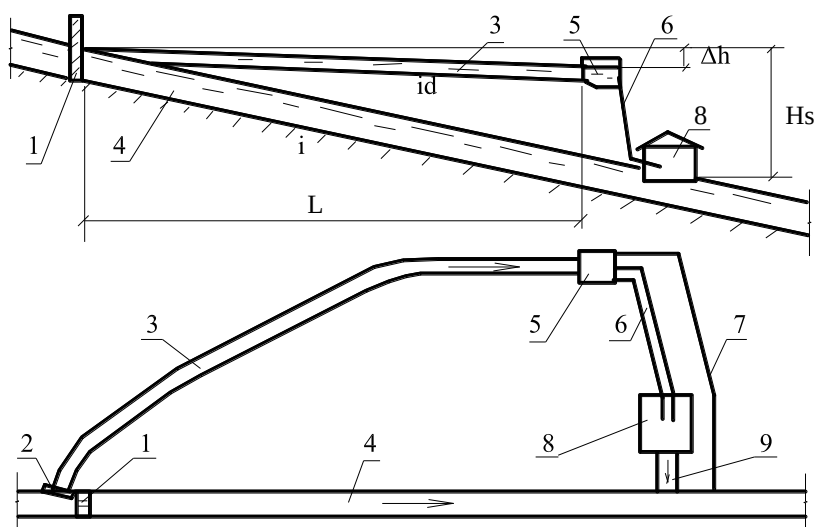


2.4 -Rasm. Tug'onli bosim hosil qilish sxemasi (qirqimi)

To'g'onli bosim hosil qilish usulining kamchiligi - anchagina yer maydonini suv bosishi, to'g'onni qimmatligidadir.

Derivatsion sxemada bosim derivatsiya (lotincha «suvni olib o'tish») yordamida hosil qilinadi, 2.5- Rasm.

Derivatsiya daryoning ma'lum qismida jamlangan bosimni hosil qilish uchun xizmat qiladi.



2.5-Rasm. Bosimni derivatsion usuli bilan hosil qilish sxemasi (qirqim va plan)

Bosimli hovuz qanchalik suv olish inshootidan uzoqda bo'lsa, shunchalik derivatsion kanal va daryodagi sathlar farqi katta bo'ladi. Derivatsiya usuli yordamida katta nishabli va kam sarfli, tog'li va tog'oldi daryolar energiyasidan foydalaniladi.

Bosim derivatsiya (derivatsiya kanali, tunnel va quvur) va daryo nishabligi farqi hisobidan hosil qilinadi.

Inshootlar tarkibiga quyidagilar kiradi:

1. GES inshootlarining bosh bo'g'ini: to'suvchi to'g'on (1), suv qabul qiluvchi yoki suv olish inshooti (2). Keluvchi kanal (3);
2. Derivatsiya: ochiq kanal, tunnel, quvur;
3. GES bosimli - stansiya bo'g'ini: bosimli hovuz (5), bosimli quvur (6), (ortiqcha) suv tashlagich inshooti (7), GES binosi (8);
4. Suv olib ketuvchi kanal (9).

Derivatsion sxemada GES bosimi

$$H_{st} = (i_{daryo} - i_{derivatsiya}) \times L - \Delta h_{derivatsiya}, \text{ teng,}$$

bu yerda: H_{st} - statik bosim, L - derivatsiya uzunligi.

L qanchalik katta bo'lsa, shunchalik bosim katta, ammo uzun kanallarda harajatlar ko'p bo'ladi, masalan mavjud kanallarni, jarliklarni va boshqalarni kesib o'tish.

Suv oluvchi bosh bo'g'in derivatsiyaga kerakli miqdordagi suvni olishni ta'minlaydi. Bosh bo'g'inda tubdagi chiqindilar bilan kurash olib boriladi (qirg'oqning egri qismida). Muallaq oqiziklar bilan kurash olib borish uchun suv qabul qilgichdan so'ng tindirgichni o'rnatga bo'ladi. Derivatsiya, joyning rel'efi va geologik sharoitiga qarab, ochiq kanal, tunnel yoki quvur ko'rinishida bajarilishi mumkin.

Ochiq kanal, daryonikiga (daryo nishabligiga) qaraganda kamroq nishablikka ega bo'lishi zarur.

Bosimli - stansiya bo'g'ini inshootlari vazifalari:

-bosimli hovuz - bosimsiz harakatni bosimli harakatga aylantiradi, unda suv quvurlar orasida taqsimlanadi, oqimda suzib yurgan oqiziqqlarga qarshi tadbirlar olib boriladi, ortiqcha suvlar tashlab yuboriladi (bosimli derivatsiyada bosimli hovuz o'rniga tenglashtiruvchi rezervuar ishlatiladi);

-bosimli quvurlar - bosimli rejimda suvni turbinaga keltiradi (temir beton yoki po'latdan tayyorlanadi);

-bekorchi suvni tashlash inshooti - ortiqcha suvni turbinaning avariya o'chirishida yuqori b'efdan pastki b'efga avtomatik tashlaydi;

-GES binosi - turbinalarni, generatorlarni, taqsimlovchi qurilmalarni va boshqa yordamchi jihozlarni joylashtiradi;

-olib ketuvchi kanal - GESda ishlatilgan suvni suv manbaiga tashlaydi;

Derivatsion sxema tog'li va tog' oldi sharoitlarida, daryolarni nisbatan katta nishabligi va qisqa uzunligida va kichik ko'ndalang qirqimdagi derivatsiyada nisbadan katta bosim va GES quvvatini hosil qilganda afzal bo'ladi.

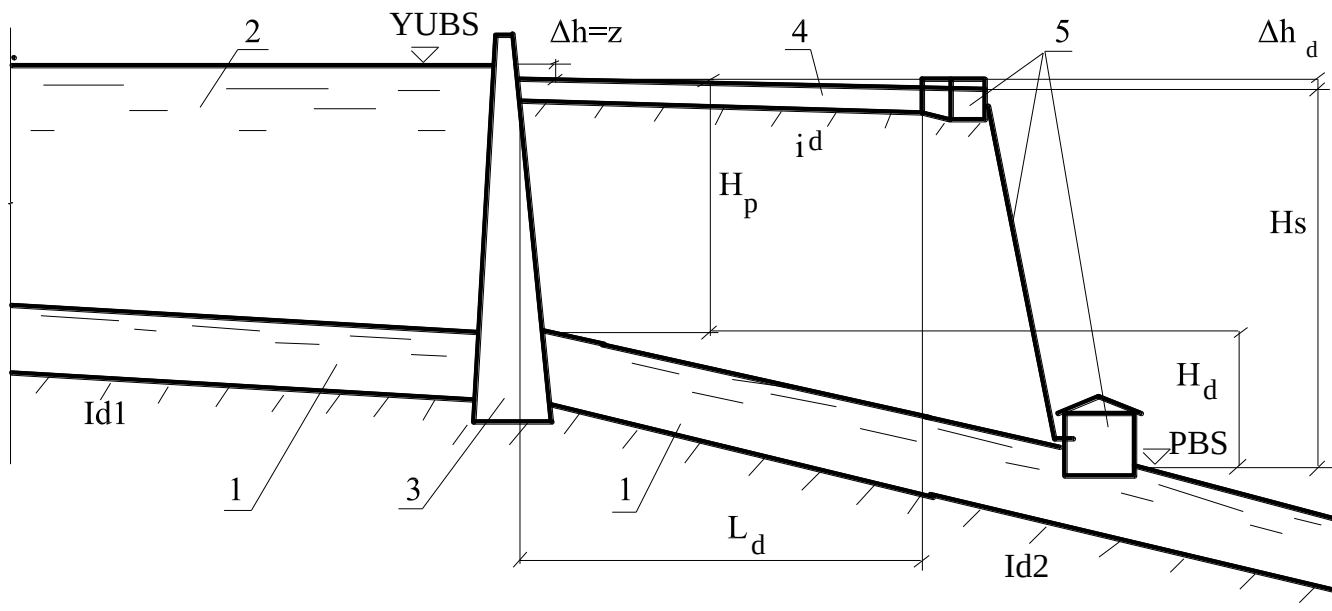
Bosim hosil qilishning to'g'on - derivatsion sxemasida avvalgi sxemalar foydali xususiyatlardan foydalaniladi. Masalan, agar daryo yuqori qismida kichik, pastki qismida katta nishablikka ega bo'lsa, unda yuqori qism ohirida suv omborli to'g'on qurish, so'ngra derivatsiya yordamida daryoning katta nishablik qismidan foydalanib, kattagina GESning umumiy bosimini olish mumkin, 2.6 - rasm.

Bunda:

$$H_{st} = \nabla YUBS - \nabla PBS - i_d \times L;$$

$$H_{st} = H_T + H_d - \sum \Delta h_d$$

Tog'li joylarda suv omborlarini qurish deyarli ziyon keltirmaydi.



2.6-Rasm. Bosim hosil qilishning aralash usuli sxemasi:

1-daryo, 2- suv ombori, 3- to'g'on, 4- derivatsion kanal ,
5- GES bosimli - stansiya bo'g'ini

2.5. Hidroakkumulyatsion va gidroturbina nasos stansiyalar haqida tushunchalar

Gidroakkumulyatsion elektrostansiyalar (GAES) shunday qurilmalarki, ularda suv pastki belgidan yuqori belgiga chiqarilib, keyinchalik u suvdan elektroenergiya ishlab chiqarishda foydalaniladi.

GAES sutkaning tungi vaqtida energiya tarmog'idan olingan energiya hisobidan suvni nasos yordamida pastgi hovuzdan yuqoriga tashlaydi. Kunduzi yoki kechqurun tarmoqda elektr iste'moli ko'payganda, suv yuqori hovuzdan turbina orqali pastki hovuzga o'tkaziladi.

Bu vaqtda GAES elektroenergiya ishlab chiqarib tarmoqqa uzatadi. GAES kunduzi elektroenergiya narhi tundagiga qaraganda ancha qimmat bo'lgan vaqtda yuklama grafigi cho'qqisida ishlaydi.

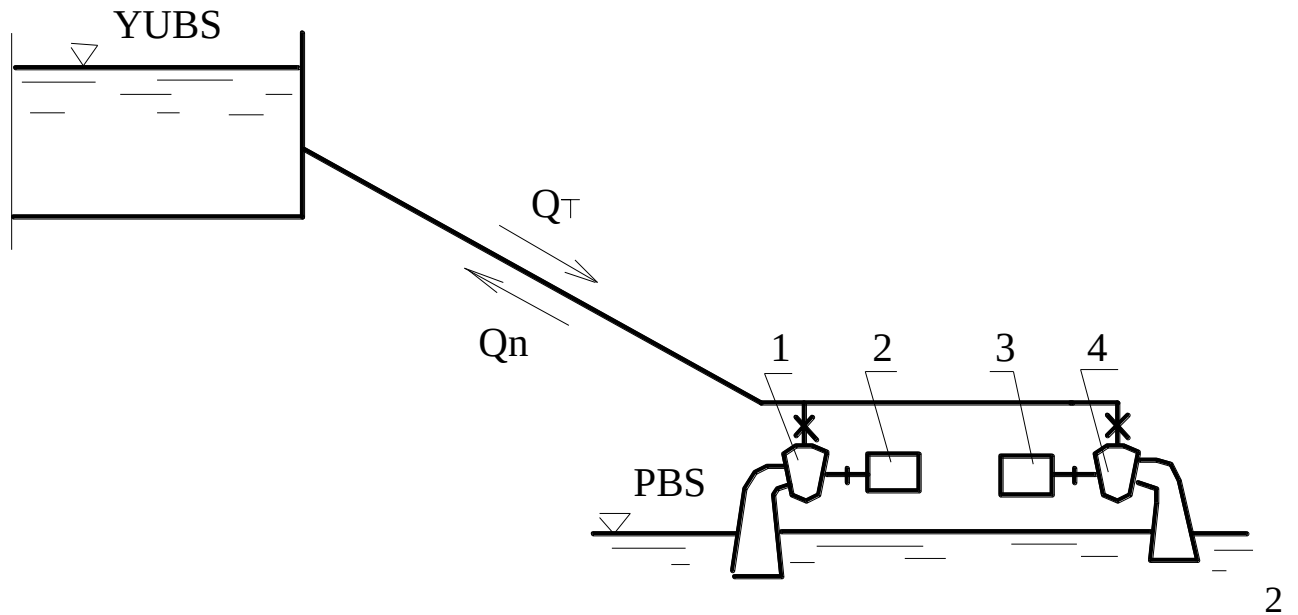
GAES elektroenergiyani va suvni tejash kabi dolzarb masalani yechadi. Hozirgi kunda dunyoda umumiy quvvati 70 mln. kVt dan ko'p (o'rtacha quvvat 300MVt) 250 ta harakatdagi GAES mavjud.

Yuqori quvvatli GAESlar AQShda (36 ta GAES quvvati 15.5 mln. kVt), Yaponiyada (3ta GAES quvvati 12.8 mln. kVt), Italiyada (32 ta GAES quvvati 11.8 mln. kVt) va boshqa mamlakatlarda bor. 25 ta eng yirik GAESlar quvvati 875 MVt dan (Malta Avstriyada) 2100 MVt gacha (Beta-Kounti, AQSh) mavjud. Ularda brutto bosimi 280-1265m va undan yuqori, FIK esa 70-75%.

GAESni to'rtta turi mavjud: to'rt agregatli (2.7-rasm), uch agregatli (2.8-rasm), ikki agregatli (2.9-rasm) va bir agregatli.

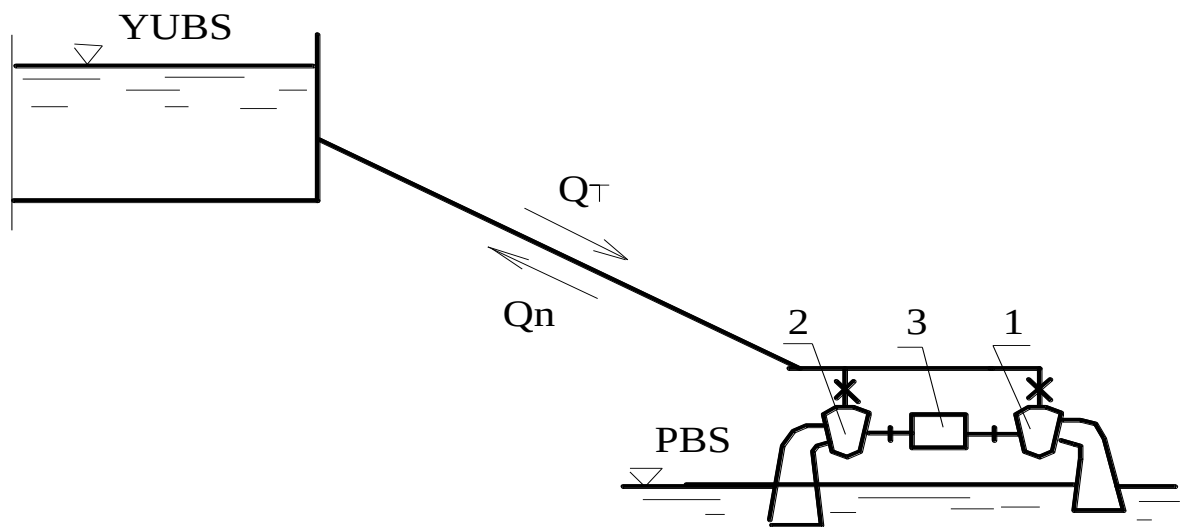
GAES ning eng sodda turida elektroenergiya ortiqcha bo'lganda ish nasos rejimida, yetishmaganda turbina rejimida bo'ladi.

Bir agregatli GAESda mehanik energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi - magnitogidrodinamik (MGD) bitta mashina generator o'rnatiladi.



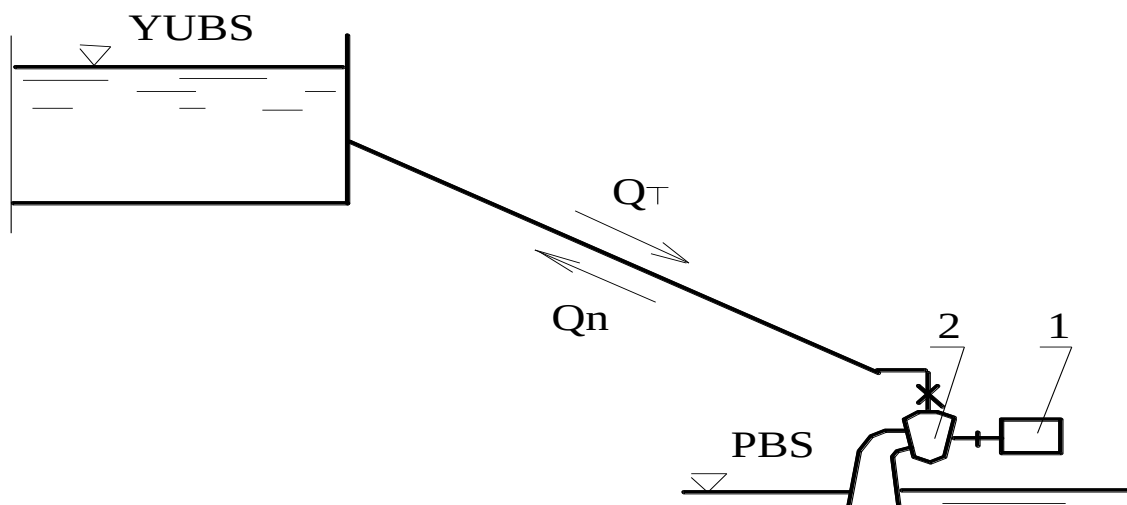
.7-Rasm. To'rt agregatli GAES sxemasi:

1- turbina, 2 - generator, 3 - elektrodvigatel, 4 - nasos



2.8-Rasm. Uch agregatli GAES sxemasi:

1- turbina, 2 - nasos, 3 - motor-generator.



2.9 Rasm. Ikki agregatli GAES sxemasi:

1- motor-generator, 2 - turbina-nasos.

Gidroturbonasos stansiyalar (GTNS). Suv energiyasidan mehanik suv ko'tarishda foydalanish odatdagi sxemasi: suv energiyasi → elektr energiyasi (ko'paytiruvchi podstansiyalar, yuqori voltli tarmoq) → nasos stansiyasi (kamaytiruvchi podstansiyalar, dvigatel, nasos) → suv energiyasi. Bu sxemada mashinali suv ko'tarish f.i.k, generator, turbina, transformator, elektr uzatish tarmog'i, nasos va dvigatel f.i.k.lari ko'paytmalaridir.

$$H_{\text{mex.suv.ko't.}} = \eta_g \times \eta_T \times 2\eta_{tr} \times \eta_{eut} \times \eta_{dv} \times \eta_n = 0.95 \times (0.8 \div 0.9) \times 2 \times 0.97 \times 0.95 \times (0.8 \div 0.9) = 0.7 \div 0.5,$$

ya'ni bu sxemada energiyani 30%÷50% yo'qoladi.

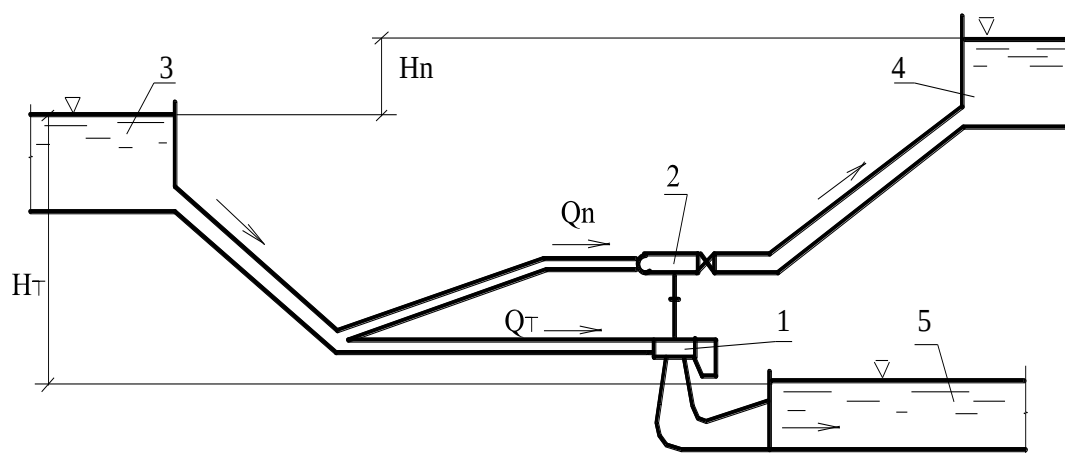
Suv energiyasi → mehanik energiya → suv energiyasi sxemasida ishlovchi gidroturbonasos stansiyani (GTNS) qurib suv energiyasidan samaraliroq foydalansa bo'ladi. Bunda suv energiyasidan foydalanish samarasi 30%-50% ga oshadi.

$$\eta_{\text{M.suv}} = \eta_n \times \eta_{dv}$$

Gidroturbonasos stansiya yordamida suv ko'tarish sxemasi 2.10 - rasmda ko'rsatilgan. Bunday sxemada qurishni, qulay tabiiy sharoitlarda (oqimdagi suv tushirgich, yonida esa sug'oriladigan tepaliklar) amalga oshirsa bo'ladi.

GTNSda turbina quvvati nasos quvvatiga teng:

$$N_T = N_n$$



2.10- Rasm. Gidroturbinanasos stansiya sxemasi:

1 - turbina, 2 - nasos, 3 - suv manbai, 4 - mashinali kanal, 5 - ketuvchi kanal.

$$N_T = N_n$$

$$N_T = \rho g \times Q_T \times H_T \times \eta_T / 102, \text{ kVt}$$

$$N_n = \rho g \times Q_n \times H_n / 102 \times \eta_n, \text{ kVt}$$

Ma'lum qiymatlar, ya'ni sug'orish maydoni $W_{\text{sug'}}$, nasos suv sarfi Q_n , bosimlar H_n , H_t dan foydalanib, turbina sarfi

$$Q_T = Q_n \times H_n / H_t \times \eta_T \times \eta_n$$

tenglamadan hisoblanadi.

3 - BOB. SUV XO'JALIGI VA SUV ENERGETIK HISOBLAR

3.1 GESlarning suv energetik hisobi tushunchasi

Suv energetik hisob deb, GES larni loyihalashda, GES suv sarfi Q_{ges} , bosimi H_h va ishlab chiqarilayotgan elektroenergiyani E hisobiy qiymatlari topiladigan va suv oqimini boshqarish bilan bog'liq barcha hisoblarga aytiladi.

Suv energetik hisoblar umumiy tarkibidan natijasi energetik ko'rsatkich (N va E) bo'lmaganlarni, ya'ni suv sarfi, suv omboridagi suv sathi va boshqalarni ajratsak bo'ladi.

GES larni loyihalashda suv energetik hisoblarning asosiy vazifasi quyidagilardir:

1. Loyihalanayotgan GES suv xo'jalik samarasini (quvvatni va GES ishlab chiqarayotgan energiyani topish) bilish;
2. GES gidrotexnik inshootlari asosiy o'lchamlarini (tug'on balandligi, eni, tug'ondagi tirqishlar soni, agregatlar soni va quvvati) tanlash uchun dastlabki berilganlarni tayyorlash, ular yordamida suv xo'jalik samarasi tadbiq etiladi;
3. Foydalanishda yuqori samaraga ega bo'lishi uchun GES inshootlaridan foydalanish qoidalarini ishlab chiqish.

Har qanday lahzadagi GES quvvati quyidagi formuladan topiladi.

$$N_{GES} = 9,81 Q_{GES} \times H_h \times \eta_t \times \eta_g, \text{ kVt}$$

bu yerda: Q_{ges} - GES hisobli suv sarfi m^3/s da, N_h - hisobiy bosim m da,

η_t, η_g - turbina va generator FIK.

Demak, GESning quvvatini topish uchun dastavval GESda foydalaniladigan suv sarfi Q_{ges} , GESga ta'sir qiluvchi bosim H_h , GESga o'rnatilgan generator va turbina FIKlari η_t, η_g ni bilishimiz kerak ekan.

Loyihalanaetgan GES quvvatini bilgan holda ishlab chiqarilayotgan elektroenergiya miqdori hisoblanadi.

$$E_{GES} = \sum (N_{GES\ i} \times \Delta t), \text{ kVt} \times \text{soat}$$

So'ngra GES qurilishining samaradorligini, ishlab chiqarilayotgan elektroenergiyaning tannarhini topishimiz mumkin bo'ladi.

Ma'lumki, elektroenergiyaga bo'lgan talab bir hil emas, ya'ni u ma'lum muddat ichida o'zgaradi (qishda ko'proq, yozda kamroq, ish kuni ko'p, dam olish kuni kam bo'ladi). Ayniqsa, yuklama sutka davomida keskin o'zgaradi. qandaydir iste'molchi uchun talab qilinayotgan elektroenergiyaning vaqt davomida o'zgarish grafigi elektr yuklama grafigi deyiladi. Bitta umumiy tarmoqqa birlashgan iste'molchilarning jami yuklama grafiklari, energotarmoq yuklama grafigi deyiladi. Elektr yuklamasining sutkali grafigi $P=f(t)$, 3.1 - rasm, ikkita ertalabki va kechki cho'qqili katta notekislik bilan farqlanadi.

Sutkali elektroenergiya ishlab chiqarish kattaligi $E_{sutka}=(P_i \times t_i)$, kVt soat ,

$$P_{o'rta\ sutka} = E_{sutka}/24.$$

Bu grafik uchun tungi minimum P_{min} va kechgi cho'qqi P_{max} , hamda o'rtacha $P_{o'rta\ sutka}$ yuklamalari harakterlidir.

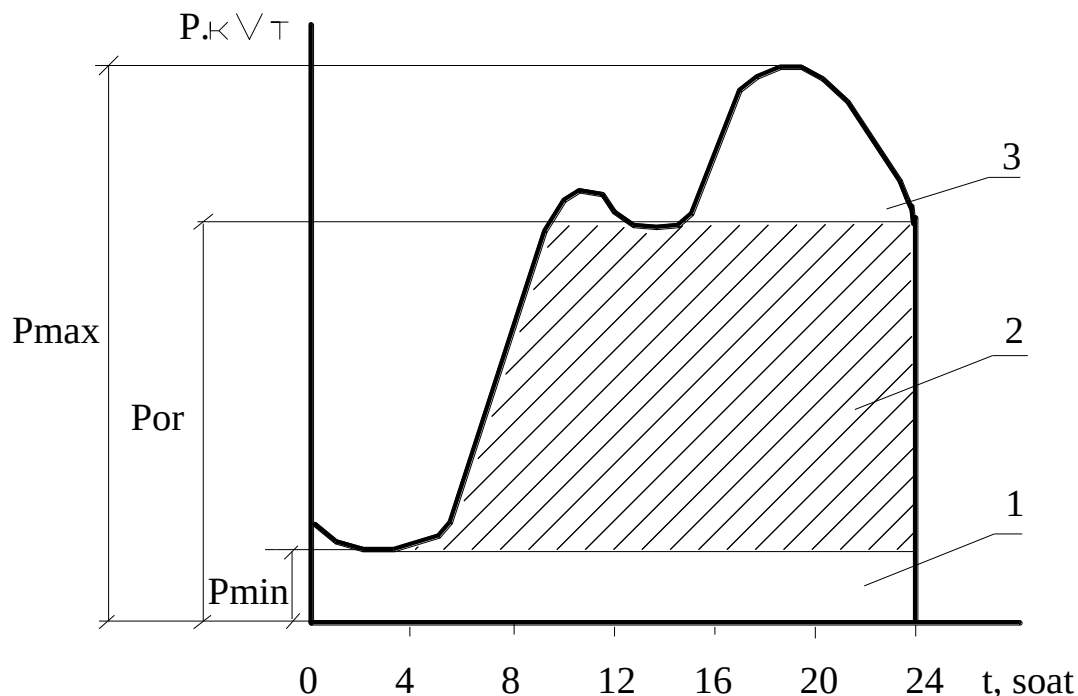
P_{kvt} - yuklama (quvvat N_{ga} to'g'ri keladi).

Grafikning P_{min} dan pastki qismi bazis, P_{min} va $P_{o'rta\ sutka}$ orasi yarim cho'qqi va $P_{o'rta\ sutka}$ dan P_{max} gacha cho'qqi qismi deyiladi.

Notekislik koefitsenti $=P_{max}/P_{min}$ hozirgi vaqtda ko'pgina elektrotarmoqlarda 1,8ga yetmoqda va undan ham oshib bormoqda.

$=1/$ zichlik koefitsenti.

Yillik elektr yuklama, asosan, deyarli tekis bo'lib, qish oylarida isitish hisobiga yuklama oshadi, yozda esa pasayadi, 3.2-rasm.



3.1-Rasm. Elektr yuklamasi sutkali grafigi:

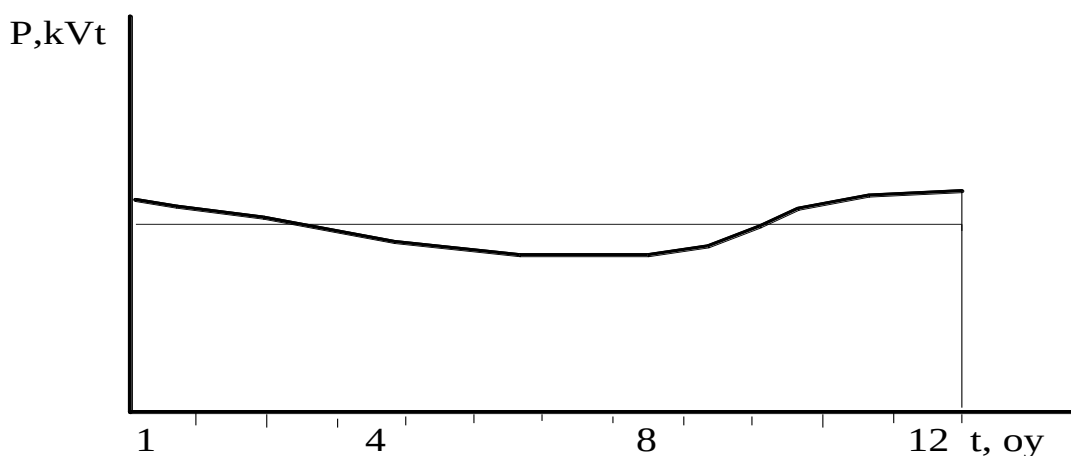
1-bazis, 2- o'rta qismi, 3- cho'qqi qismi.

Elektrenergiya uni ishlab chiqarish bilan bir paytda iste'mol qilinadi, shuning uchun elektroenergiyaning har lahzasidagi umumiy quvvati, energotarmoqqa ulangan iste'molchi umumiy yuklamasiga teng bo'lishi zarur, lekin yuqorida ko'rsatilganlardan ma'lum bo'ldiki, u doim o'zgaruvchan xususiyatga ega.

GESni tarmoq sutkali yuklama grafigi cho'qqi qismini yopish uchun joylashtirish foydali, shuning uchun GES sutka davomida o'zgaruvchan quvvatga ega bo'lishi zarur, bu esa sutka davomida turbinadan o'zgaruvchan suv sarfini o'tkazishni taqazo qiladi. Daryodagi suv sarfi sutka davomida deyarli o'zgarmas bo'lgani uchun, GES sutkali grafigi cho'qqisida ishlaganda, suv sarfini boshqarish zaruriyati tug'iladi, ya'ni sutkaning ma'lum davrida suvni yig'ish va boshqa paytda ishlatish mumkin.

Bunday oqimning boshqarilishi sutkali boshqarish deyiladi. Yil davomida, qator hollarda vaqtga qarab daryodagi o'zgaruvchan suv sarfi va o'zgarmas iste'mol

quvvati orasida bir biriga mos tushmaslik holati sodir bo'ladi. Yil davomida suvni yig'ish va ishlatish yillik boshqarish deyiladi.



3.2. - Rasm Elektr yuklamaning yillik grafigi

Oqimni boshqarishning quyidagi turlari mavjud:

- asosiy: ko'p yillik, yillik, haftalik va sutkalik;
- maxsus boshqarish: avariya, energotarmoqda avariya bo'lganda, GES suv omborida maxsus yig'ilgan suvdan o'z quvvatini oshirishi mumkin.

Ko'p yillik boshqarishda suv tanqisligi yillarida, sersuvlik yillar oqimi hisobidan energiya ishlab chiqarish ko'paytiriladi. Yillik boshqarish suvni yil davomida taqsimlab turadi. Sutkali boshqarishda suv sarfi o'zgaras bo'lganda, GES bilan o'zgaruvchan suv sarfining iste'mol qilinishi taminlanadi.

Haftalik boshqarish, dam olish kunlari yig'ilgan suvdan ish kunlari foydalanishni kafolatlaydi.

3.2. Elektroenergiya tarmoqlari

Umumiy elektrotarmoqqa ishlovchi elektrostansiyalar, ko'paytiruvchi va kamaytiruvchi podstansiyalar va elektr uzatish chiziqlari elektroenergetik tarmoqni (energo tarmoqni) tashkil qiladi. Yuqori vol'tli elektr uzatish chizig'i ayrim tarmoqlarni bir biri bilan bog'lab, birlashgan tarmoq BETni tashkil qilishga imkon

beradi, bu esa ayrim tarmoqlardagi maksimal elektr yuklamasini bir vaqtga to'g'ri kelmasligi va avariya holatlarida, o'zaro almashish hisobidan elektrostansiyalar zaruriy quvvatini kamaytirishga imkon beradi.

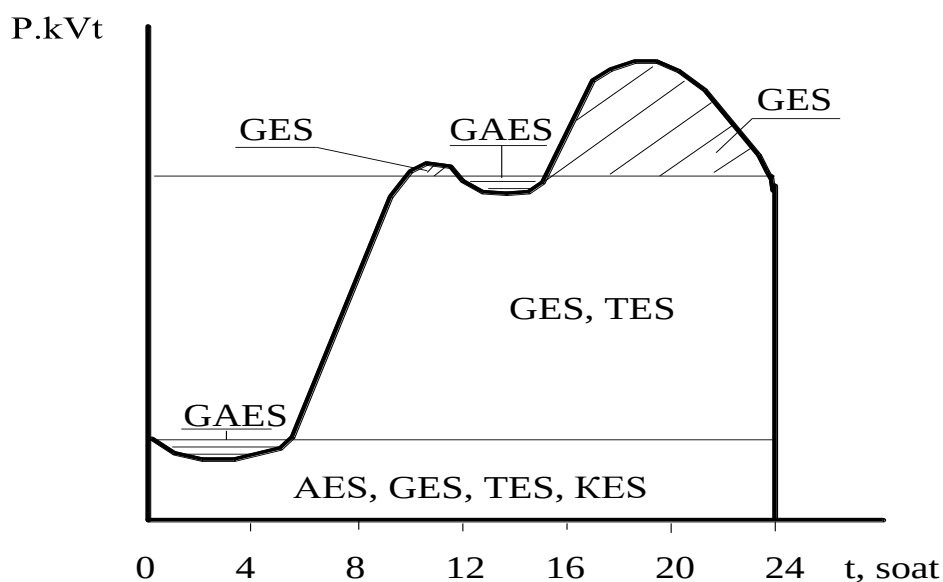
Elektrostansiyalarning asosiy turlari:

- yonilg'idan ishlaydigan kondensatsion elektrostansiyalar (KES, GRES) Bu stansiyalarda yuqori ko'rsatkichli ($t=565^{\circ}\text{S}$ haroratdagi 24 MPa bosim) bug'dan foydalaniladi, 1 kVt ishlab chiqarilgan energiyaga, o'rta hisobda 0,33kg shartli yonilg'i sarflanadi, 40% FIK ga ega. KES ning samarali ishi faqat bir tekis ishlaganda bo'ladi. Yuklama o'zgaruvchan bo'lganda, yonilg'i keragidan ko'proq sarflanadi. KES o'z ehtiyojlariga ancha energiya sarflaydi, agregatlarning (quvvati $N=500-1500$ mVt.li energobloklar) avariya uchrash ehtimoli katta;
- issiqlik elektromarkazlari (IEM) elektroenergiyani va issiqlik ta'minoti uchun bug'ni ishlab chiqaradi. Iste'molchilarning talabidan kelib chiqib doimiy yuklanishda ishlaydi;
- atom elektrostansiyalari (AES) ishi huddi KES kabi, ammo blok qozoni, uran atomi yadrolari zanjirli parchalanish reaksiyasidan hosil bo'lgan issiqlikdan atom reaktori bilan qizdiriluvchi issiqlik almashtirgich bilan almashtirilgan. Massa bo'yicha yonilg'i sarfi 1000 marta kam, shuning uchun ularni boshqa resurslar yo'q joyda quriladi. Hozirgi kunda AES agregatlar quvvati 1000 mVt.ga yetdi, ular asosan to'liq quvvatda sutka davomida ishlashga mo'ljallangan bo'lib, FIK 25%, o'z quvvatini tez o'zgartirish qobiliyati juda past;
- gidroelektrostansiyalar (GES) - o'z quvvatini tez o'zgartirish qobiliyatiga ega. Agregatni yoqish, sinchronizatsiyalash va yuklanishni yig'ish 1-2 min. ichida amalga oshiriladi.

GES yillar davomida, suvni tiklanuvchi energiyasidan foydalanadi. GES elektroenergiyasi tannarhi IESnikiga qaraganda 5-10 marta arzon. GES energiyatarmoq yuklama grafigining cho'qqisida ham ishlay oladi. GESda xizmatchi

hodimlar soni kam, ishlayotganda, tashqi muhitga ta'sir ko'rsatmaydi, agregatlarini FIKi yuqori 90% atrofida (IESniki 50%);

- gidroakkumulyatsiyalovchi elektrostansiyalar GAES faqatgina yuklama cho'qqisini qoplabgina qolmay, nasoslar ishlaganda grafikdagi yuklamani keskin pasayishini to'ldiradi.



3.3-Rasm. Yuklama grafigini elektrostansiyalar bilan qoplash sxemasi.

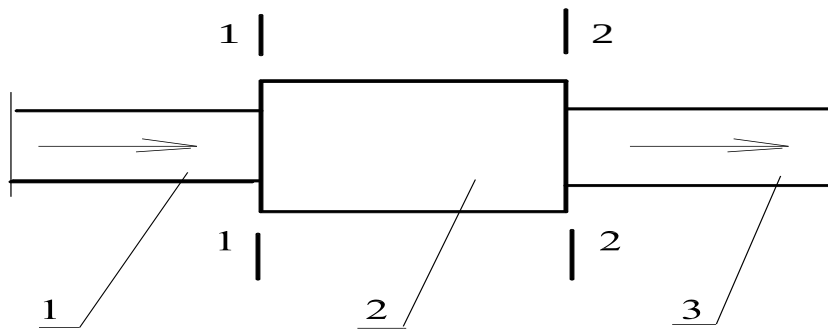
O'ziga hosligidan kelib chiqib elektrostansiyalar yuklama grafigini quyidagicha qoplaydi: IES, AES va GES oqimni boshqarmasdan bazisda ishlaydi. Boshqariluvchi GES va GAES cho'qqi qismida ishlaydi, tarmoqda qanchalik yuqori quvvatli IES va AESlar paydo bo'lsa, shunchalik boshqariluvchi yuklama grafigini cho'qqi qismida ishlovchi elektrostansiyalar zarur bo'lib qoladi.

Grafikning notekisligi GESni iqtisodiy ishlashiga deyarli ta'sir qilmaydi. Bu xususiyatlar GESni yuklama grafigini cho'qqi qismida ishlashi uchun almashib bo'lmaydigan qilib qo'yadi, bunda IESda yuklama tekislanadi va yonilg'i sarfi kamayadi.

4 -BOB. GES JIHOZLARI

4.1. Gidravlik turbinalar

Gidravlik turbina deb, harakatdagi suv energiyasini ishchi g'ildirakni aylanishi ko'rinishidagi mehanik energiyasiga aylantiruvchi dvigatelga aytiladi. Umumiy holda gidroturbina qurilmasi, keltiruvchi qurilma (1), turbina (2) va ketkazuvchi qurilmadan (3) tashkil topgan, 4.1-rasm.



4.1-Rasm. Gidroturbina qurilmasi sxemasi

Energiyadan foydalanish turi bo'yicha turbinalar 2 sinfga bo'linadi: aktiv va reaktiv. Aktiv turbinalarga egik-oqimli, cho'michli va ikki karralilar kiradi. Reaktiv trubinalarga radial-o'qiy, propellerli, parraklari buriluvchi va diagonallar ta'lluqli.

Bernulli tenglamasini 1-1 va 2-2 qirqim uchun (4.1-rasm) tuzamiz:

$$E_1 = z_1 + P_1 / \rho g + V_1^2 / 2g$$

$$E_2 = z_2 + P_2 / \rho g + V_2^2 / 2g$$

$$E_T = E_1 - E_2 = Z_1 - Z_2 + (P_1 - P_2) / \rho g + (V_1 - V_2)^2 / 2g,$$

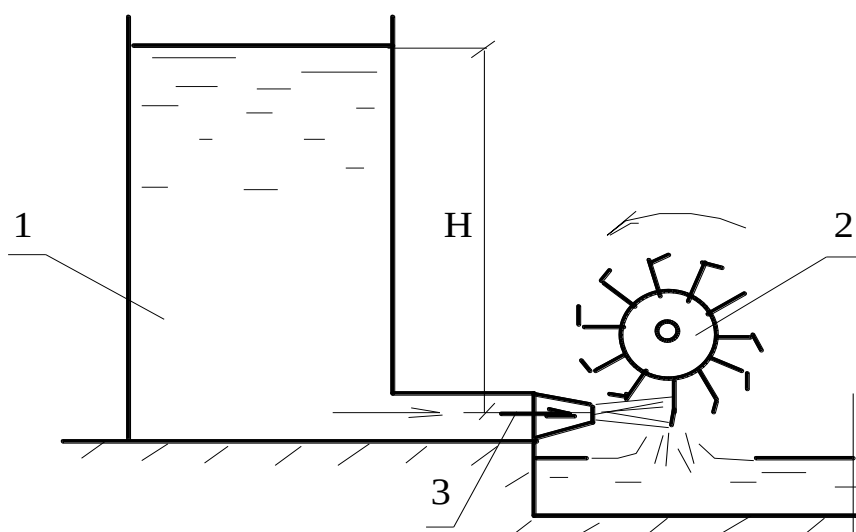
bu yerda:

- E_1, E_2 - turbinaga qirish va undan chiqishdagi oqimning to'liq energiyasi;
- Z_1, Z_2 - holat energiyasi;
- $P_1 / \rho g, P_2 / \rho g$ - bosim energiyasi;
- $V_1^2 / 2g, V_2^2 / 2g$ - kinetik energiyasi;
- E_T - turbina foydalanadigan energiya;

- $(Z_1 - Z_2) \times (P_1 / \rho g - P_2 / \rho g)$ - turbina foydalanadigan potensial energiya;
- $(V_1^2 / 2g - V_2^2 / 2g)$ - turbina foydalanadigan kinetik energiya.

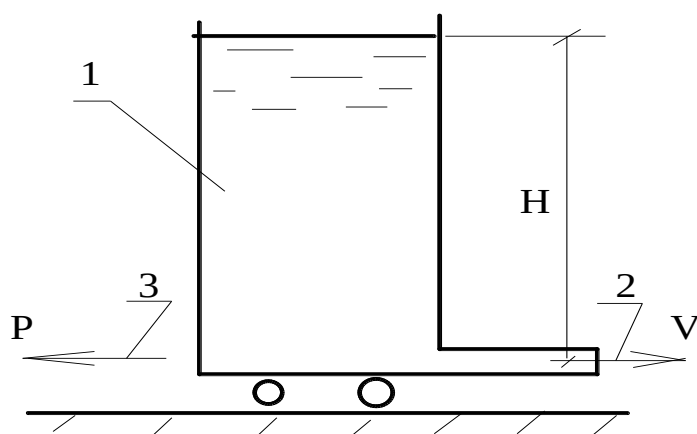
Asosan potensial energiyadan foydalaniladigan turbina reaktiv, kinetik energiyadan foydalanadigan turbina aktiv turbina deb ataladi.

4.2 va 4.3-rasmda bu energiyalardan foydalanish prinsiplari ko'rsatilgan.



4.2-Rasm. Kinetik energiyadan foydalanish prinsiplari:

1-suvli rezervuar, 2-valda joylashgan parrakli g'ildirak, 3- $v=(2gH)^{0,5}$ tezlik bilan oqib chiqayotgan oqim.



4.3-Rasm. Potensial energiyadan foydalanish prinsipi:

1- g'ildirakdagi rezervuar, 2- rezervuardan oqib chiquvchi oqim, 3- reaktiv kuch ta'siridagi rezervuarning harakat yo'nalishi.

Turbinalar quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

1- ta'sir qiluvchi bosim kattaligi H bo'yicha:

- a) past bosimli $H < 25\text{m}$;
- b) o'rta bosimli $H < 80\text{m}$;
- v) yuqori bosimli $H > 80\text{m}$;

2 - quvvati N bo'yicha:

a) kichik - $N < 1500\text{kvt}$, $D_1 < 1,2\text{m}$ va kichik bosimlar H , $D < 0,5\text{m}$ va yuqori bosimlar H ,

bu yerda: D_1 -turbina ishchi g'ildiragi diametri;

b) o'rta - $N < 15000\text{ kvt}$, $D_1 < 2,5\text{m}$ va kichik bosimlar H , $D_1 < 1,6\text{m}$ va yuqori bosimlar N ;

v) yirik - $N > 15000\text{ kvt}$;

3 - tez yurarligi bo'yicha (turbinalarning bir biridan farqlanishini harakterlaydigan koefitsient - bu $H=1\text{ m}$ bosimda, 1 ot kuchiga teng quvvat hosil qiluvchi aylanishlar soni: $n_s = n \times N^{0.5} \text{ot kuchi} / (H \times H^{0.25})$, ayl/min

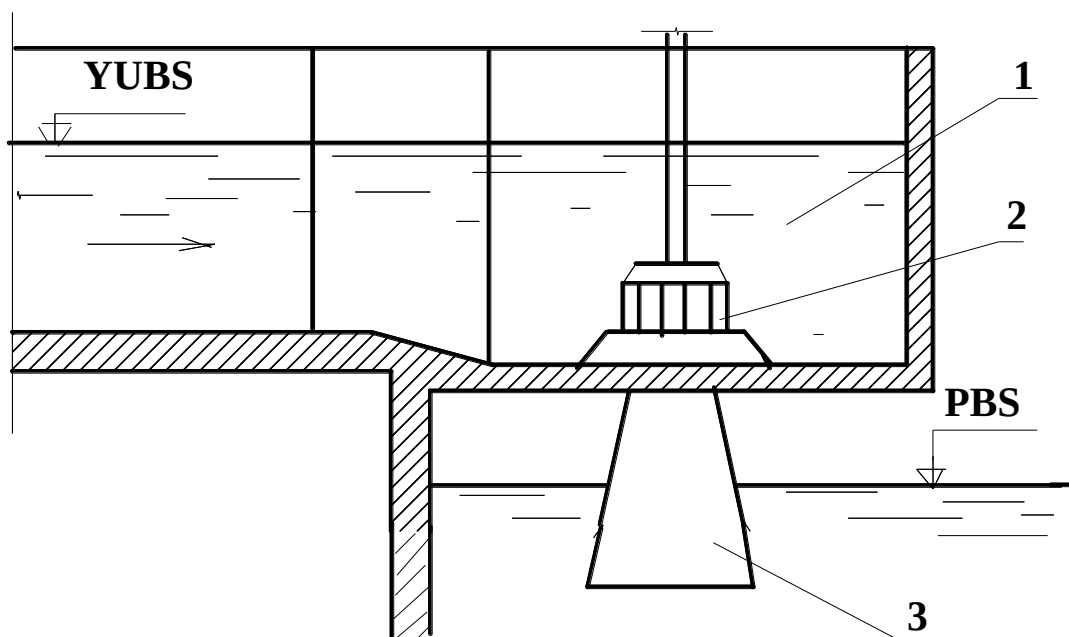
- a) sekin yurar $n_s = 2-50$;
- b) normal $n_s = 150-250$;
- v) tezyurar $n_s = 1000$ gacha.

Tezyurarlik koefitsienti turbina o'lchamlariga bog'lik bo'lmay, konstruksiyaga bog'liq bo'ladi, shuning uchun har bir turbina turi uchun harakterli ko'rsatkich hisoblanadi.

4.2. Reaktiv turbinalar.

Reaktiv turbinalar (4.4-rasm), radial-o'qiy, propellerli, parraklari buriluvchan va diagonallarga bo'linadi.

Qo'llanish shartlari: bosim $N = 4-350$ (600) m, tezyurarlik $n_s = 70-1000$ (1100) ayl/min, salt yurish sarfi $Q_{c.io} = (5-45)\% \times Q_T$.



4.4-Rasm. Reaktiv turbinaning prinsipial sxemasi:

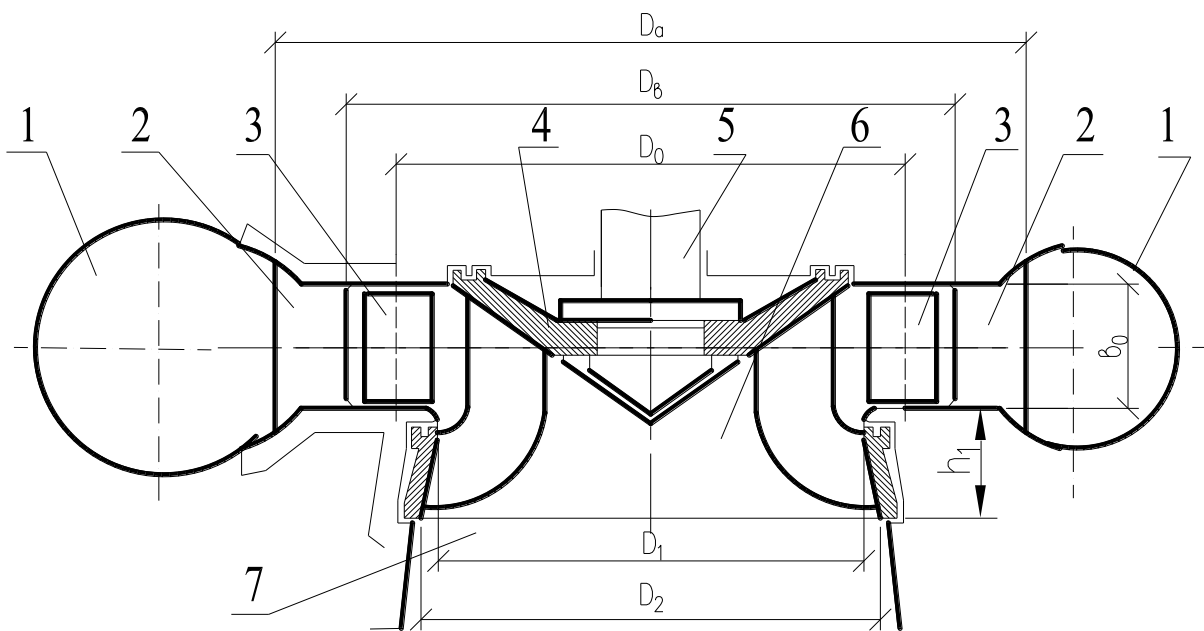
1-turbina kamerasi, 2-ishchi g'ildirak yo'naltiruvchi apparat bilan, 3-so'rish quvuri

Reaktiv turbinaning umumiiy belgilari:

- 1 - ishchi g'ildirak suvda joylashgan;
- 2 - jami oqim birdaniga ishchi g'ildirakning barcha parraklariga tushadi;
- 3 - oqim bosimi ishchi g'ildirak kirishida chiqishdagiga qaraganda ko'proq;
- 4 - turbina asosan potensial energiyadan va qisman kinetik energiyadan foydalanadi.

Radial-o'qiy turbinalar.

Suv ishchi g'ildirak parraklariga radial yo'nalishda tushadi, o'q bo'yicha chiqadi. Yiriq turbinalar $H=15-200(600)$ m, qichiqlari $N=3-5$ m bosimlarda, $n_s=70-350$ ayl/min tezyurarlikda qo'llaniladi.



4.5-Rasm. Radial-o'qiy turbina sxemasi:

1-turbina kamerasi, 2-stator tayanch ustuni, 3-yo'naltiruvchi apparat parraklari, 4-turbina parraklari, 5-val, 6-ishchi g'ildirak, 7-so'rish quvuri

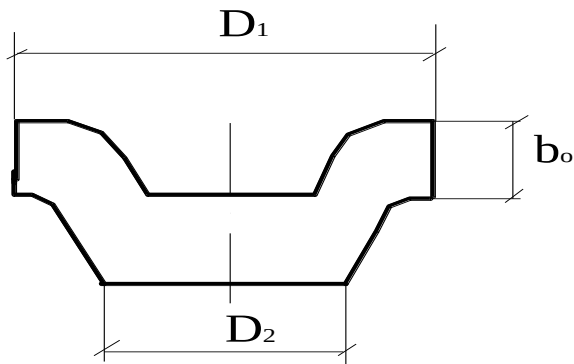
Ishchi g'ildirak (4.6-rasm), vtulkadan (stupitsa)1, pastki halqa 2 va unga ikki ko'rinishda egilib presslangan ishchi g'ildirak parraklaridan tashkil topgan. Parraklar soni 14 tadan 22 tagacha bo'ladi. Ishchi g'ildirak turbina kamerasida yo'naltiruvchi apparat bilan bir hil sathda joylashadi.

Radial-o'qiy turbina ishchi g'ildiragi diametri bu ishchi g'ildirak paraklari kirish qirralarining eng katta diametri D_1 dir, chiqish qirralari diametri esa D_2 .

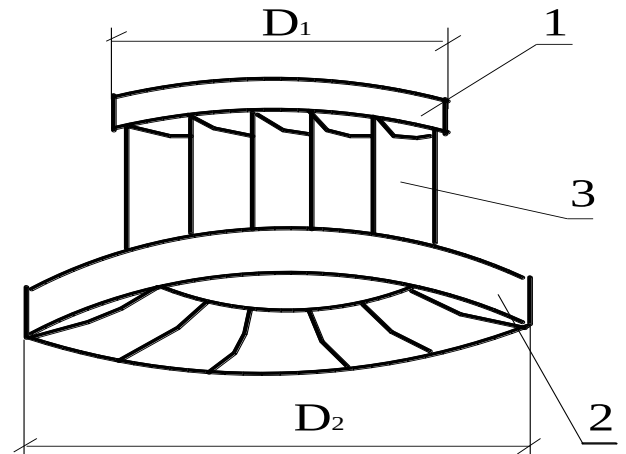
Turbinalar har hil bosimda ishlashi uchun turli konstruksiyaga ega bo'ladi va tezyurarligi bo'yicha 3 ta guruhga bulinadi:

- sekinyurar (4.6-rasm, a), $n_s=70-125$, katta $H=100-500\text{m}$ bosimlar uchun, $D_1>D_2$;
- normal $n_s=125-200$, o'rta $H=50-100\text{m}$ bosimlar uchun, $D_1\approx D_2$;
- tezyurar (4.6-rasm ,b), $n_s=200-350$, past $H\leq 50\text{m}$ bosimlar uchun, $D_1<D_2$.

a)



b)



4.6-Rasm. Ishchi g'ildiraklar sxemasi:

a) sekinyurar, b) tezyurar, D_1 -ishchi g'ildirakni kirishdagi diametri, D_2 - ishchi g'ildirakni chiqishdagi diametri, b_0 - yo'naltiruvchi apparat parraklari balandligi

O'qiy turbinalar.

Ularga propellerli va parraklari buriluvchan turbinalar kiradi.

O'qiy turbinalarda oqim parraklarga o'q bo'ylab kelib, o'q bo'yicha chiqadi. 4.7-Rasm da o'qiy turbina sxemasi ko'rsatilgan.

Propellerli turbinalar bosim $H=3-40\text{ m.ga}$, $n_s=400-1000\text{ ayl/min.ga}$, $D_1<1.6\text{m.ga}$, turbina salt yurish sarfi $Q_{s,yu}=40\%\times Q_{tur}$ ga ega bo'ladi.

Ishchi g'ildirak oqib o'tkichli vtulkadan va 6-8ta ishchi parraklardan tashkil topgan va parraklari vtulkaga mahkamlangan bo'ladi.

Bu turbinalar sodda, lekin ish rejimi o'zgarganda F.I.K. keskin tushib ketadi, chunki ishchi g'ildirakka oqimni zarbasiz kirish shartiga rioya qilinmagan.

Sarf o'zgarganda, so'rish quvurida oqim aylanadi bu ham esa F.I.K.ni kamayishiga olib keladi. Shuning uchun bu turbinalar ish rejimining keskin o'zgarishida qo'llanilmaydi.

Parraklari buriluvchan turbinalar. Bu tezkor turbinalar $n_s=350-1200$, $H=4\div 60,90\text{m}$ bosimli bo'ladi.

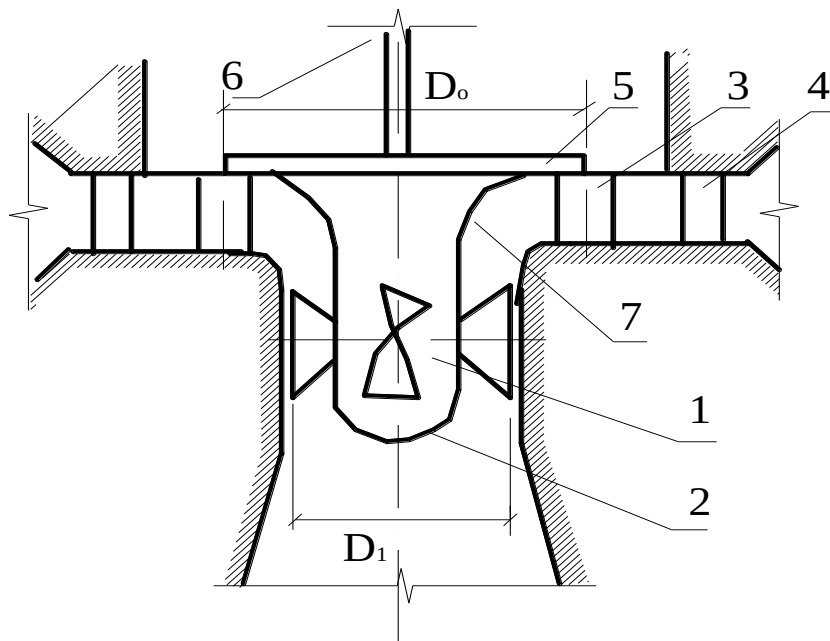
Bu turbinalar konstruksiyasi bo'yicha propellerlilardan farqlanmaydi, ammo ularda ish jarayonida parraklarni burish imkoni bor. Yo'naltiruvchi apparat parraklarni har hil joylashishi a_0 ga, f.i.k. eng qulay holatdagi ishchi g'ildirak parraklarini aniq bir holati ψ to'g'ri keladi. Turbina salt yurish sarfi $Q_{s.yu.}=5-8\%\times Q_{\text{turbina}}$ ga teng.

Turbinaning bosimi oshishi bilan parraklar soni ko'payadi, bunda ular o'lchamlari qisqarib vtulka diametri ko'payadi.

4.3. Aktiv turbinalar

Aktiv turbinaning umumiy belgilari:

- ishchi g'ildirak havoda pastqi b'ef sathi ustida joylashadi (bosim N_{qur} ni bir qismi ishlatilmaydi) 4.9-rasm;
- suv oqimi bitta parrakka tushadi (2chi, 4chi yoqi 6chi), ya'ni bir vaqtni o'zida barcha parraklar ishlamaydi;



4.7 -Rasm. O'qiy turbina sxemasi:

1-vtulka parraklar bilan, 2-oqib o'tkich, 3- D_0 aylanish o'qi diametridagi yo'naltiruvchi apparat parraklari, 4-stator tayanch ustuni, 5-turbina qopqog'i, 6-val, 7-qo'zg'almas oqib o'tkich.

-suv oqimi parrakka atmosfera bosimi ta'sirida keladi va tushadi;

-soplardan suv erkin oqim ko'rinishida chiqadi, shuning uchun barcha mavjud bosim N (energiyaning potensial shakli) kinetik energiyaga aylanadi, demak, aktiv turbinalar kinetik energiya hisobidan ishlaydi;

-bu turbinalar sekinyur hisoblanadi.

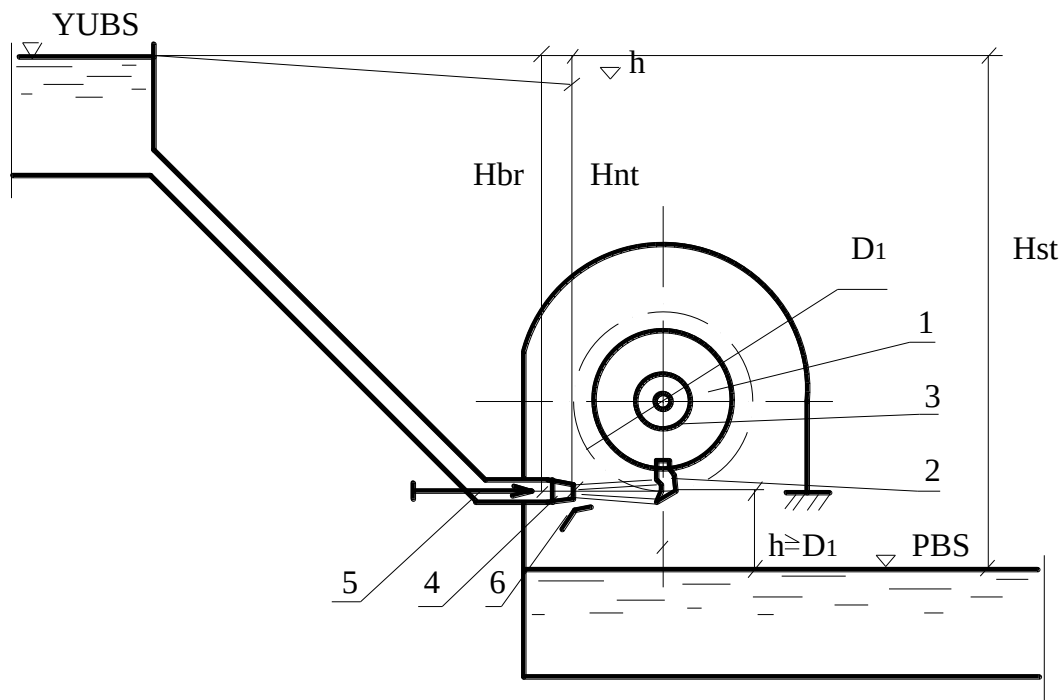
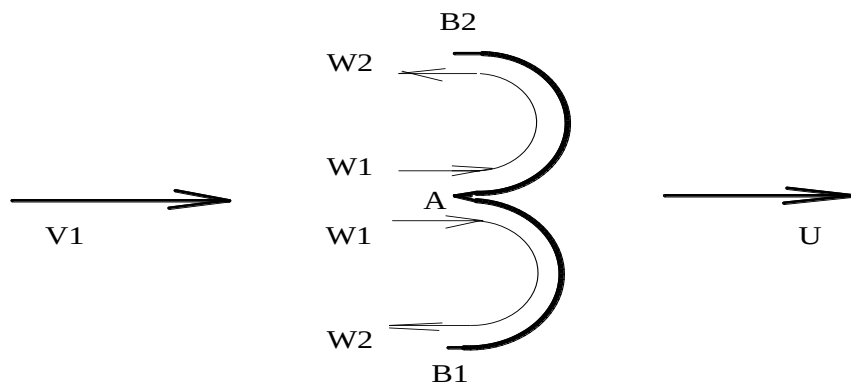
Soplo oldidan bosim energiyasi N_1 to'liq $V_1=(2gH)^{0,5}$ tezlikdagi kinetik energiyaga aylanadi, 4.9-rasm.

Oqim soplodan cho'michga keladi va A nuqtasiga tekkan paytda, cho'michga nisbatan W_1 tezlikka ega bo'ladi, 4.8-rasm. Keyinchalik oqim o'z yo'nalishini 180° o'zgartirib ikkiga ajratiladi va V_1 va V_2 nuqtalarda W_2 nisbiy tezlik bilan cho'michni tark etadi. Cho'mich bo'yicha harakatdagi oqimning W_1 va W_2 nisbiy tezligiga ishchi g'ildirakni aylanishidan hosil bo'lgan aylanma tezlik V ham qo'shiladi. Agar absalyut

$$V_1 = U + W_1$$

$$O = U - W_2$$

$$0 = U - W_2$$



Aylanish tezligi bilan aylanishlar soni orasidagi bog'lanish $n=60U/(D_1)$ ga teng bo'ladi.

Aktiv turbinalarning eng ko'p qo'llaniladiganlari cho'michli turbinalardir. Amerikalik Pel'ton 1984 yilda cho'michli turbinani takomillashtirdi. Bu turbinalar $H=40-2000\text{m}$ bosimga, bitta soploda $n_s=2-30$ ayl/min.ga, to'rtta soploda $n_s<60$ ayl/min tezyurarlikka, $K_{s,yu.} = (2-5)\% \times K$ turbina salt yurish sarfiga ega.

Salt yurish sarfi bu turbina normal aylanishlar sonini egallagandagi sarfidir. Sarf, salt yurish sarfi $K_{s,yu.}$ ga yetguncha, energiya barcha gidravlik va mehanik qarshiliklarni yengishga ketadi.

Cho'michli turbina ishchi g'ildirak (1) va sopli ko'rinishida bajarilgan yo'naltiruvchi apparatdan (5) tashkil topgan, 4.9- rasm.

Ishchi g'ildirak cho'mich 2 (16-60 ta) stupitsa 1dan tashkil topgan va disk (3) va cho'michni birgalikda butun qo'yib yoki alohida qo'yib bajarilgan.

Gorizontal yoki vertikal valga o'rnatiladi.

Gorizontal turbinalar bir va ikki g'ildirakli, bir va ikki soploli bo'ladi. Vertikal turbinalar faqat bir g'ildirakli, bir va ko'p soploli bo'ladi. Soplolar sonini 4 tadan oshirmaslik maqsadga muvofiq, 5 va 6 ta soplali turbinalar uchrab tursa ham.

Yo'naltiruvchi apparat (4,5), yuklanishga muvofiq, aylanishlar sonini $n=\text{const}$ o'zgarmas saqlash maqsadida suv sarfini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Gidravlik zarba bo'lmasligi uchun igna (5)ni tez siljitish mumkin emas. Shuning uchun oqib o'tgich (6) o'rnatilib, u orqali sarf kelishi bir zumda to'htatilishi mumkin.

Cho'michli turbinali GESlar O'zbekistonda hali qurilmagan, ammo chet elda ular mavjud, bunga Reysek GESi (Avstriya) bosimi $H=1767\text{m}$, Bogota GESi (Kolumbiya) bosimi $H=2000\text{ m}$, Olmaota GES bosimi $H=560\text{ m}$ misol bo'la oladi.

4.4. Reaktiv turbinalarning asosiy qismlari

Reaktiv turbinalarning asosiy qismlariga turbina kameralari, so'rish quvurlari va yo'naltiruvchi apparat kiradi.

Yo'naltiruvchi apparat quyidagi vazifalarni bajaradi:

- ishchi g'ildirakka oqimni kelishiga yahshi sharoit yaratish;
- berilgan quvvatga binoan suv sarfini boshqarish;
- turbina to'htaganda uni yopish.

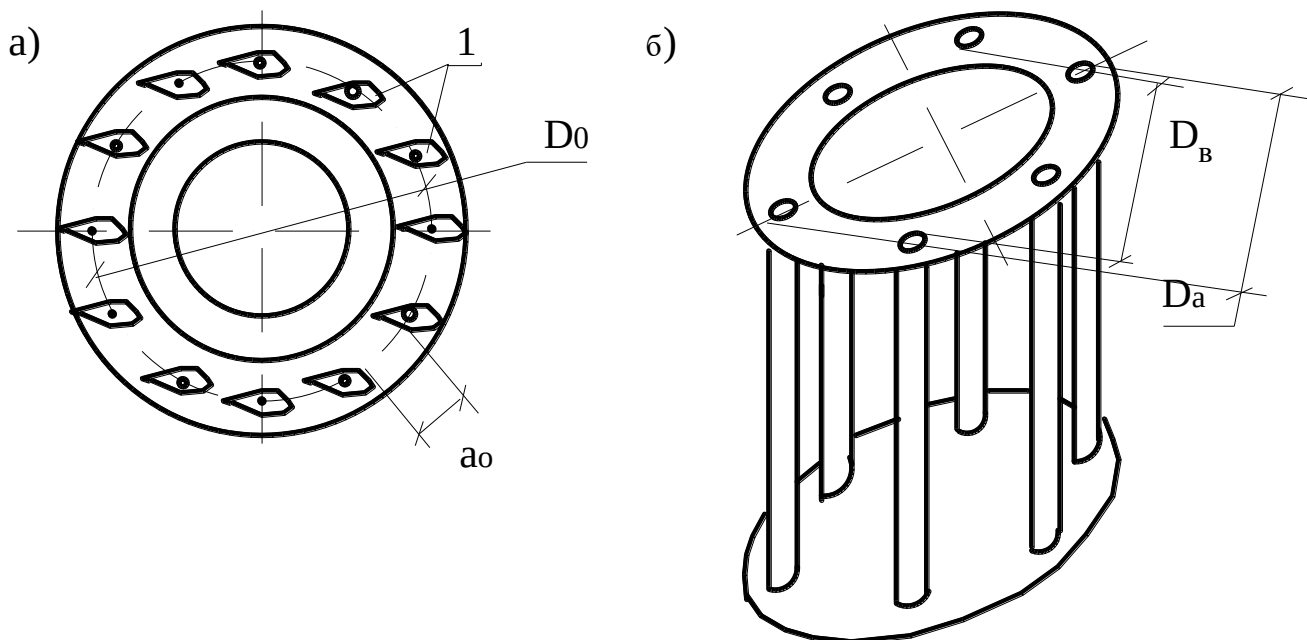
Cho'michli turbinalarda yo'naltiruvchi apparat bu ignali soplo (4.9-rasm), reaktiv turbinalarda oralarida buriluvchi parrak joylashgan ikkita halqa (4.10-rasm). Harakatlanuvchi parraklar (1) halqalar aylanasi bo'yicha bir tekis joylashgan. Boshqaruvchi halqalar yordamida parraklar bir vaqtning o'zida o'z o'qi atrofida aylanishi mumkin, bu esa turbina suv sarfini K_{tur} va quvvatini N_{tur} o'zgartirish imkonini beradi.

Boshqaruvchi halqa turbina qopqog'i ustida joylashgan va uni burish servomotor bilan amalga oshiriladi.

Yo'naltiruvchi apparat parraklari soni D_1 diametrga bog'lik. Harakatlanuvchi parraklar orasida masofa, yo'naltiruvchi apparatni ochilishi a_0 deyiladi. Asosiy o'lchamlari: b_0 -balandlik, D_0 -yo'naltiruvchi apparat parraklari o'qi joylashgan aylana diametri, 4.10- rasm, a.

Stator agregatni aylanuvchi va qo'zg'almas qismlari og'irlik yukini, ishchi g'ildirakka ta'sir qiladigan suvni o'qiy bosimini qabul qilishga va shu yukni GES poydevoriga uzatishga xizmat qiladi.

U yo'naltiruvchi apparatni tashqaridan qamrab oladi, 4.10-rasm, b. D_a va D_v statorni kirish va chiqish qirralari diametri (o'lchamlarni ishlab chiqaruvchi zavod belgilaydi).



4.10-Rasm. Turbina yo'naltiruvchi apparati (a) va stator ustining (b) sxemasi

Turbina kameralari reaktiv turbina yo'naltiruvchi apparatiga suvni bir tekis keltirish uchun xizmat qiladi. Ular ochiq va yopiq turda, betonli, temir betonli va metall bo'ladi.

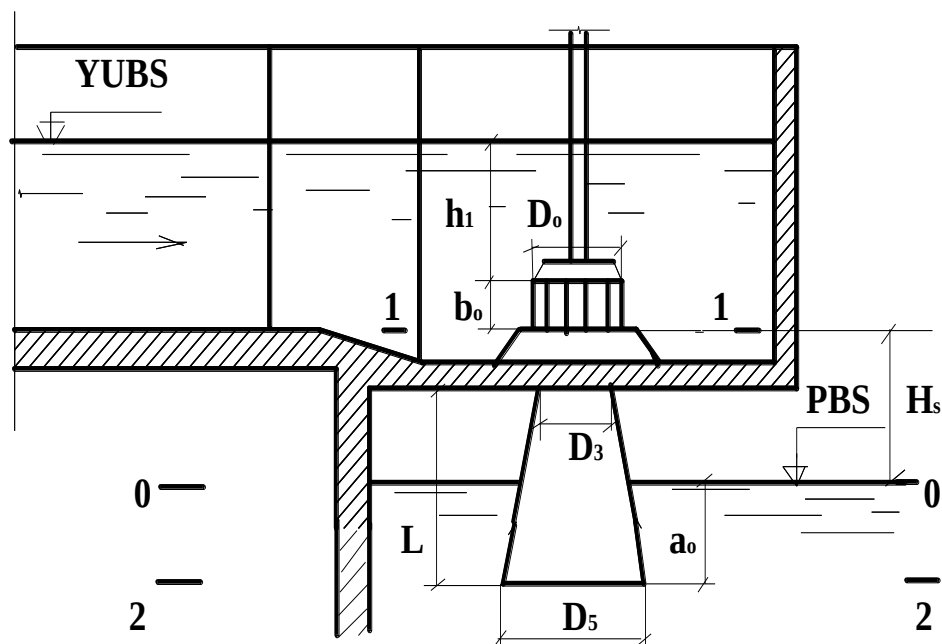
Ochiq turbina kameralari (4.11-rasm) $D_1 \leq 1.6$ m. diametrda, quvvati kichik va bosimi $H \leq 8-10$ m, turbinalarda qo'llaniladi (katta bosim uchun ularni qo'llash samarali emas). Planda shakli to'g'ri burchakli: eni va uzunligi $(3-4) \times D_1$, $h_1 = (0.9-1) \times D_1$, $h_{y.a} = b_0 = (0.6-0.75) \times D_1$ ga teng qilib qabul qilinadi. Bu kameralar sodda, yahshi gidravlik sifatlarga ega.

Yopiq turbina kameralari beton va metall kameralarga bo'linadi. Betonli kameralar spiral va to'g'ri o'qli konusli turda bo'ladi.

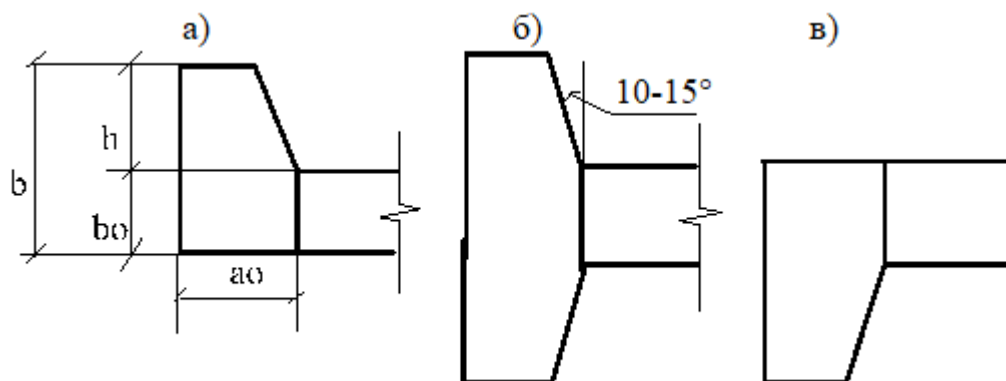
Beton spiral kameralari (rasm 4.13) bosim $H = 4-40$ m, $D_1 \geq 1.6$ m da qo'llaniladi. Yo'naltiruvchi apparatni qamrab olish burchagi $135^\circ-225^\circ$, eng qulayi esa 180° (bunda agregatlar o'qi orasida eng kam masofa bo'ladi)ga teng bo'ladi.

Qabul qilinishiga qarab kamera qirqimi (rasm 4.12) shakli qo'yidagi afzalliklarga ega:

- shakl (b) - blokni yer osti qismi beton hajmini kamaytiradi (so'rish kuviri ustidagi massivni kamaytiradi);
- shakl (a) - pastki b'ef suv sathini katta o'zgarib turishida va kichik so'rish balandligi N_s da binoni tashlagich bilan birlashtirish imkonini beradi. Gidravlik nuqtani nazardan tavrli (b) shakl yahshiroq, amalda esa barcha qirqimlar bir hil.



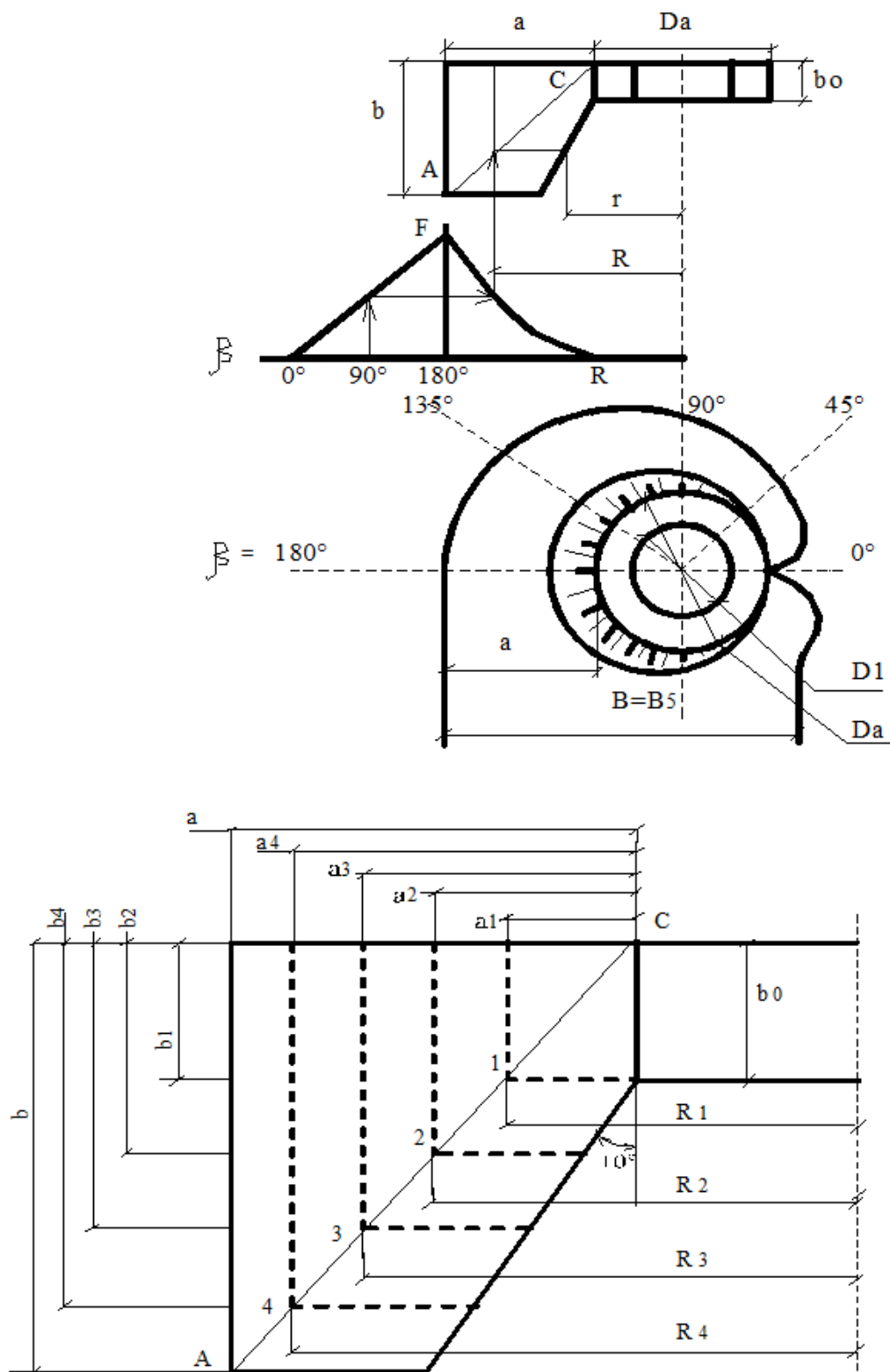
4.11-Rasm. Ochiq turbina kamerali turbina kamerasi



4.12.- Rasm Kamera qirqimlari shakli:

a - tavrli, yuqoriga rivojlangan, b - ikki tavrli, c - pastga rivojlangan

Beton spiral kamerasi hisobi



4.13-Rasm. Beton spiral kamerasi hisobiy (qirqim va plan) sxemasi

D_a, D_B - stator kirish va chiqish qirralari diametri;

(har bir turbina uchun katalogda beriladi)

a, b - kirish eni va balandligi;

D_0 - yo'naltiruvchi apparat o'qlari diametri (katalogdan);

D_1 - turbina ishchi g'ildiragi diametri (katalogdan);

b_0 - yo'naltiruvchi apparat balandligi (katalogdan);

b_5 - kirish qirqimini plandagi eni;

b - so'rish quvuri eni.

Spiral kamera kirish qirqimi enini topamiz:

$a = b/2 + x - D_a / 2$ - PL turbinasi uchun, bu yerda $b=b_5, x=0.377D_1$ - so'rish quvuri ekssentrisiteti;

$a = b/2 - D_a / 2$ - RO turbinasi uchun (so'rish quvuri planda simmetrik).

Qirqim balandligi $b = (1,5-2) \times a$.

Tayinlangan o'lchamlardan kirish qirqimi maydonini topamiz

$F_{kir}^1 = a \times B - (B - B_0) 2 \times \operatorname{tg} \gamma / 2$, bu yerda $\gamma = 10^\circ - 15^\circ$.

$Q_{kir} = \beta \times K_{turb} / 360$ - suv sarfida kirishdagi tezlikka teng.

$V_{i.o'rta} = Q_{kir} / F_{kir} < V_{i.o'rta.chegaralangan} = (0,8-1,0) \times (H_x)^{0,5}$, H_x - turbina bosimi.

Spiralni boshqa qirqimlaridagi o'lchamlarini grafoanalitik usul bilan topiladi.

Spiralni kirish qirqimida (4.13-rasm) AS chizig'ini o'tkazamiz (spiral oraliq qirqimlari tashqi burchaklari tepasi joylashish chizig'i).

Spiral kirish qirqimi tagida to'g'ri burchakli koordinatalar joylashadi, unda aniq bir masshtabda boshlang'ich qismi to'g'ri burchakli va ihtiyoriy chiziq o'tkazamiz, $F = f(R)$:

$F_{max} = F_{kir}^1; F_{min} = 0; R_{max} = D_a / 2 + a; R_{min} = D_a / 2$.

Uchta nuqta belgilanadi va (a, v) o'lchamlarni masshtabda olib F hisoblanadi. $\beta = f(F)$ egriligi (bu to'g'ri chiziq, chunki $V = \text{const}$) ikki nuqta:

$\beta = 0^\circ, F=0$ ba $F=F_{kir}^1$,

$\beta = \beta_{max} = 180^\circ$ orqali quriladi.

Har hil β lar berilib, F-topiladi.

So'ngra $F=f(R)$ egriligiga keyin AS chizig'iga o'tamiz (4.13- rasm, kirish qirqimi) spiralni ichki radiusi r_i va tashqi radiusi R_i li bir nechta qirqimlar hosil bo'ladi, bular orqali planda spiral kamera quriladi.

Metall spiral kameralar bosim $H=15-300\text{m}$ va undan ko'p bo'lganda qo'llaniladi. Qamrab olish burchagi $\beta = 315^\circ-345^\circ$. Qirqim shakli dumaloq, 4.14- rasm. Gidravlik hisob tezlik o'zgarmasligiga asoslangan $V=\text{const}$.

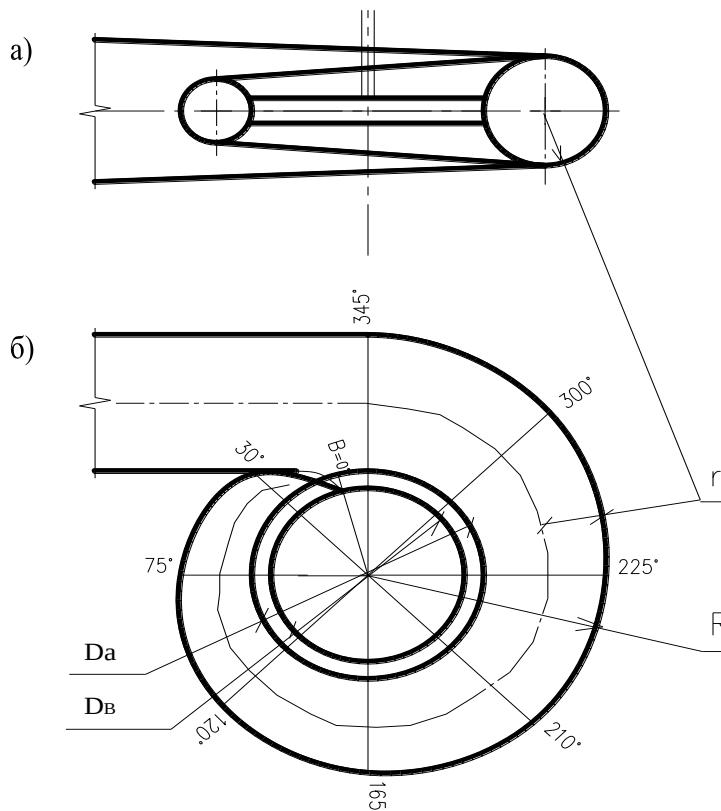
Spiral qirqimi radiusi topiladi:

$$r_i = (Q_i / (\pi V))^{0.5},$$

bu yerda: $Q_i = \beta_i \times Q_{\text{tur}} / 360^\circ$, - qirqim sarflari

$V = \kappa(H)^{0.5}$ tezlik, $\kappa = 0.8-1.0$.

$R_i = r_a + 2r_i$ - spiral radiusi, bu yerda r_a - stator ustini radiusi (tashqi).



4.14-Rasm. Metall turbina kamerasi plani (b) va qirqimi (a)

So'rish quvuri turbina ishchi g'ildirag'idan tushayotgan, oqimni kinetik energiyasini potensial energiyaga aylantirib, kam energiya yo'qotish bilan pastki b'efga uzatish uchun xizmat qiladi, bu esa turbina bilan oqimni energiyasidan to'liq foydalanishga imkon beradi. 4.11 - rasmda so'rish quvurli turbina ko'rsatilgan, u orqali suv turbinadan pastki b'efga tushadi.

I-I va II-II qirqimi uchun Bernulli tenglamasini tuzamiz (0-0 taqoslash tekisligi):

$$H_s + P_3/\gamma + V_3^2/2g = P_5/\gamma + V_5^2/2g + h_w - a,$$

Bu yerda : h_w – so'rish quvuridagi energiya yoqolishi;

$$P_5/\gamma = P_a/\gamma + a - \text{quvurdan chiqishdagi bosim};$$

$$P_3/\gamma = P_a/\gamma - H_s - (V_3^2 - V_5^2)/2g + h_w. \text{ quvurga kirishdagi bosim}$$

Unda ishchi g'ildirak tagidagi siyraklanish kattaligi

$$H_{\text{siy}} = P_a/\gamma - P_3/\gamma = H_s - (V_3^2 - V_5^2)/2g - h_w \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Bu siyraklanish ishchi g'ildirak ostida so'rish hosil qilib ishchi g'ildirakka ta'sir qiluvchi bosimni ko'paytiradi. So'rish quvurlari to'g'ri o'qli, tirsakli va egilgan bo'ladi. To'g'ri o'qli konusli so'rish quvurlari sodda, energetik nuqtai nazardan yahshi, lekin GES binosini anchagina chuqurlashtirishni taqozo qiladi, 4.15-rasm, a.

To'g'ri o'qli so'rish quvuri ishchi g'ildirak diametri $D_1 \leq 2$ m da, radial o'qiy turbinalar uchun, $D_1 \leq 1.6$ m da, parraklari buriluvchan (PL) turbina uchun qo'llaniladi. Quvurlar uzunligi $L \leq 5$ m bo'lib gorizonta va vertikal ko'rinishda bo'ladi.

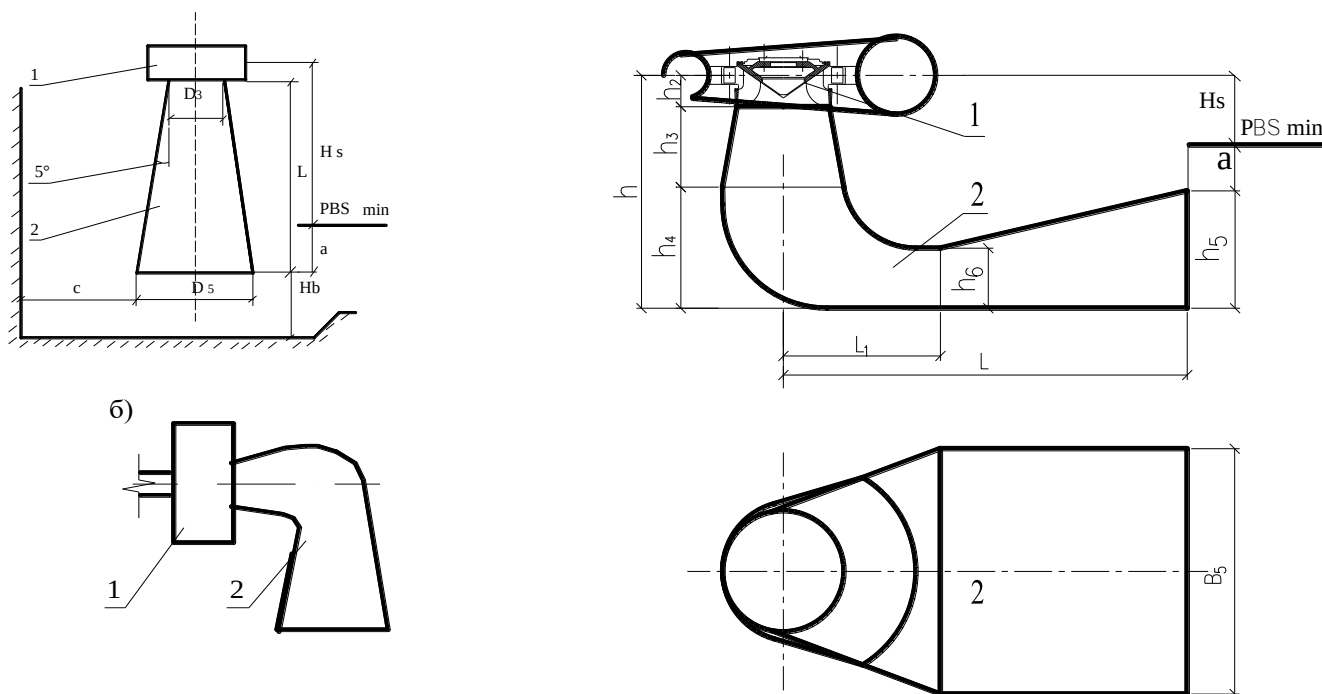
D_3 - diametri o'lchamini ishlab chiqaruvchi korhona tavsiya qiladi.

$$\text{Diametr } D_5 = (4Q_{\text{typ}} / V_5)^{1/2} \text{ ga teng.}$$

$$\text{Bu yerda: } V_5 = (2g (0.005 \div 0.025)H)^{1/2}.$$

Konus burchagi $8^\circ - 12^\circ$; pastki b'ef minimal sathdan chuqurlanishi. $a \geq (0,3 - 0,5)m$, plandagi kamera eni $V = 2D_3$, kamera devorigacha masofa $S = 0,85 V$, kamera tubigacha masofa $h_b \geq (1,5 \geq 2)D_3$.

a) B)



4.15-Rasm. So'rish quvurining sxemasi:

a- to'g'ri o'qli konusli, b- tirsaksimon, c- egilgan (qirqimi va plani)

Tirsaksimon (4.15-rasm, b) so'rish quvurlari $D_1 \leq 0,84\text{m}$ diametrli radial o'qiy turbinalarda qo'llaniladi. Ular ikki qismdan tashkil topgan, tirsak va konusli vertikal quvur. Asosiy o'lchamlarini turbinani ishlab chiqaruvchi korhona belgilaydi.

Egilgan so'rish quvurlar (4.15-rasm, v) va $D_1 > 1.6\text{ m}$ diametrda parraklari buriluvchan PL turbina uchun, $D_1 > 2\text{m}$ diametrda radial o'qiy RO turbina uchun qo'llaniladi. Qanchalik so'rish quvuri umumiy balandligi h o'lchami katta bo'lsa shuncha yahshi. Quvur shakli eksperimental izlanishlardan qabul qilinadi va qulay o'lchamlari belgilanadi. Beton spiral kamerada planda nosimmetrik quvurlar qo'llaniladi. Ba'zan qurilish harajatlari hajmini kamaytirish uchun so'rish quvuri diffuzori teskari (5° - 12°) qiyalik bilan bajariladi.

4.5. Turbinalarni sinash. Turbina harakteristikalari

Turbinalarni sinashning quyidagi turlari mavjud:

- laboratoriya sharoitida, model qurilmalarda yangitdan loyihalangan turbinalarning sifatini baholash maqsadida;
- ish joyida (tabiiy sharoitda):
 - a) qabul qilish va topshirish, ishlab chiqaruvchi korhona kafolatini tekshirish maqsadida;
 - b) eksplutatsion, ishlatish davrida turbinani eskirishini va foydali ish koeffitsienti pasayishini belgilash maqsadida.

Turbinani laboratoriya sharoitidagi sinovlari kerakli nazorat o'lchov apparaturasi (monometr, taheometr, suv o'lchagich, tarozi yoki dinamometr) bilan jihozlangan stendlarda o'tkaziladi. Bunda tormoz yordamida turbina yuklanishi o'zgartirilsa, uning barcha ko'rsatkichlari, ya'ni suv sarfi (Q), quvvati (N), aylanishlar soni (n) va f.i.k. (η) ham o'zgaradi.

Sinov yo'llantiruvchi apparatni har hil ochilganligi a_0 ga to'g'ri keluvchi K, N, n va η ni o'lchash bilan olib boriladi. So'ngra sinalgan turbina ko'rsatkichlarini standart sharoitdagi, ya'ni turbina bosimi 1m va ishchi g'ildirak diametri $D_1 = 1.0$ m bo'lgandagi keltirilgan ko'rsatkichlarga qayta hisoblanadi.

Hisob o'hshashlilik formulalari asosida (4.5- 4.7) bilan bajariladi.

Turbina o'hshashligi quyidagilarda namoyon bo'ladi:

- geometrik o'hshashlik, barcha o'hshash geometrik o'lchamlarni proporsionalligi va o'hshash burchaklarining tengligini ko'rsatuvchi;
- kinematik o'hshashlik - o'hshash tezlik uchburchaklar o'hshashligi;
- dinamik o'hshashlik - Frud va Reynol'ds sonlari tengligi.

O'hshashlikning birinchi qonuni - bu model turbina aylanishlar soni n_m va asl turbina aylanishlar soni n_{asl} nisbati.

$$n_m / n_{asl} = (H_m / H_a)^{0.5} \times D_a / D_m \quad (4.1)$$

Ikkinchi o'hshashlilik qonuni - bu asl va model turbinalar sarflari nisbati.

$$Q_a / Q_M = (H_a / H_M)^{0,5} \times D_a^2 / D_M^2 \quad (4.2)$$

Uchinchi o'hshashlilik qonuni- bu asl va model turbinalar quvvatlari nisbati.

$$N_a / N_M = (H_a / H_M)^{1,5} \times D_a^2 / D_M^2 \quad (4.3)$$

Birinchi va uchinchi o'hshashlilik qonunlarida quvvat $N_m = 1$ ot kuchi, $n_m = n_s$, $H_m = 1$ ligini hisobga olsa asl turbina tezyurarlik koeffitsienti hosil bo'ladi

$$n_s = n (N_{ot \text{ kuchi}})^{1/2} / (H)^{4/3} \quad (4.4)$$

$D_m = 1m$ va $N_m = 1m$ deb, qabul qilinsa 4.1 - 4.3 qiymatlaridan keltirilgan ko'rsatkichlar kelib chiqadi

$$n_1^1 M = n D_1 / (H)^{1/2} \quad (4.5)$$

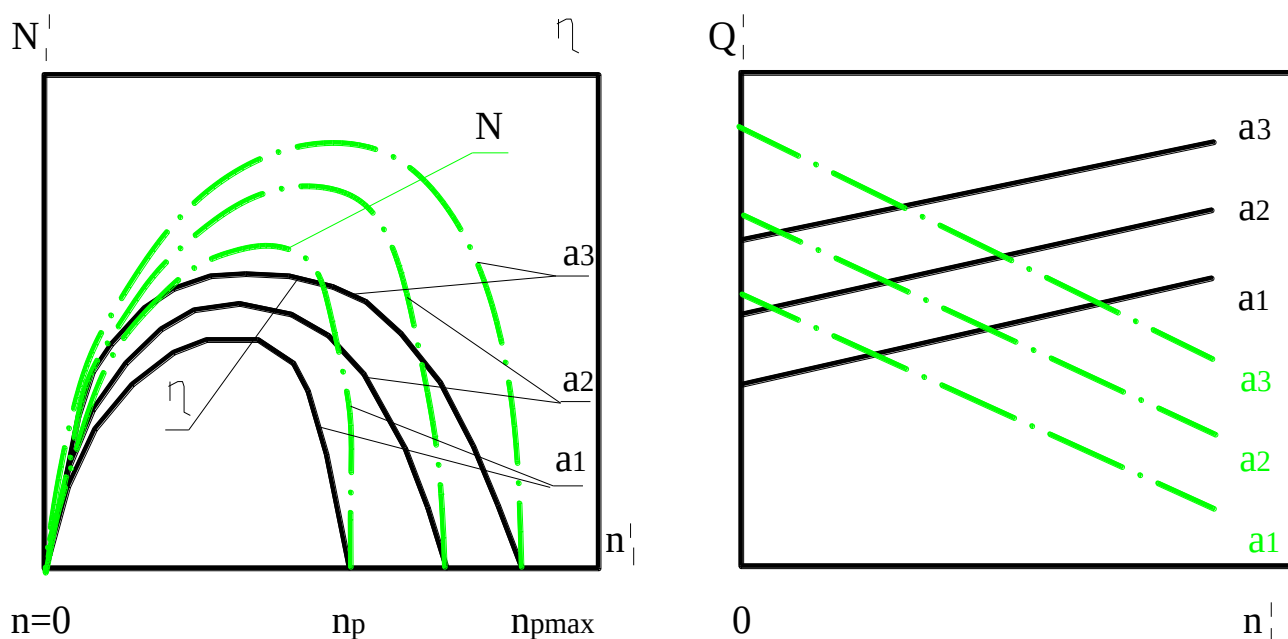
$$Q_1^1 M = Q / (D_1^2 \times H^{1/2}) \quad (4.6)$$

$$N_1^1 M = N / (D_1^2 \times H^{3/2}) \quad (4.7)$$

Sinov va hisoblash natijalariga ko'ra gidroturbinani aylanish harakteristikasi quriladi.

Gidroturbinalar harakteristikasi - bu turbina ko'rsatkichlarining o'zaro grafik bog'lanishi. Ularni aylanish, bosh universal, ishchi va eksplutatsion universal turlari mavjud.

Aylanish harakteristikalari - bu model turbina yo'naltiruvchi apparatning har hil ochilganligi a_0 da turbina f.i.k. η_{tur} , keltirilgan sarfi $Q_1^1 t$ va keltirilgan quvvat $N_1^1 t$ lar bilan, keltirilgan aylanishlar soni n_1^1 ni bog'lanishini ko'rsatadi, 4.16-rasm: $\eta_m = f(n_1^1, a_0)$, $Q_1^1 = f(n_1^1, a_0)$, $N_1^1 = f(n_1^1, a_0)$.



4.16-Rasm. Turbina aylanish harakteristikasi:

_____ tezyurar, - - - - - seqinyurar

Aylanishlar harakteristikasidan ko'ramizki:

- tezyurar turbinalarda aylanishlar soni n_1^1 ko'paysa, Q_1^1 suv sarfi oshadi, sekinyurlarda esa kamayadi;

- foydali ish koeffitsienti η va quvvat N_1^1 egriligi harakterlari bir hil.

$n=0$ da N va η nolga teng, ya'ni turbina haddan tashqari ko'p yuklanganda aylanmay qoladi va sarflangan energiya gidravlik qarshiliklarni yengishga ishlatiladi.

$n = n_c$ turbina yuklanmagan.

Bu yerda: n_0 - normal aylanishlar soni - bu η_{max} dagi n -aylanishlar soni,

n_s -salt aylanishlar soni, bu yuklanish bo'lmagandagi, ya'ni yo'llantiruvchi apparat to'liq ochiq bo'lgandagi, turbinani mustahkamlikka sinash uchun zarur aylanishlar soni. RO turbinasi uchun $n_s=2 n_0$, PL turbina uchun $n_s=2.5 n_0$.

Bosh universal harakteristika - bu model turbina f.i.k.ni turbina keltirilgan aylanishlar soni va suv sarfiga $\eta_{mod} = f(n_1^1 \text{ va } Q_1^1)$ bog'lanish grafigi oilasi.

Har bir universal harakteristikaga qanday qurilma sinalganligi to'g'risida ma'lumot beriladi. Masalan turbina bosimi, spiral kamera va so'rish quvuri turi, model turbina ishchi g'ildiragi diametri D_1 va parraklar soni.

Bosh universal harakteristika barcha mavjud turbina ish rejimlarini yoritib beraoladi va asl turbinani har qanday ishchi g'ildiragi diametri D_1 , bosimi H , aylanishlar soni n uchun qayta qurilishi mumkin.

Universal harakteristikada model turbinani teng F.I.K. chizig'i, yo'naltiruvchi apparatni teng ochilganligi chizig'i, teng kavitatsion koefitsientlar chizig'i yoki tezyurarlik n_s chizig'i keltirilgan (PL turbinalar uchun teng ish g'ildirak paraklarini burilish burchagi chizig'i, RO va PR turbinalar uchun esa turbina ishchi rejimlari chegaralangan chizig'i va unga to'g'ri keluvchi quvvat ya'ni 5% quvvat zahirasi chizig'i), 4.17. va 4.18-rasmlar.

Turbina bosh universal harakteristikalari turbinani ishlab chiquvchi korhona kataloglarida keltirilgan bo'ladi.

Bu egriliklardan asl turbinani tanlash va turbinaning ishchi va eksplutatsion harakteristikalarini qurish uchun foydaliniladi.

Radial o'qiy turbinalar universal harakteristikalari aylanish harakteristikalaridan foydalanib quriladi.

Radial o'qiy turbinalarda sarf Q oshishi bilan quvvat N ko'payadi va $Q_{opt.}$ (qulay suv sarfi)da max qiymatga ega bo'ladi, keyin kamayadi (chunki $Q > Q_{opt.}$ da oqimni oqib o'tish sharoiti yomonlashadi f.i.k. sarf Q ni oshishiga nisbatan intensivroq kamayadi). Shuning uchun sarf $Q_{opt.}$ da turbinani optimal quvvati N_{opt} , maksimal quvvat N_{max} da bo'lmaydi.

Turbinani boshqarishda qandaydir quvvat zahirasini ta'minlash uchun 5% zahira quvvati qabul qilinadi, ya'ni $N_{opt} = 0,95 N_{max}$.

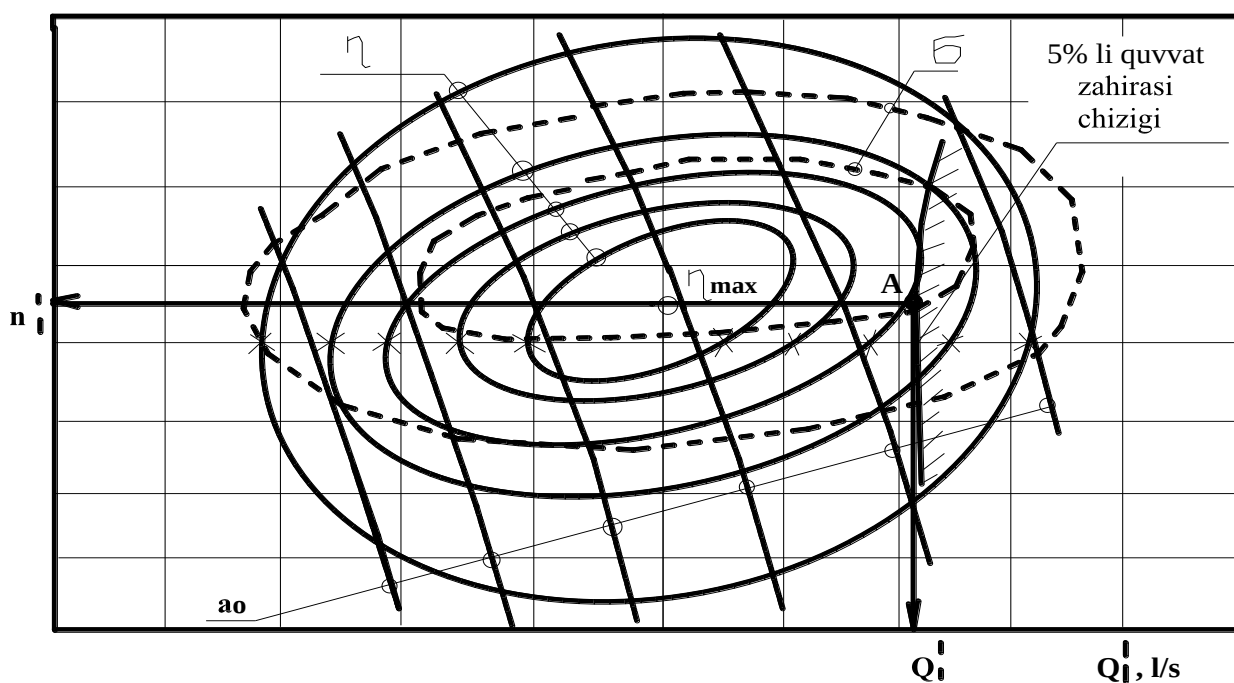
Agar bu zahira inobatga olinmasa, unda generator yuklanishi oshirilganda quvvat N ham ko'payishi zarur, ammo aylanishlar soni " n " ham kamayadi, sarf Q ni

ko'paytirish uchun yo'naltiruvchi apparat ochiladi, bu esa quvvat N va aylanishlar soni n ni kamayishiga olib keladi.

PL turbina bosh universal harakteristikasini qurish parraklarni har hil burilish α_i - burchagidagi propeller turbinani universal harakteristikadan amalga oshiriladi. Egriliklar ohiri bukilmagan (Q_{opt} ko'payganda oqimni oqib o'tish sharoiti yomonlashmaydi va f.i.k. pasaymaydi). Bu turbinalar uchun Q_1^1 ni belgilab quvvat kavitatsiya shartidan chegaralab quyiladi.

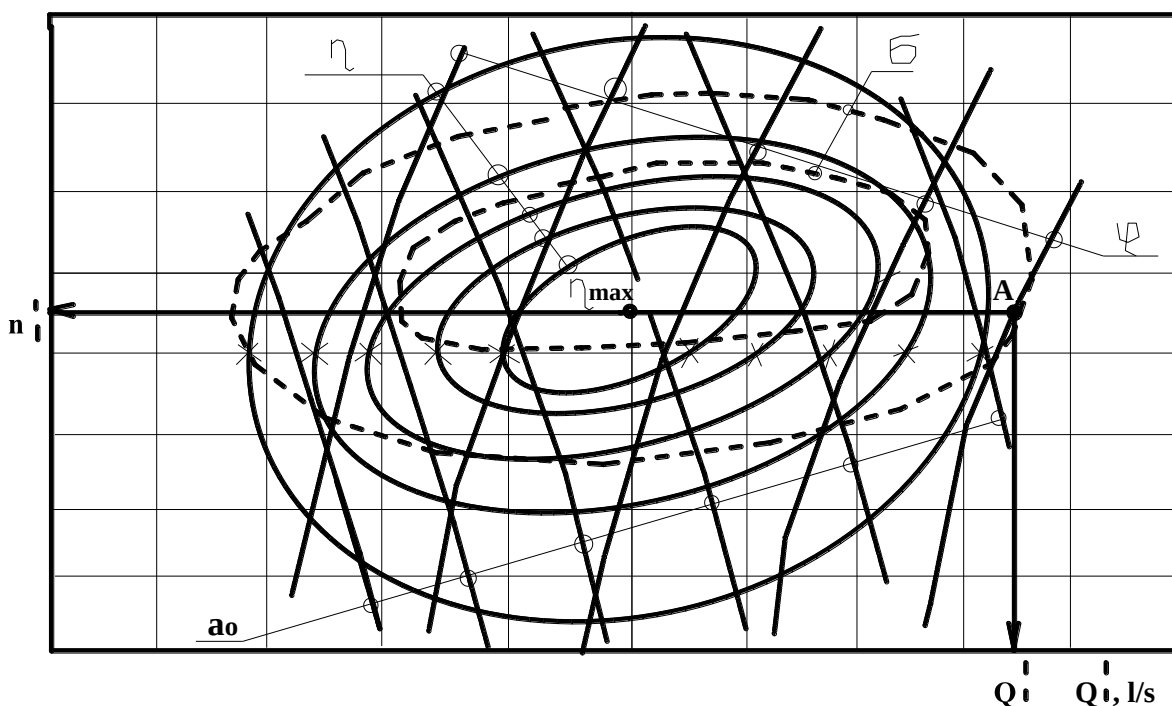
Ishchi harakteristikalar (4.19-Rasm) real turbinalar uchun quriladi. Bu egrilik turbina f.i.k. η_{tur} ni, turbina sarfi Q_{tur} yoki quvvat N_{tur} bilan bog'liqligidir.

n , ayl/min



4.17-Rasm. Radial o'qiy turbina bosh universal harakteristikasi

n_1^1 , ayl/min



4.18-Rasm. PL turbina bosh universal harakteristikasi

Bu harakteristikalarni qurish uchun bosimi N_x , ishchi g'ildirak diametri D_1 , aylanishlar soni n ga teng bo'lgan asl turbina uchun, model turbina keltirilgan aylanishlar soni hisoblanadi.

$$n_1^1 = nD / H_x^{0,5}$$

Bosh universal harakteristikada rejim chizig'i n_1^1 o'tkaziladi va u orqali η_m va Q_1^1 koordinatalari topiladi (f.i.k. chizig'ini n_1^1 chizig'i bilan kesishish nuqtasida) va 4.1-jadvalga yoziladi. O'hshashlik qonuni formulalaridan (4.1-4.3) foydalanib model turbinani qiymatlari asl turbina uchun hisoblanadi:

$$Q_t = Q_1^1 \times D_1^2 \times (H_x)^{0,5}$$

$$\eta_t = \eta_m \times \eta_{t \max} / \eta_{m \max}$$

$$\eta_{t \max} = 1 - (1 - \eta_{m \max}) \times (D_m / D_t)^{0,2}$$

$$N_t = 9,81 Q_t \times H_x \times \eta_t$$

$$a_0 = a_{0m} \times D_0 \times Z_m / (D_{0m} \times Z_{0m})$$

Salt yurish suv sarfi:

$$Q_{s,yu} = (5 \div 8)\% \times Q_t - \text{PL turbina uchun}$$

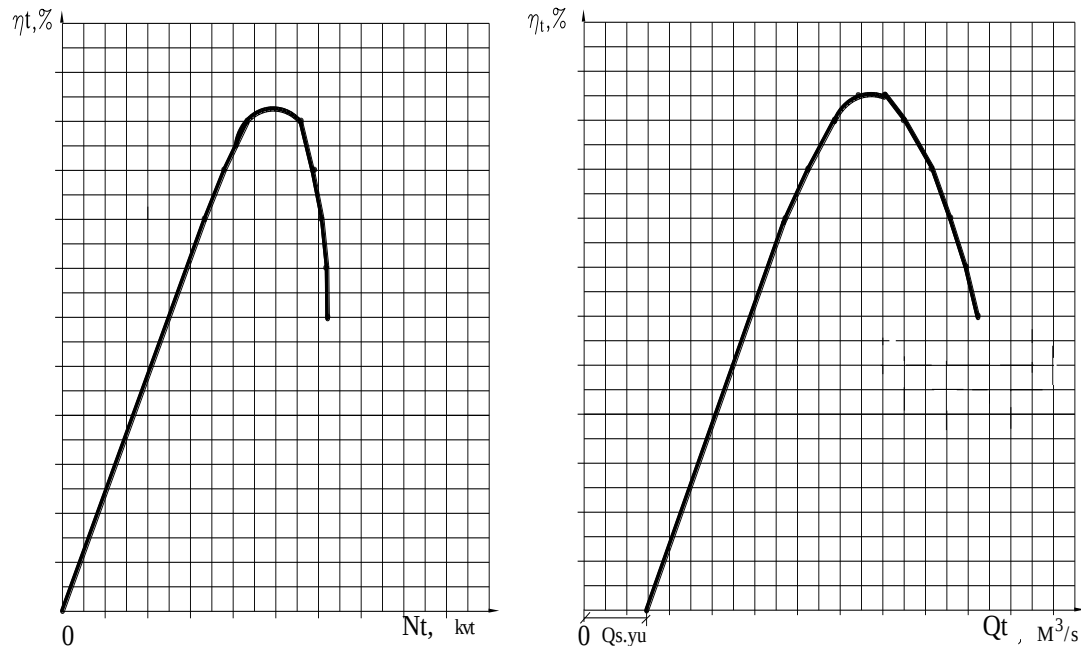
$$Q_{s,yu} = (8 \div 10)\% \times Q_t - \text{RO turbina uchun}$$

$$Q_{s,yu} = (40)\% \times Q_t - \text{PR turbina uchun}$$

4.1-Jadval

η_m	Q_1^1	a_{0m}	Q_t	H	N_t	a_0

4.1 - jadvalning o'ng qismidan foydalanib gidroturbina ishchi harakteristikasi quriladi.



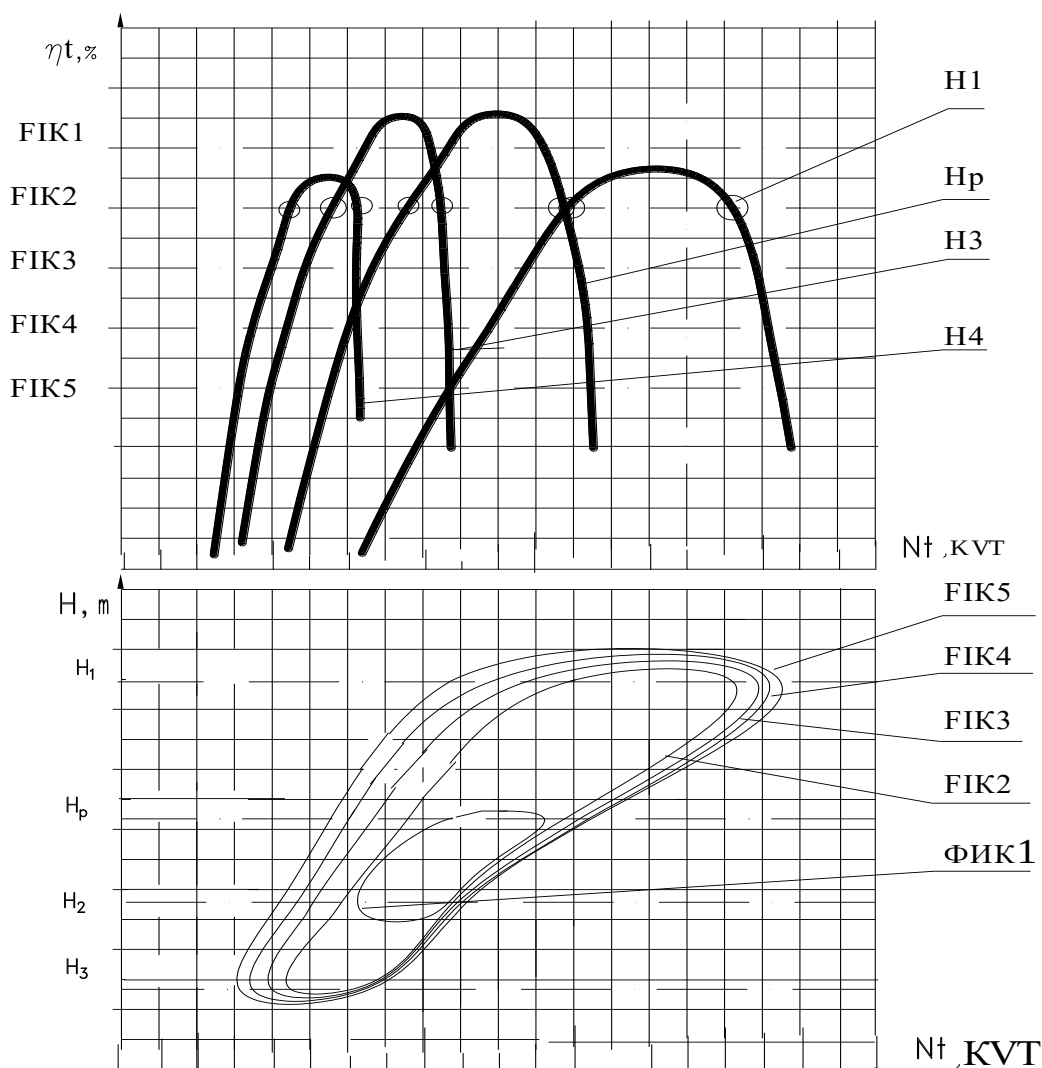
4.19-Rasm. Turbina ishchi harakteristikalari

Eksplutatsion universal harakteristika - bu o'zgarmas aylanishlar soni $n=\text{const}$ da turbina f.i.k.ni quvvat N va bosim H bilan bog'liqligi.

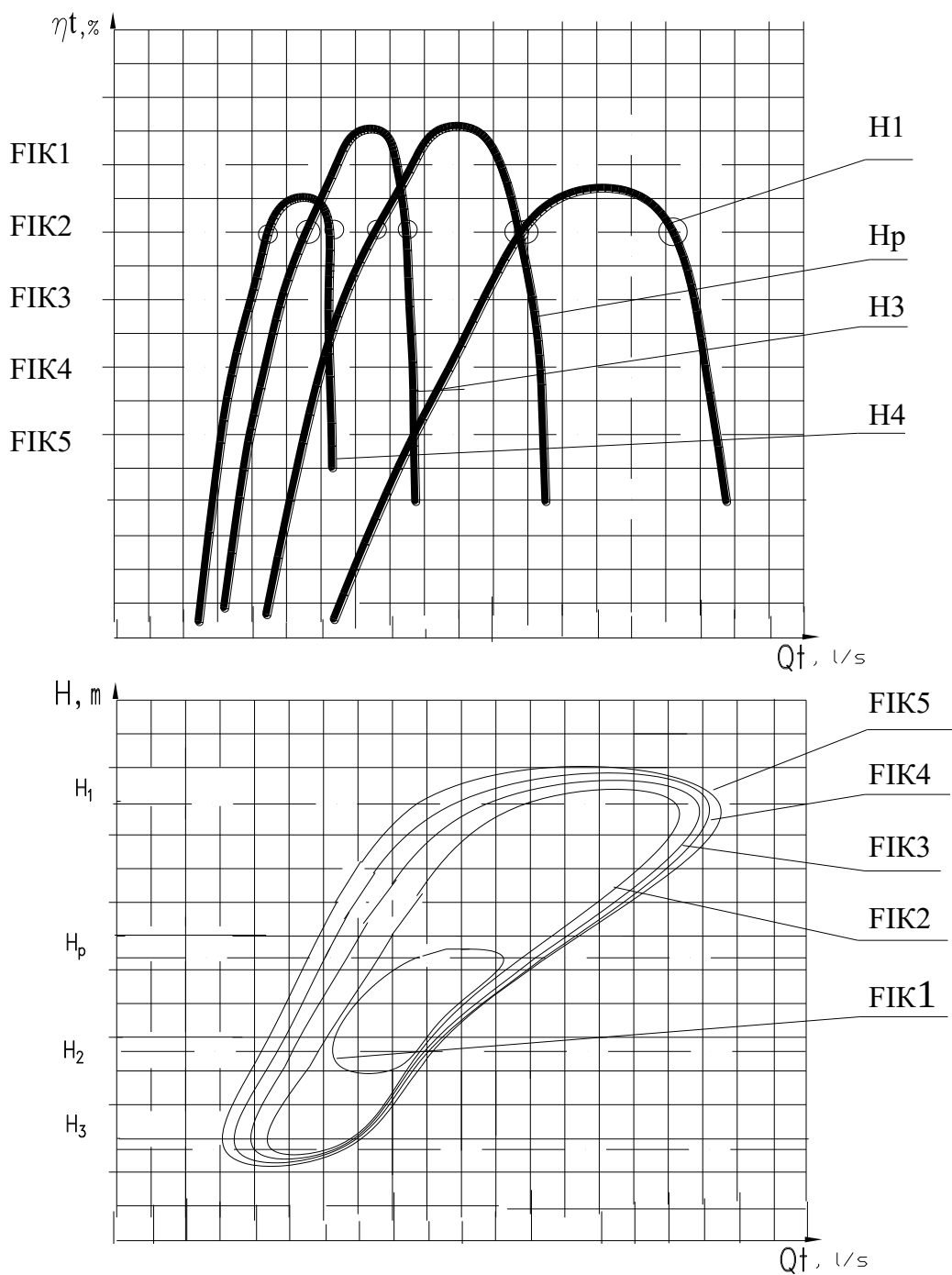
Ular ni qurish uchun bosh universal harakteristikada har hil bosim N ga to'g'ri keluvchi bir nechta n_{11} to'g'ri chizig'ini o'tkazamiz.

$$H_i = (n \times D_1 / n_1^1)^2$$

Bosimning har bir qiymati uchun (4.1 jadvaldagi kabi) koordinatalarni aniqlovchi hisob bajariladi. Ishchi harakteristikalar $\eta_t = f(N_t)$ yoki $\eta_t = f(Q_t)$ quriladi, so'ngra ular $H = f(Q_t)$ va $H = f(N_t)$ koordinatalarda ekspluatatsion harakteristikalarga aylantiriladi. 4.20, 4.21- Rasmlar.



4.20- Rasm. Ekspluatatsion universal harakteristikasi



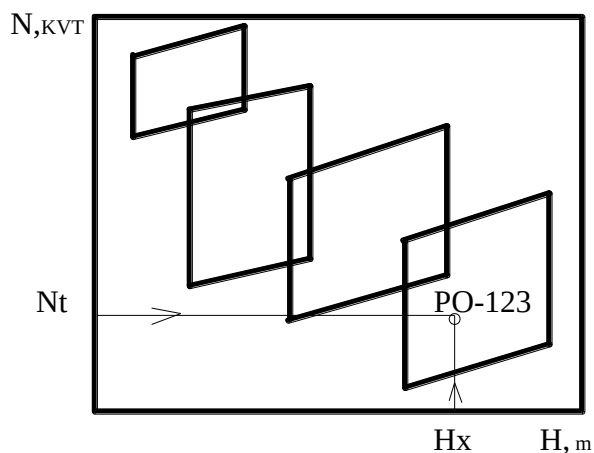
4.21- Rasm. Eksplutatsion universal harakteristikasi

4.6. Turbinani generatorini va avtomatik boshqaruvchini tanlash

Turbinalar nomenklaturasi turbinalarni sinflarga, sistemalarga va seksiyalarga birlashtiradi. Ularda ishlab chiqariluvchi turbinalar batafsil ko'rib chiqilgan.

Har bir turbina uchun marka belgilanib unda turbina sistemasi va valning holati, turbina kamerasi turi va ishchi g'ildirak diametri D_1 ko'rsatilgan bo'ladi.

Masalan: PL 510-VB-250 - 510 parraklari buriluvchan turbinani, ishlab chiqaruvchi korhona bergan nomeri, V - vertikal valda (G-gorizontal), B - yopiq beton kamerali (O - ochiq, M - yopiq metall spiral kamera), ishchi g'ildirak diametri 250 sm. Nomenklaturada turbina ishchi g'ildiragi diametrini quyidagi standart qiymatlari qatori keltirilgan. D_1 standart = 180, 200, 225, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 550, ..., 1000sm. Generator tomonidan turbinaga qaralsa u soat strelkasi bo'yicha aylanishi zarur. Turbinani seriyasi va turi, qo'llanish mintaqasi yig'ma grafigidan tanlanadi, 4.22-rasm.



4.22- Rasm. Turbinalarni qo'llanish mintaqaviy yig'ma grafigi

Hisoblangan bosim H va quvvat N_{tur} bo'yicha turbinani grafikda belgilab turbina turi tanlanadi. Agar kesishgan nuqta ikkita turbina zonasiga to'g'ri kelsa, turbina turi energetik hisoblar asosida qabul qilinadi.

3,4 ilovada yirik, o'rta va kichik reaktiv turbinaning qo'llanish mintaqasi grafiklari berilgan.

Turbina dastlabki asosiy ko'rsatkichlari qo'llanish mintaqasi hususiy grafigidan topiladi, 4.23- Rasm. Hususiy grafikdan diametr D_1 , aylanishlar soni n , so'rish balandligi H_s topiladi va ularni universal harakteristikasiga qarab aniqlik kiritiladi.

Tanlangan turbina turi uchun universal harakteristika, ya'ni keltirilgan sarf Q_1^1 va aylanishlar soni n_1 ni F.I.K. bilan bog'lanishi qabul qilinadi, 4.17. va 4.18.- rasmlar.

Turbinani maksimal f.i.k. bo'yicha n_1 va Q_1^1 qiymati topiladi (PL turbina uchun bu $Q_1^1 \max$, RO turbina uchun esa 5%li quvvat zahirasi chizig'ida).

Turbina ishchi g'ildiragi diametri hisoblanadi

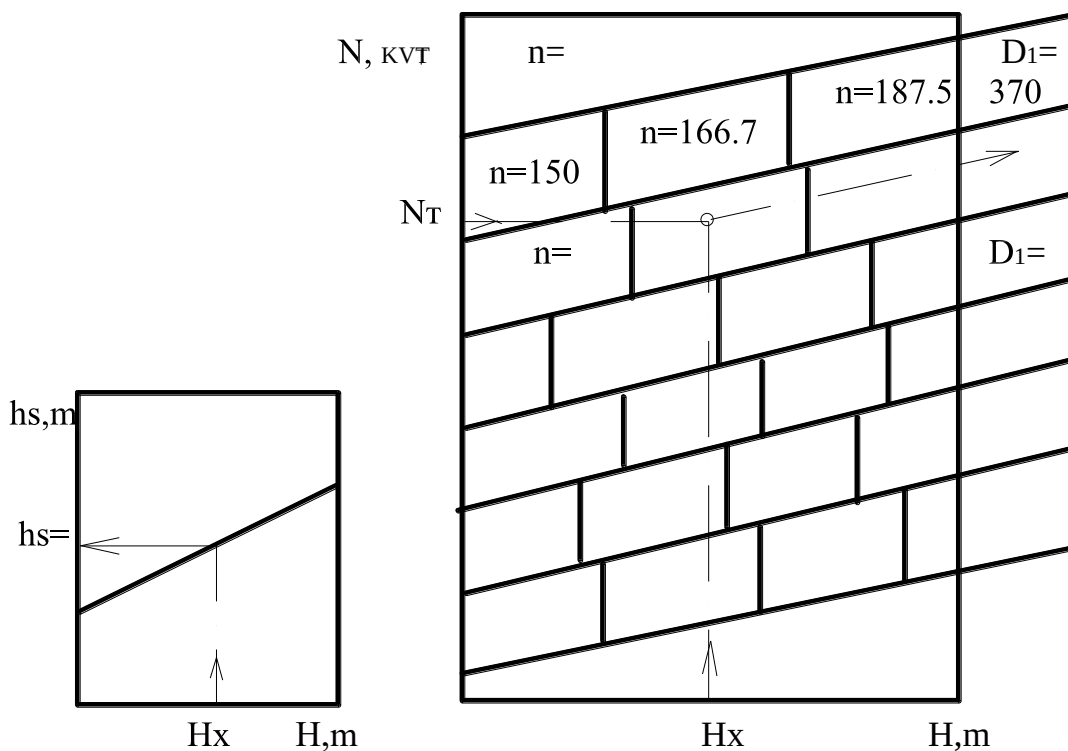
$$U D_1 = (Q_t / (Q_1^1 \times H_x^{1/2}))^{1/2} \text{ ga teng}$$

Bu qiymatni standart qiymatgacha yahlitlab aylanishlar soni hisoblanadi

$$n = n_1^1 \times H_x^{1/2} / D_1$$

Bu qiymatni ham standart kattaligacha yahlitlaymiz. O'hshashlik formulalaridan D_1 va n standart qiymatlari uchun rejim nuqta A holatini aniqlaymiz. Yangi rejim nuqta A_1 yuqori f.i.k. mintaqasida yotishi va RO turbinani 5% quvvat zahirasi chizig'idan chiqmasligi zarur.

$$A_1 \text{ nuqta koordinatalari: } Q_1^1 = Q_t / (D_1^2 \times H^{1/2}), n_1^1 = n \times D_1 / H_x^{1/2}.$$



4.23- Rasm. Turbinani mintaqaviy qo'llash hususiy grafigi

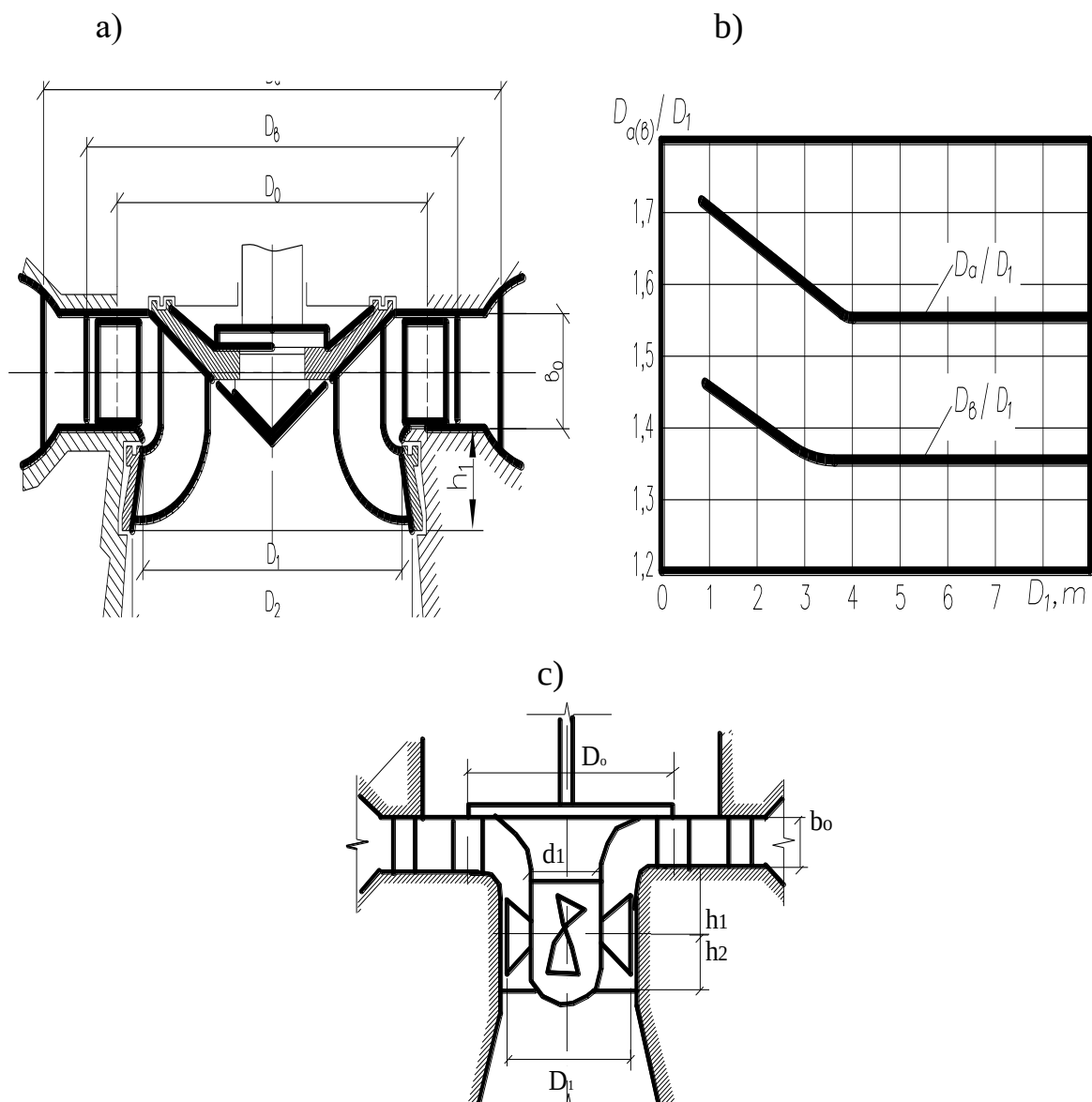
5.6-ildovada ba'zi bir turbinalar (Rossiya) mintaqaviy qullash hususiy grafigi ko'rsatilgan.

Aks holda A_1 nuqtasi holatini o'zgartirish uchun, D_1 va n standart qiymati o'zgartiriladi. Turbina asosiy o'lchamlarini nomenklaturada ($D_1=1.0$ m uchun) keltirilgan (4.2- jadval, 1, 2 ilova) jadval va sxemadan topiladi.

4.2-jadval

Turbina ishchi g'ldiragi	D_0	D_2	h_1	b_0	Parraklar soni	d_1	h_2
RO 45/123	1,16÷1,2	1,08	0.22	0.35			
RO 75/211	1,16÷1,2	1,09	0.25	0.30			
RO 115/679	1,16÷1,2	1,13	0.25	0.25			
RO 170/638	1,16÷1,2	1,025	0.25	0.20			
RO 230/533	1,2	1,0343	0.2	0.224			
PL 10/259	1,16÷1,2	D_1	0.2087	0.4-	4	0.35	0.1543

				0.45			
PL 20/510	1,16÷1,2	D ₁	0.2087	0.4	4	0.40	0.1543
PL 30/587	1,16÷1,2	D ₁	0.2087	0.376	6	0.45	0.1543
PL 40/577	1,16÷1,2	D ₁	0.2089	0.35	7	0.50	0.1543



4.24 - Rasm. Turbina ishchi g'ildiragi sxemasi:

a- radial-o'qiy turbina, b - o'qiy turbina, c - $D_a/D_1 = f(D_1)$, $D_B/D_1 = f(D_1)$
 harakteristikalar

Generator - bu aylanish ko'rinishidagi mehanik energiyani elektr energiyaga aylantiruvchi elektr mashina. Generator sifatida GESlarda 3 fazali o'zgaruvchan tokli sinhron mashinalar qo'llaniladi. Generator tanlash uchun dastlabki berilgan ko'rsatkich bo'lib turbina quvvati N_{tur} va aylanishlar soni n hisoblanadi.

Generator quvvati $N_g = N_{tur} \times \eta_g$ ga teng;

Bu yerda: $\eta_g = 0,9-0,95$ generator f.i.k.

Generatorning standart nomenklaturasi bo'lmasa, ularni tanlash qiyin, shuning uchun generatorlar o'lchamlari tahminiy formulalardan hisoblanadi.

$D_a = 13.9 \times S^{1/4} / n^{1/3}$ - aktiv po'lat diametri (stator metall halqasi)

$L_a = 160 \times S / D_a^2$ ni aktiv po'lat uzunligi.

Generator asosiy ko'rsatkichlari ishlab chiqaruvchi korxonaning maxsus materiallarda va ma'lumotnomalarda berilgan bo'ladi (12 ilova).

Avtomatik rostlagich - gidroturbinani avtomatik rostlash, ya'ni turbinani oldindan berilgan aylanish tezligi chegarasida saqlash uchun xizmat qiladi. Bu chegara generator ishlab chiqarayotgan o'zgaruvchan tokni doimiy chastotasi asosida belgilanadi. Elektr tok chastotasi generator rotorini, ya'ni turbinani (vallar to'g'ridan-to'g'ri ulanganda) aylanish tezligiga bog'lik.

O'zbekistonda tokning standart chastotasi $f=50$ gers qabul qilingan. Bu harakatdagi kuchlar momenti M_x (turbina validagi aylanish momenti) va qarshilik kuchi momentlari M_x tengligidan $M_x = M_q$ erishiladi.

M_q - generator yuklanishiga, M_x esa turbinadan o'tayotgan suv sarfiga bog'lik bo'ladi.

$$M_x = \gamma \times \eta_t \times Q \times H / w$$

Bu yerda: γ -suv zichligi;

η_t – turbina FIK;

w – turbina burchak tezligi, $w = \pi \cdot D \cdot n / 60$;

n – turbina valning aylanis soni;

D – ishchi g'ildirak diametri.

Tok chastotasi f generator qutb juftligi soni R va uni aylanish tezligi n ayl/min ga bog'liq: $f=P \times n/60$, $n=300/P$.

Yuklanish (M_q) o'zgarganda, FIK η ni saqlash uchun suv sarfi $Q(M_x)$ ni o'zgartirish zarur.

Yuklanishning har bir qiymatiga generatorning qutb juftligining soni R to'g'ri keladi, ya'ni R ni har bir soniga ma'lum aylanish tezligi to'g'ri keladi.

Agregatning burchak tezligini saqlash generatorning yuklanishini o'zgartirish asosida turbina orqali o'tayotgan suv sarfini o'zgartirib, ya'ni turbina rostlovchi jihozlari burib amalga oshiriladi.

RO turbinalarda rostlash yo'naltiruvchi apparat parraklarini burish bilan amalga oshiriladi, uning holati turbina orqali o'tadigan suv sarfini belgilaydi. PL turbinada ikkita rostlovchi jihoz mavjud, yo'naltiruvchi apparat va yo'naltiruvchi apparat parraklarini ochilishiga mos ravishda ma'lum burchakka o'rnatiluvchi ishchi g'ildirak buriluvchi parraklari. Bunda nafaqat suv sarfi o'zgartiribgina qolmay, bu sarfda turbinani qulay ish rejimiga erishiladi.

Rostlash jarayoni - bu o'rnatilgan rejim buzilganda agregatni teng og'irlik holatini tiklash, bu turbinaning rostlash jihozlari boshqarish bilan amalga oshiriladi.

Turbinani, ayniqsa, yirigida rostlovchi jihozlari orqali ko'p suv sarf o'tadi, bularni siljitish uchun anchagina, jumladan yo'naltiruvchi apparat uchun bir necha yuz tonna, ishchi g'ildirak uchun bir necha ming tonna kuch talab etiladi.

Bu to'g'ri harakatlanmaydigan rostlagichlarni qo'llashni talab qiladi, ularda turbinaning burchak tezligi o'zgarishini qabul qiluvchi ancha sezgir va kam yuklangan jihoz va rostlovchi jihoz orasida, taqsimlovchi qopqoq va servomotor ko'rinishidagi gidravlik kuchaytirgich joylashtirilgan. Zamonaviy turbina jihozlari, uni shu bilan,

birga turbinani rostlash sistemasini to'liq avtomatlashtirish, hisobidan ishlab chiqariladi.

4.7. Gidroturbinalarda kavitatsiya

Kavitatsiya suvning qaynashi bilan bog'liq hodisadir. Ma'lumki, suvning qaynash harorati suvning bug' bosimiga $P_{b,b}$ bog'lik bo'ladi. Agar turbinada mavjud haroratda suyuqlikning bug' bosimidan kam bosimli joylar paydo bo'lsa, suv bu joylarda qaynaydi. Turbina ishchi g'ildiragi ostida bosim atmosfera bosimidan kam bo'ladi. Parraklar ostidagi kichik bosim va ustidagi yuqori bosim joylari orasidagi chegara o'zgaruvchan. Pufaklar yuqori bosim zonasiga harakatlenganda bug' kondensatsiyalashadi va bu yerda bo'shliqlar hosil bo'ladi. Bo'shliqlar bir zumda suv bilan to'ladi va bunda bir necha 100 hatto 1000 atmosfera bosimli gidravlik zarba hosil bo'ladi.

Agar pufakchalar metall yoki beton ustiga o'tirib qolsa, u buzila boshlaydi. Qator derivatsion GESlarda suv oqimi cho'kindilarni tashiydi, bunda kavitatsion buzilishga cho'kindilarni ishqalanish ta'siri ham qo'shiladi (bunda turbina 2-3 oyda ishdan chiqishi mumkin). Kavitatsiyada dastlab f.i.k. pasayadi, shovqin paydo bo'ladi, sarf kamayadi. Kavitatsiyaning oldini olish uchun P_3 bosimni mavjud haroratda bug' bosimi $R_{b,b}$ dan pasayib ketmasligiga yo'l qo'ymaslik zarur, ya'ni kavitatsiya bo'lmaslik sharti (4.11-rasm):

$$P_3/\gamma \geq P_c\sigma/\gamma=0 \text{ (} t=20^0 \text{ uchun, } P_c/\gamma=0.20 \text{ m) bo'ladi.}$$

Ishchi g'ildirakdan chiqishdagi bosim:

$$P_3/\gamma = P_{at}/\gamma - H_s - (V_3^2 - V_5^2)/2g - h_w = P_{at}/\gamma - H_s - \sigma H,$$

bu yerda: P_{at} – atmosfera bosimi;

V_3, V_5 - 3-3, 5-5 qirqimlardagi suv tezligi, 4.11- rasm;

σ - kavitatsiya proporsionallik koeffitsienti, tajriba yo'li bilan topiladi;

h_w - so'rish quvuridagi bosim yo'qolishi.

Chegaralangan so'rish balandligi $H_s \text{ cheg} \leq H_a - \sigma H$ ga teng bo'lib. U turbinani pastki b'ef sathiga nisbatan balandlik holati chegarasini ko'rsatadi. Demak chegaralangan so'rish balandligidan yuqorilinish kavitatsiyaga olib keladi.

$$H_s \text{ cheg} = \nabla - \nabla \text{PBS}_{\min} \leq H_a - \sigma H,$$

bu yerda: $\nabla \text{PBS}_{\min}$ - pastki b'ef minimal suv sathi;

∇ - PL turbina o'qi yoki RO turbina yo'naltiruvchi apparatini pastki tekisligi belgisi.

Agar turbina PBSdan yuqori joylashsa, H_s musbat, pastda bo'lsa, H_s manfiy hisoblanadi.

Turbina o'rnatish belgisi oshishi bilan atmosfera bosimi $\nabla/900$ m kattalikka pasayadi. Har qanday belgidagi turbina uchun (har bir 900m balandlikka bosim 1m suv ustuniga pasayadi)

$$H_s \text{ cheg} = H_a - \kappa \times \sigma H - \nabla/900,$$

Bu yerda: $\kappa = 1,1$ – PL turbina uchun;

$$\kappa = \sigma + \Delta \sigma - \text{RO turbina uchun, } \Delta \sigma = 0,04-0,01$$

$$H_s \text{ cheg} = 10 - \sigma H - \nabla/900.$$

Yoki tahminan, haqiqiy so'rish balandligi $H_s \leq H_s \text{ cheg}$, ga teng.

5 -BOB. GIDROENERGETIK BO'G'INLAR

5.1. Gidrobo'g'inlar klassifikatsiyasi. To'g'onli, derivatsion va aralash gidrobo'g'inlar inshootlari komponovkasi sxemasi

Gidrobo'g'in bu o'zini joylashishi va vazifasi bo'yicha birlashgan gidrotexnik inshootlar kompleksi. Bu bobda asosiy vazifasi elektroenergiya ishlab chiqarish va o'z tarkibida GES bo'lgan gidrobo'g'in ko'rib chiqiladi, har bir gidrobug'in o'zicha noyob, chunki gidrobo'g'in inshootlari tarkibi va komponovkasi, bosimni hosil qilish usuli va miqdoriga, GES quvvatiga, topografik, gidrologik sharoitga, qurilish usuliga bog'liq bo'ladi.

Gidrobo'g'inlar klassifikatsiyasi asosiga GES binosi turi va bosim hosil qilish usulini inobatga olgan holda gidrobo'g'inda uni joylashishi kiritilgan.

Gidrobo'g'inlarni qo'yidagi turlari mavjud bo'linadi (7, 8 ilova):

1 - o'zanli GES binosili va to'g'on bilan hosil qilinadigan bosimdan foydalanuvchi to'g'onli gidrobo'g'in;

2 - to'g'on yoni GES binoli va to'g'on bilan hosil qilinadigan bosimdan foydalanuvchi to'g'onli gidrobo'g'in;

3 - alohida turuvchi GES binoli va to'g'on bilan hosil qilinadigan bosimdan foydalanuvchi to'g'onli gidrobo'g'in;

4 - bosimsiz derivatsiyadan hosil qilinadigan bosimdan foydalanuvchi derivatsion gidrobo'g'in;

5 - bosimli derivatsiyadan hosil qilinadigan bosimdan foydalanuvchi derivatsion gidrobo'g'in.

GES binolari konstruksiyasi bo'yicha quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

1 - uzanli, gidrobo'g'in bosimli front tarkibiga kiruvchi, ya'ni tirgavuch inshoot funksiyasini bajara oluvchi;

2 - to'g'ridan-to'g'ri bosimni qabul qilmaydigan va bosimli front tarkibiga kirmaydigan binolar. Ularni quyidagi turlari mavjud:

a - to'g'on yoni, ya'ni bino beton to'g'onga yonidan qo'shilgan;

b - alohida turuvchi (yer usti yoki yer osti).

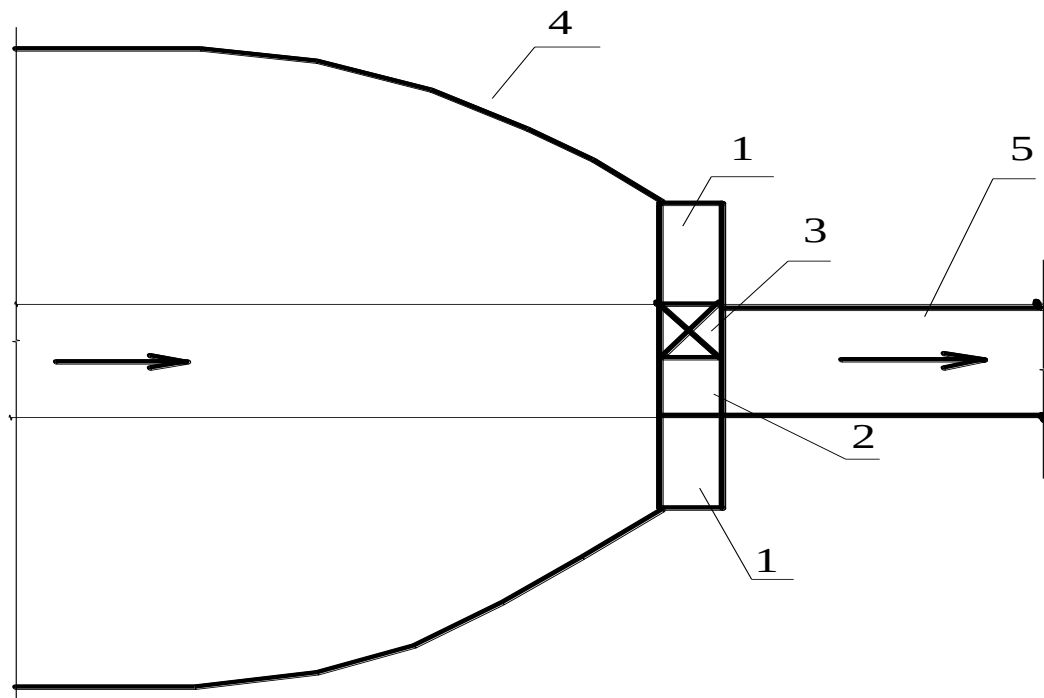
O'zanli GES binolarida suv olish inshooti binoni bir qismi hisoblanadi va turbinaning oquv qismiga kirish oldida joylashadi.

Bosimni qabul qilmaydigan GES binosi komponovkasida, suv olish inshooti alohida joylashgan va suv GES binosiga turbinali suv elitgich orqali keltiriladi.

To'g'onli gidrobo'g'inlar.

O'zanli GES binoli gidrobo'g'ini bosim 35 metrdan kichik bo'lganda (ba'zan 55 metrgacha) qo'llaniladi.

Bino beton va tuproq tug'onlar qatorida gidrobo'g'inni bosimli front tarkibiga kirib daryo qayiri va o'zanini berkitadi. Bu gidrobo'g'inlar asosan suv toshqini sarfi turbina suv o'tkazuvchanligidan ancha ko'p bo'lgan, sersuv tekis daryolarda quriladi, shuning uchun suv tashlovchi to'g'on ko'zda tutiladi.



5.1 - Rasm. O'zan GES binoli to'g'on gidrobo'g'ini sxemasi:

1-to'g'on, 2- suv tashlovchi to'g'on, 3-GES binosi, 4- suv ombori, 5- daryo.

Ba'zida o'zanli GES binosi konstruksiyasiga ustki yoki bosimli suv tashlagich kiradi, bu suv tashlovchi to'g'onlar o'lchamlarini kamaytirish yoki undan butunlay voz kechish imkonini beradi. Bunday binolar o'rindosh deyiladi. Bunday gidrobo'g'inlarga Volga-Kama GESi, Dnepr GESi, Krasnoyarsk GESi, Daugava GESi, Norin daryosidagi Uchqo'rg'on GESlari kiradi.

To'g'on yoni binoli GES gidrobo'g'inlarini 30-50 metrdan yuqori bosimlarda, kichik GES larda esa bundan ham kichik bosimlarda, o'zanli GES binosini qurish maqsadga muvofiq emas, yoki umuman mumkin emas.

Bunday holda bosimli front tarkibida betonli to'g'on bo'lsa to'g'on yoni GES binosi qo'llaniladi. Bunday gidrobo'g'in bosimli fronti betonli stansiya (2) va suv tashlovchi (4) to'g'ondan, hamda yahlit 1 (beton va tuproqli) to'g'ondan hosil qilinadi. 5.2. rasm Stansion to'g'onni pastki qismiga yonma-yon qilib GES binosi (3) joylashtiriladi. Suv qabul qilgich stansiya to'g'oni tarkibiga kiradi.

Suv GES binosiga stansiya to'g'oni massivida yoki uni pastki qismiga o'rnatilgan turbinali suv elitgichlari bilan keltiriladi.

Bu gidrobo'g'inlarga: Yeneseý daryosidagi Sayano-Shushensk GESi, Angara daryosidagi Bratsk va Ust-ilimsk GESlari, Norin daryosidagi Tuhtagul GESi,

Sulak daryosidagi Cherkeysk GESi, Dnepr daryosidagi Dnepr GESi va boshqalar misol bo'la oladi.

Alohida turuvchi GES binoli gidrobo'g'inlar.

Agar bosim tuproqdan qurilgan to'g'on bilan hosil qilinsa, GES binosi to'g'ondan ma'lum uzoqlikda joylashadi va alohida turuvchi hisoblanadi.

Ularga suv maxsus suv olish inshootlaridan, to'g'on tagidan yoki uni aylanib o'tib suv elitgichlarda keltiriladi.

Toshqin suvlarini tashlash uchun maxsus suv tashlagich ko'zda tutiladi. Suv sarfi keskin o'zgarganda esa suv elitgichlar ohirida tenglashtiruvchi rizervuar quriladi.

Derivatsion gidrobo'g'inlar.

Derivatsion gidrobo'g'inlar inshootlari komponovkasi va tarkibi derivatsiya turiga bog'liq. Turli tabiiy sharoitlar, har hil sxemalarni taqazo qiladi (bosimli va bosimsiz derivatsiyani qo'shish, bosimni to'g'on va derivatsiya yordamida hosil qilish).

Gidrobo'g'inning tarkibiga quyidagi inshootlar kiradi:

- toshqin suvlarini o'tkazuvchi suv tashlovchi to'g'on (2) va suvni kanalga chiqaruvchi rostlagichli suv oluvchi inshoot (3) o'z ichiga olgan bosh bo'g'in;

- har hil injenerli inshootlar (tindirgich (4), akveduk, quvurlar, suv chiqargich) va ayrim suv zaxiralarini yig'uvchi sutkali boshqarish hovuzini o'z ichiga oluvchi bosimli va bosimsiz derivatsiya.

- tarkibida bosimli hovuz (7), turbina suv elitgichi (6), GES binosi (7), salt suv tashlagich (8) va ketuvchi kanal bo'lgan stansion bo'g'in. Bunday gidrobug'inga Sirdaryo daryosidagi bosimni, tug'on va derivatsiya yordamida hosil qilinuvchi Farhod gidrobo'g'ini misol bo'la oladi.

Bosimli derivatsiyali gidrobo'g'inlar tog'li daryolarda quriladi va yuqori bosimlarga (2000 m gacha) ega bo'lishi mumkin. Masalan, Armanistondagi Varotane daryosidagi Tatev GESi uning bosimi $N = 565$ metr.

Tug'onning yuqori b'efida suv olish inshooti joylashgan bo'lib, undan suv bosimi derivatsion suv elitgichga (tunnel yoki quvur) yo'naltiriladi. Bosimli suv elitgichlar ohirida ko'pincha, gidrozarbda derivatsiyada bosimni chegaralovchi, tenglashtiruvchi rezervuar o'rnatiladi. GES binosiga tenglashtiruvchi rezervuardan keladigan suv, turbina suv elitgichda keltiriladi.

5.2. GES binolari klassifikatsiyasi.

O'zanli, to'g'on yoni va alohida turuvchi binolar.

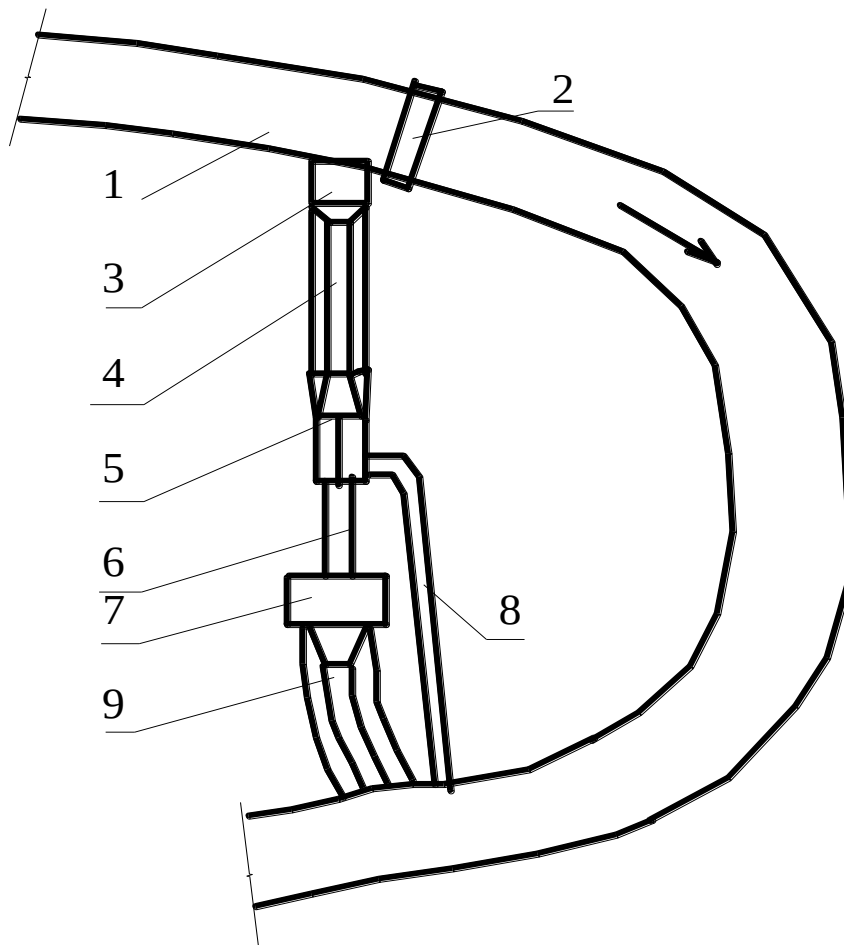
GES binolari ikkita asosiy sinfga bo'linadi: o'zanli bosim qabul qiluvchi va bosim qabul qilmaydigan binolar (9, 10, 11 ilova).

O'zanli GES binolari bosim 40-50 metr bo'lganda qo'llaniladi.

O'zanli GES binolarini quyidagi turlari bo'lishi mumkin:

a - odatdagi;

b - qo'shilgan, unda ortiqcha suvni turbinadan tashqariga tashlaydigan suv tashlagich ko'zda tutilgan buladi.



5.3 - Rasm. Bosimsiz derivatsiyali, derivatsion g'idrobo'g'in sxemasi

Qo'shilg'an GES binolarini quyidagi turlari bo'ladi:

- bosimli suv tashlagichli;
- vertikal agregatli suv tashlagichli;
- gorizontaal agregatli suv tashlagichli;
- ustunli.

Bosim 50 metrdan ko'p bo'lganda GES binosi bosimni qabul qilmaydi. Ularni quyidagi turlari bo'ladi:

- a - to'g'on yoni, ya'ni to'g'on bilan konstruktiv bog'langan;
- b - alohida turuvchi, to'g'ondan ma'lum masofada joylashgan.

Alohida turuvchi GES binolarini quyidagi turlari bo'ladi: qo'shilmagan, suvni tashlaydigan binoli, (yahlit yoki suv tashlagichli to'g'on ichida).

Alohida turuvchi GES binolari, binoni yer yuzasiga nisbatan joylashishiga qarab ular yer ustida, yarim yer ostida va yer ostida joylashishi mumkin. GES binolari yopiq, yarim ochiq va ochiq mashinali zaliga ega bo'ladi.

O'zanli GES binolarini, agar ularning turbina oquv qismi o'lchamlaridan kelib chiqib qabul qilingan o'lchamlari, binoni siljishga bo'lgan mustahkamligini ta'minlay olsa qo'llaniladi. Bu shartga rioya qilish nafaqat bosim qiymati H bilan balki H/D_1 kattalik bilan ham chegaralangan bo'ladi.

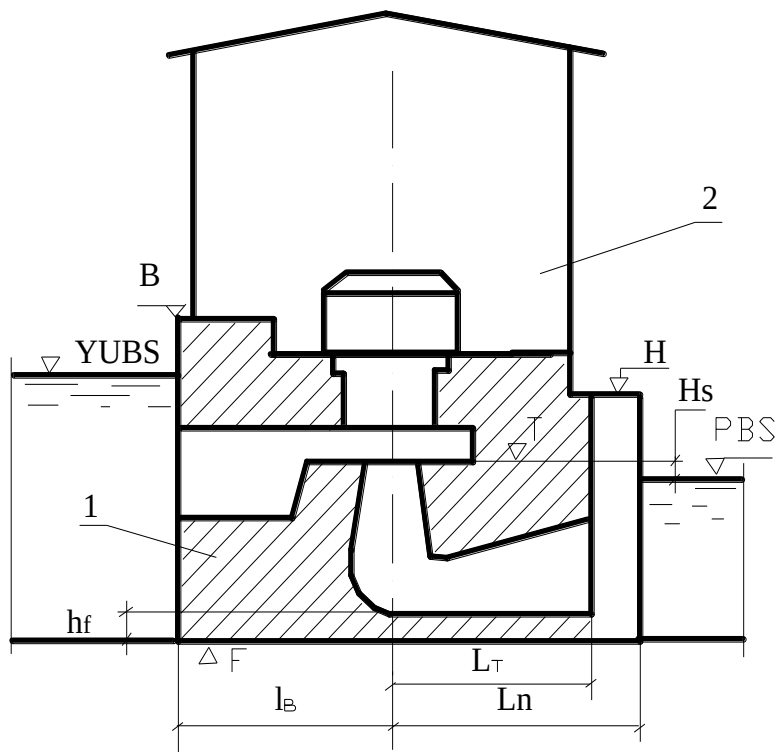
Bu yerda: D_1 - turbina ishchi g'ildiragi diametri.

$H/D_1=8$ dan katta bo'lganda o'zanli GES binosi qo'llanilmaydi va bu holda binoni to'g'on yoni yoki alohida turuvchi turi qo'llaniladi. GES binosi jihozlarini standartlashtirish va ba'zi bir elementlarini unifikatsiyalashtirish, har hil bino turlarida qaytariluvchi ma'lum yechimlarni ishlab chiqishga olib keldi. Ko'pgina GES binolarida (5.4 rasm) GTI funksiyasini bajaruvchi massiv qismini (1) va xizmat xonalari hosil qiluvchi yuqorida qurilgan qismi (2)ni ajratsa bo'ladi. Bundan yuqorida quyidagi texnologik zonalar ham bor: yuqori va pastki b'ef zatvorlar bo'limi, mashina zali, yordamchi honalar, oquv qismi.

Agreatlari ko'p bo'lgan GES binosining massiv qismi, uzunligi bo'yicha qator bir hil agregat bloklariga ega bo'lib, ularning har birida turbinani oquv qismi va gidroagregat o'rnatilgan. Agregat bloklari o'lchamlarini topish uchun, birinchi navbatda turbina oquv qismi o'lchamlarini va yuqori va pastki b'efga nisbatan turbina holatini bilish zarur.

Blok eni asosan spiral kameraning eni bo'yicha topiladi. (beton kamerali bloklar eni, $B_a = (2.7 \div 3.2) \times D_1$ ga teng va qamrab olish burchagi, ya'ni bosimni ko'payishi bilan ko'payadi. $\beta = 345^\circ - 360^\circ$ ga ega bo'lgan metall kamerali blok eni, barcha bosimlarda $B_a = (2.8 \div 4.9) \times D_1$ ni tashkil qiladi.

Shu bilan birga blok eni agregatlar o'qi orasidagi masofaga teng bo'ladi. Bosimli devorlar va ustunlarni ustki belgisi B, H suv sathining yuqori belgisiga nisbatan 1-2 m zahira balandlikni hisobga olib va to'lqin balandligini inobatga olib qabul qilinadi, 5.4. rasm.



5.4 - Rasm. GES binosi sxemasi (qirqim):

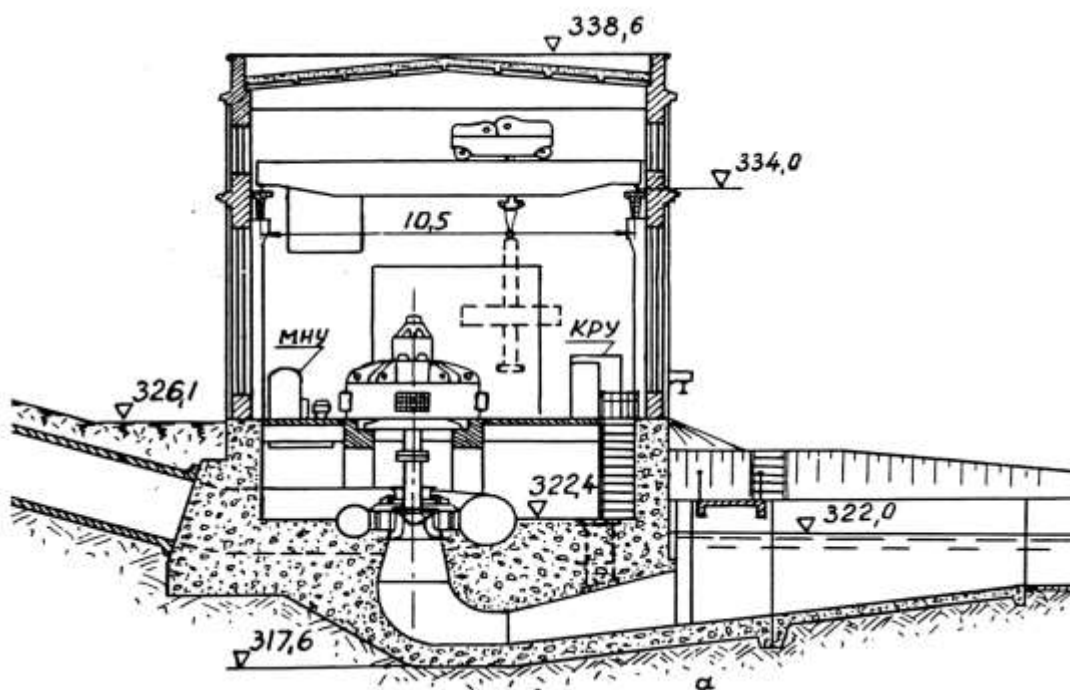
1- massiv qismi, 2 - yuqori qurilmalar

Poydevor plitasini o'rnatish belgisi ∇F , ishchi g'ildirakni joylashtirish sathi ∇T va so'rish quvurlarining o'lchamlariga qarab topiladi. Ishchi g'ildirakning o'rnatish belgisi (T) chegaralangan so'rish balandligi H_s va pastki b'ef minimal sathini inobatga olinib PBS_{min} ga nisbatan hisoblanadi:

$$\nabla T = \nabla PBS + (-) H_s$$

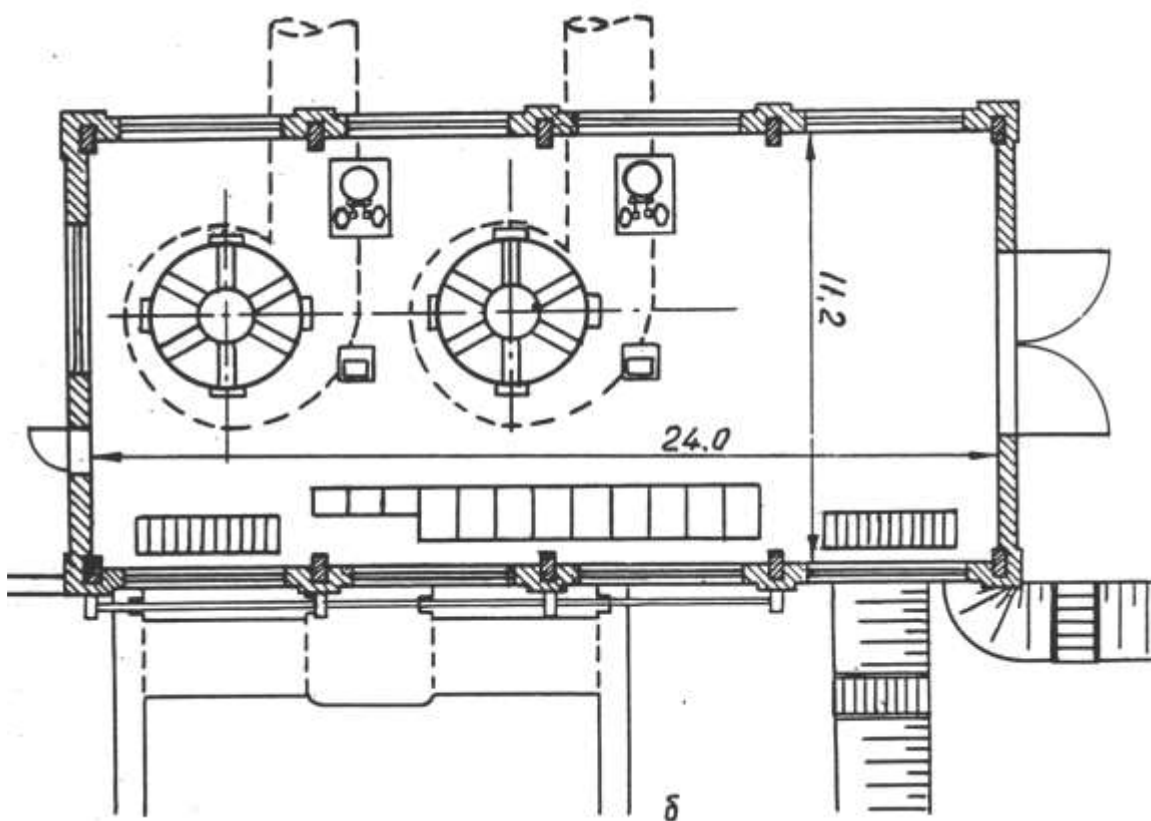
Poydevor plitasi qalinligi GES binosini mustahkamlikka va ustuvorlikka hisoblab topiladi. Qoya bo'lmagan zaminlarda 2-4 metrni tashkil qiladi. Agregat o'qiga nisbatan, o'zanli bino blokini yuqori qismi uzunligi L_b , suv olish inshooti o'lchamlariga qarab, pastki qismi uzunligi L_n esa pastki b'ef zatvorlar bo'limi ustunning uzunligini inobatga olib so'rish quvuri uzunligidan kelib chiqib topiladi.

5.5 - Rasmda derivatsion GES binosi, plan qirqimi misol uchun ko'rsatilgan



5.5a - Rasm derevsion GES binosi qirqimi

Mashina zali deb, unda, generatorning yuqori bo'g'inlari, elektrotehnik va yordamchi jihozlarni ayrim qismlari, hamda yuk ko'taruvchi kran joylashadigan honaga aytiladi. Ko'prik kran bilan jihozlangan, agregatlarni montaj qilish va ta'mirlash yopiq honalarda bajariladigan, yopiq mashina zallari keng tarqalgan. Mashina zali o'lchamlari agregatning eng yirik bo'g'inini (generator rotorini) ishlab turgan agregatlar ustidan olib o'tilgandagi balandligi va ko'prik kran o'lchamiga qarab topiladi.



5.5b - Rasm derivatsion GES binosi plani

Montaj maydoni bu gidroagregat bo'g'inlarini yig'ib yechish ishlari bajariladigan joy hisoblanadi. Montaj maydoni kranlar bilan jihozlangan bo'lib, unga temir yo'l yoki avtomobil yo'llari keltiriladi. Ko'pgina GESlarda montaj maydoni mashina zalini davomi hisoblanadi (eni mashina zali eniga teng, uzunligi esa bitta gidroagregat va bitta transformator o'lchamiga qarab topiladi). Montaj maydoni

balandligi uchta transformatorni balandligiga teng bo'ladi. Mahalliy sharoitga va GES binosini turiga qarab montaj maydoniga kelish yon tomondan yoki oldi tomondan amalga oshirilishi mumkin. O'zanli GES binosiga kelish oldi tomondan, boshqa GES larda istalgan tomondan bo'lishi mumkin. Montaj maydonini massiv qismi, bino massividan chok bilan ajratiladi. Montaj maydoni poli tagidagi bo'sh joydan, moy xo'jaligi, quritish va texnik suv ta'minoti nasoslarini, kompressor honalarini va boshqalar joylashtirilishi uchun foydalanadi. (qoyali zaminda montaj maydoni GES blokidan ajratilmaydi). 5.5. rasm

5.3. GES derivatsion suv elitgichlari. Bosimli va bosimsiz suv elitgichlar

Derivatsion suv elitgichlar (kanallar, tunellar, quvurlar), tabiiy o'zan va suv elitgich nishabliklari farqi hisobidan bosim hosil qilish maqsadida suvni kam gidravlik yo'qotishlar bilan olib yurish uchun xizmat qiladi.

Derivatsion kanallar - konstruksiyasi bo'yicha eng sodda va keng tarqalgan hisoblanadi. Bosimsiz derivatsiya sxemasida qo'llaniladi. Trapetsiya ko'ndalang qirqimli kanallar keng tarqalgan hisoblanadi. Kanal qazlama, tashlama yoki yarim qazlama - yarim tashlamada joylashishi mumkin, 5.6- rasm.

Kanal qiyaligi m va tubi bo'yicha enini b ni tanlash, tuproqqa, ishlab chiqarish ishlari usuliga va qo'llaniladigan mehanizmlar turiga bog'liq bo'ladi. Qoplamasiz kanallardagi suv tezligi qiyalikni yuvib ketmaslik shartidan chegaralangan va 0.7-1.2 m/s ga teng deb qabul qilinadi. Ko'pincha GES kanallari qoplamali bo'ladi, (fil'tratsiyani va o't bosishini kamaytirish uchun) va uning qalinligi $t=15-20$ sm yoki kam armatura ishlatilgan temir betonda $t=7-15$ sm bo'ladi, 5.6-b rasm.

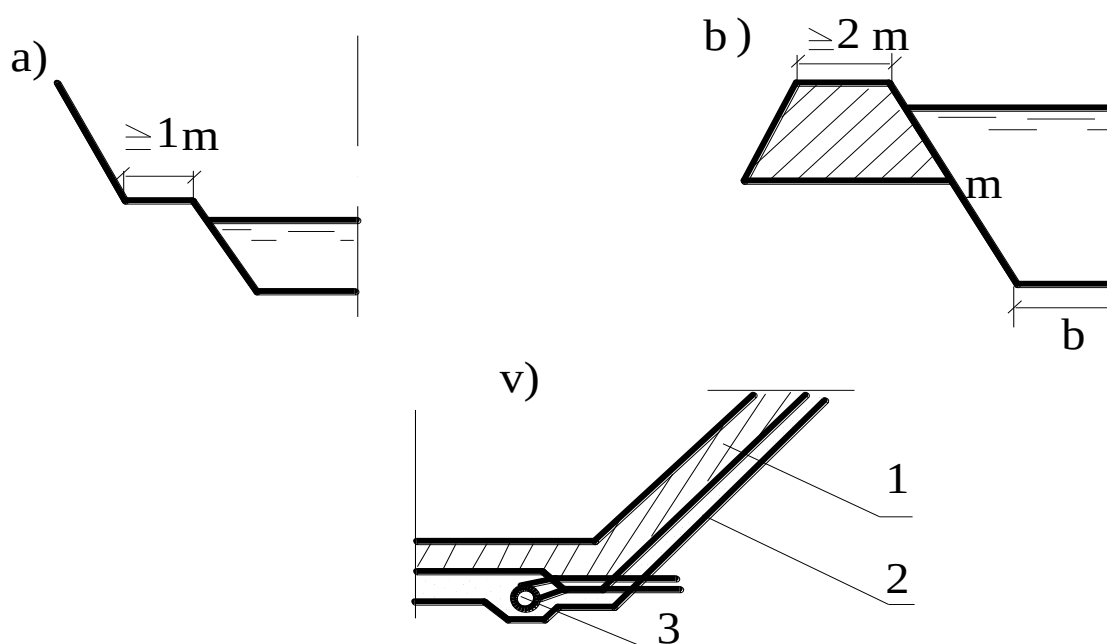
Betonli qoplama har 3-6 metrda choklar bilan ajratiladi, choklar tutashgan joylar rezina, bitum yoki boshqa elastik materiallar bilan zichlanib suv kirmaydigan qilinadi.

Kanal bo'shatilganda qoplamaga qiyalik tomonidan ta'sir qiladigan yer osti suvlarning bosimi katta havf tug'diradi. Qoplamani (1) buzilishini oldini olish uchun

u 10-30 sm qalinlikdagi qum shag'al qorishmasi yoki mayda toshli drenalovchi tayyorlamaga (2) yotqiziladi.

Tayyorlamani pastki qismiga, kanaldan tashqaridagi pastroq joylar yuzasiga chiqadigan zovur yotqiziladi (3). Ba'zan betonlash ishlaridan oldin, tayyorlamaga bitum materiallaridan yoki ruberoiddan gidroizolyatsiya yotqiziladi.

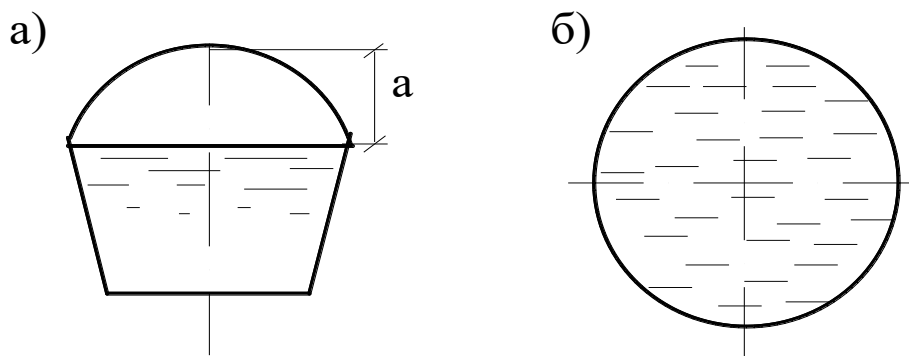
MHDda eng yirik derivatsion kanal Sirdaryo daryosidagi Farhod GESda joylashgan bo'lib, uning eni 120 m, chuqurligi 6,3 metr, sarfi $Q < 470 \text{ m}^3/\text{s}$.



5.6 - Rasm. Kanallar sxemasi:

a - qazlama, b - tashlama, v - beton qoplamali kanal.

Tunnellar geologik va topografik sharoitlarga ko'ra ochiq kanallarni qurish imkoni bo'lmaganda, hamda yuqori b'efda suv sathini keskin o'zgarishida qo'llaniladi. Hidrotexnik tunnellar bosimli (ko'ndalang kesimi suvga tulib oqsa) va bosimsiz (ko'ndalang kesim yuzasi suvga to'lmasdan oqsa) bo'ladi, 5.7. rasm.



5.7 - Rasm. Tunellarning qirqimi sxemasi:

a - bosimsiz tunel, b - bosimli tunel.

Bosimsiz tunelda, undagi suv sathi bilan uning tepasi orasidagi masofa $a = 0.15 \cdot N > 0.4\text{m}$ dan qam bo'lmasligi kerak, rasm 5.7- rasm, a. Bosimsiz tunnellar kundalang kesimi to'g'ri burchakli gumbazli, to'g'ri burchakli radial gumbazli, pastki tomonga kengayuvchan va doiraviy bo'ladi. Bosimli tunnellar odatda doiraviy ko'ndalang kesimda quriladi. Tunnelni konstruksiyasi geologik, qurilish, foydalanish va boshqa sharoitlarni hisobga olgan holda qilinadi. Tunnellar ichki tomondan mustahkamlanishi zarur. Tunnel suv o'tkazmaydigan jinslardan o'tgan vaqtdagina, u ichki tomondan mustahkamlanmaydi. Odatda, ichki qoplama tosh, beton va temir betondan qilinadi. O'rtacha mustahkamlikdagi gruntlardan o'tgan tunnelning ichki qismi devorlari beton bilan mustahkamlanadi. Tunnelning suv o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish uchun u maxsus tarkibdagi qorishmalar bilan torkret qilib suvaladi. Bosimli tunnellar yuk ko'taruvchi qoplamalari bir qatlamli, ikki qatlamli, ba'zi bir hollarda uch qatlamli qabul qilingan. Yuk ko'taruvchi ikki qatlamli qoplamalar ko'proq qabul qilinib u suv bosimi yuqori bo'lganda qo'llaniladi. Ular bir biri bilan birlashgan ikki tashqi va ichki halqalardan tashkil topadi. Tashqi halqa qurilish davrida tashqi bosimni - tog' bosimini qabul qiladi, u monolit betondan barpo etiladi. Ichki halqa temirbetondan tayyorlanadi. Qoplamani monolit holga keltirish uchun undagi bo'shliqlarga va tirqishlarga katta bosim ostida sement eritmasi

yuboriladi. Sement eritmasi qoplamaga qurilish davrida qoldirilgan quduqlar va quvurlar orqali yuboriladi.

Eng yirik bosimli tunel Misrning Nil daryosidagi Asvon GES tunellari hisoblanadi, ularni diametri 15 metr. Inguri daryosidagi Inguri GESi tuneli diametri 9,5 metr.

Bosimsiz derivatsiyani ikki turi mavjud, ular bir biridan ish rejimi va yo'nalishi chizig'i bilan farqlanadi.

O'zi boshqariladigan derivatsiya shunday bajariladiki, kanalni yuqorisi yoki bosimsiz tunelni shipi belgisi butun uzunlik bo'ylab bir hil belgiga ega bo'lib, u yuqori b'efning eng yuqori suv sathidan zaruriy zahira balandligida joylashadi. GES turbinalari butunlay to'htab qolgan hollarda bunday derivatsiyada bir qancha vaqtdan so'ng yuqori b'ef statik sathi o'rnatiladi. Kanalda yig'ilib qolgan suv hajmi keyinchalik sutkali boshqarishda ishlatilishi mumkin. O'zi boshqarilmaydigan derivatsiyada kanalni yuqori belgisi (tunel tepasi) butun yo'nalish chizig'i bo'ylab bir hil chuqurlikdagi belgi bo'ylab ketadi.

Turbina suv sarfi kamayganda yoki ular to'htatilganda, suv olish qurilmasi zatvorlarini yopib, derivatsiyaga suv kelishi kamaytirilishi kerak. Bunday hollarda derivatsiya ohirida suvni sathi ko'tarilishi ro'y beradi. Derivatsiyani to'lib ketmasligini oldini olish uchun bosimli hovuzda erkin suv tashlagich o'rnatiladi (yoki avomatik zatvor). Demak suvni bir qismi energetika uchun yo'qolgan hisoblanadi. O'zi boshqariladigan derivatsiyadan foydalanish ancha qulay, lekin uning narhi (qurilish ishlari hajmi ancha katta) o'zi boshqarilmaydigan derivatsiyadan yuqori. O'zi boshqarilmaydigan derivatsiya uzun bo'lsa suv bekorga tashlanganda va suv tashlagich mavjudligida, energiya isrofiga qaramasdan derivatsiyani bu turi ancha samarador.

Bosimsiz derivatsiya yo'nalish trassasi yuqori b'efning belgisiga YuB yaqin, yuqori belgilarda joylashtiriladi. Maksimal va minimal suv sathlari orasidagi suv hajmi sutkali boshqarish uchun ishlatiladi.

Bunday derivatsiyada sarf o'zidan o'zi boshqariladi. Bu yerda suvni bekorga tashlash zarur emas. O'zi boshqariladigan derivatsiyani kanal uzunligi kichik bo'lmaganda qo'llash afzal.

5.4 GES bosimli hovuzlari va sutkali boshqarish hovuzlari

Bosimli hovuz - bu stansiya bo'g'ini tarkibiga kiruvchi bosimsiz derivatsiyaning so'ngi inshootidir. Bosimli hovuz suvni turbina suv eltgichiga yetkazish va turbinani aylanib utib suvni derivatsiyadan pastki b'efga tashlash uchun xizmat qiladi, 5.8- rasm.

Bosimli hovuz avankamerasi hovuzni kengaygan va chuqurlashgan qismi bo'lib derivatsion suv elitgichni qabul kamerasi bilan tutashtirish, yuzani bir tekis oshirib borib oqimni kinetik energiyasini potensial energiyaga tiklash uchun xizmat qiladi. Bundan tashqari avankamera cho'kindi va muz parchalari uchun qo'shimcha tindirgich bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Har bir bosimli hovuz uchun majburiy asosiy jihozlar, qabul qiluvchi kameralarda joylashtiriladi (5.8- rasm, 2) ular quyidagilardir:

- turbinali suv elitgichlarni yopish uchun xizmat qiladigan doimiy tez harakatlanuvchi zatvorlar. Zatvorlar ko'taruvchi mehanizmlar bilan ta'minlangan bo'lib, mahalliy yoki masofaviy boshqaruvga ega;

- ta'mirlash zatvorlari (shandorlar) asosiy zatvorlarni ta'mirlash vaqtida xizmat qiladi. Shandorlarni tushirish va ko'tarish asosiy zatvorlar yopiq bo'lganda (ko'tarish kuchi kichik) amalga oshiriladi;

- chiqindi tutgich panjaralar suvda oqib kelgan chiqindilarni ushlab qoladi, 90^0 burchakda yoki 70^0 , 80^0 egilgan holda joylashtiriladi. Vertikal panjaralarni tozalash uchun haskash qo'llaniladi. Tozalash ishlari mehanik, qo'lda va avtomatlashtirilgan holda olib boriladi;

-havo keltiruvchi qurilma, turbinali quvurga havo kiritish uchun xizmat qiladi. Bunda zatvor tez yopilganda quvurdagi vakuum buziladi. U quvur suv bilan to'ldirilayotganda, quvurdagi havoni chiqarish uchun ham xizmat qiladi.

Salt ya'ni bekorchi suv tashlash (5.8- rasm, 3) o'zi boshqarilmaydigan derivatsiyada bosimli hovuzdan suvni, undagi suv sathi maksimal chegaralangandan oshib ketgan holda avtomatik tashlash uchun xizmat qiladi. Suv tashlagich bosh qism, suv tashlagich, sifon yoki avtomatik zatvorlardan iborat. Suv tashlagichni ketuvchi qismi tez oqar suv tushirgich yoki quvur ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Yah va muz parchalari (4) tashlagichlari derivatsiyadan keluvchi yah va muz parchalarini chiqarib yuborish uchun o'rnatiladi. Muz parchalari tashlagichi avankamera devoridagi tirqish yoki avankamera ko'ndalangi bo'yicha o'rnatiladigan maxsus nov ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Yuvish qurilmalari (5) avankamerada yig'ilib qolgan cho'kindilarni chiqarib tashlash uchun xizmat qiladi. Ular avankamera pastki qismi tubida o'rnatilgan tirqishlar ko'rinishida bo'ladi.

Bundan tashqari bosimli hovuz bosimsiz derivatsiyani bosimli bilan tutashtiruvchi hamda suv taksimlovchi turda bo'ladi.

Bosimli hovuz komponovkasi va uni tarkibi, bosimli hovuzni vazifasiga, topografiyaga, geologiyaga, derivatsiya turiga va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Bosimli hovuzni ish sharoiti ochiq derivatsiyada bir muncha murakkab bo'ladi (ifloslanish, cho'kindilar, muz parchalari ularni chiqarish uchun maxsus qurilmalar zaruriyati).

Bosimsiz tunellar bunday kamchilikka ega emas, faqatgina suv tashlagich yoki suv taqsimlovchi qurilmalarni o'rnatish lozim bo'ladi. Agar GES o'zgaruvchan rejimda, yuklama grafigining cho'qqisida ishlasa, derivatsiya ohirida bosimli hovuz bilan bog'langan sutkali boshqariluvchi hovuz o'rnatiladi.

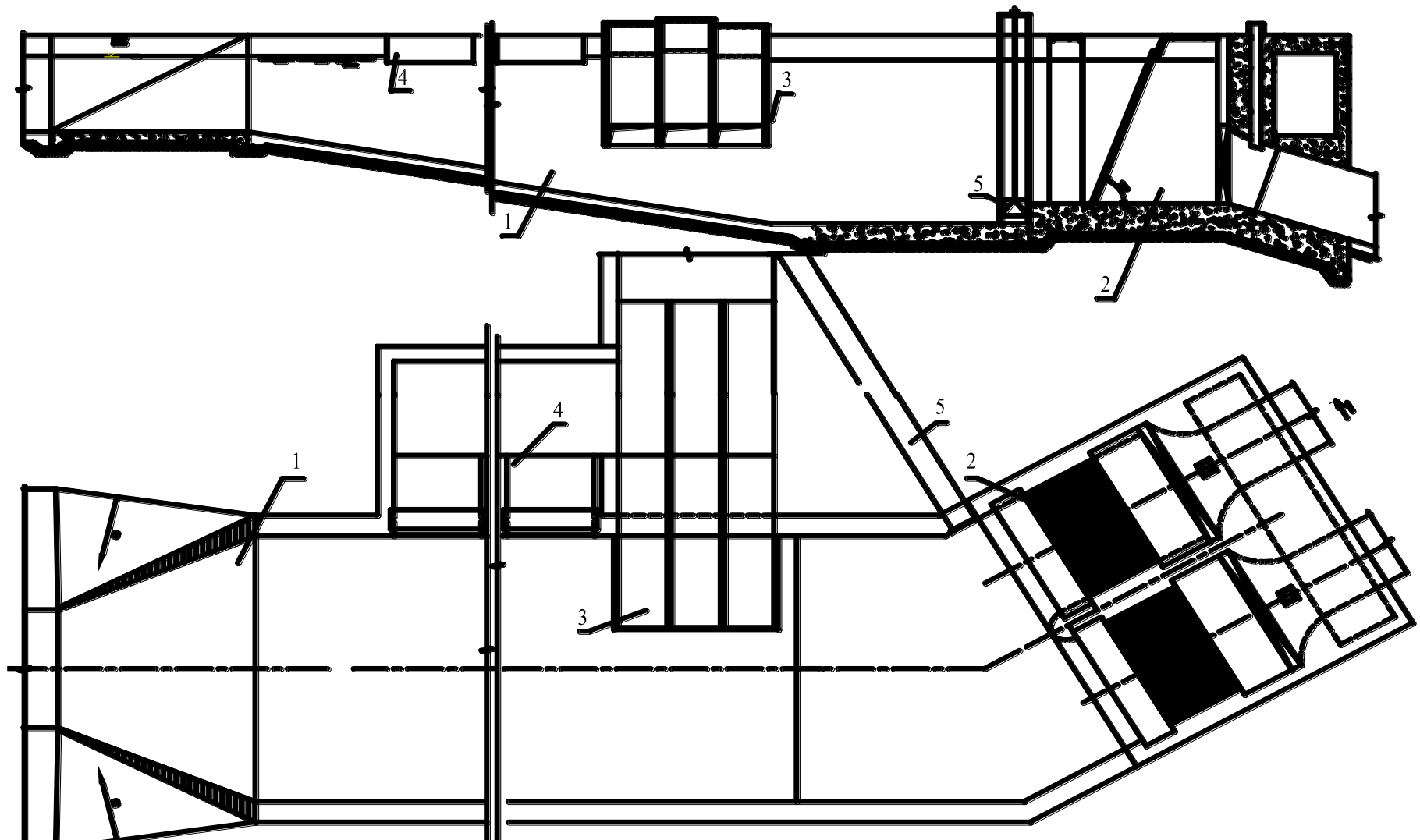
Sutkali boshqarish hovuzi bu unda sutkali boshqarish uchun zarur bo'lgan suv hajmini yig'ib beruvchi derivatsiya yo'nalish chizig'ida joylashgan inshoot.

Boshqariluvchi suv hajmi hisoblab topiladi. Sutkali boshqarish hovuzini boshqaruvchi zatvor bilan yopiladigan qisqa kanal bilan tutashtirib bosimli hovuz yonida joylashtirish maqsadga muvofiq. Derivatsiya ohirida joylashgan sutkali boshqarish hovuzlarini qo'yidagi shemalari bor (5.9- rasm):

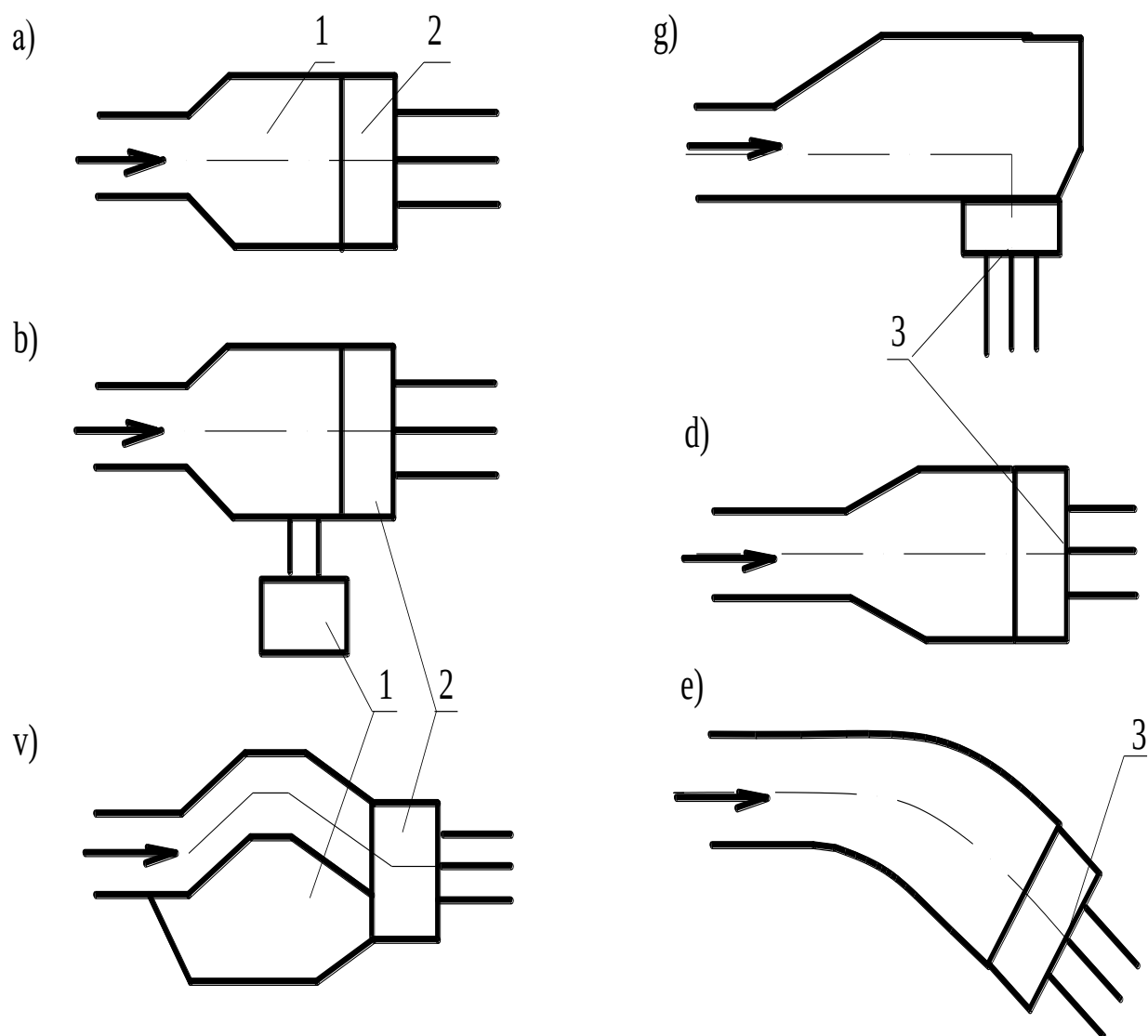
a - sutkali boshqarish hovuzni avankamera bilan qo'shilgan sxemasi, bu eng oddiy sxema, lekin boshqarish har doim ham amalga oshavermaydi. Mualliq oqiziqlar miqdori ko'p bo'lganda, sutkali boshqariladigan hovuzni loyqa bosadi;

b - sutkali boshqariladigan hovuz avankameradan va u bilan birlashgan suv chiqarish inshootidan qandaydir masofada;

c - avankamera (sutkali boshqariladigan hovuz) aylanma kanal bilan. sutkali boshqariladigan hovuzni avankameradan ajratuvchi inshoot, uni yuvishda, ta'mirlash davrida va ko'ruvda to'htatib turishga imkon yaratishi zarur.



5.8 - Rasm. GES bosimli xovuzi



5.9 - Rasm. Sutkali boshqariladigan hovuz (a, b, v) va bosimli hovuz (g, d, ye) sxemasi:

- 1- sutkali boshqariladigan hovuz, 2- bosimli hovuz, 3-turbina qabul kameralari,
 g - yon tomondan keltirish, derivatsiya o'qi qabul qilish kameralari o'qiga
 perpendikulyar; d - qabul qilish kamerasiga suvni frontal keltirish;
 e - qabul qilish kamerasiga suvni qiya keltirish.

Sutkali boshqariladigan hovuz derivatsion kanalda, kanalni o'zida, kanaldan tashqarida va aylanma kanalda joylashishi mumkin.

Bosimsiz derivatsiya yo'nalish trassasida jarliklar, ko'llar uchrasa ulardan sutkali boshqariladigan hovuzni hosil qilish uchun foydalansa bo'ladi. Bunda derivatsiyani yuqori qismi o'zi boshqarilmaydigan kanal, pastki qismi esa o'zi

boshqariladigan kanal ko'rinishida bo'lishi mumkin, ya'ni derivatsiya tarkibidagi sutkali boshqariladigan hovuz holatiga topografiya, geologiya va gidrogeologiya ta'sir qiladi. Sutkali boshqariladigan hovuzni joylashtirishni yakuniy varianti texnik iqtisodiy hisoblardan topiladi.

Bosimli hovuzni qo'yidagi xarakterli rejaviy komponentlari mavjud (5.9-rasm.):

Gidravlik nuqtai nazarda eng qulay frontal keltirish hisoblanadi chunki bu holda tezliklarni yo'nalishi bir hil bo'ladi. Yon tomondan keltirishda suv oqimi keskin buriladi. Ikkilamchi oqim va erkin yuzali ko'ndalang nishablik paydo bo'ladi.

Bu hodisalarni avankamera o'lchamlarini kattalashtirish orqali kamaytirsalar bo'ladi, ammo bu holat kapital xarajatlarni ko'payishiga olib keladi.

Suvni qiya keltirish birmuncha yaxshiroq hisoblanadi.

Ammo suvni qiya va yon tomondan keltirishda qo'yidagi kamchiliklar ko'zga tashlanadi: chukindilarni hosil bo'lishi, panjaralarni notekis to'lib qolishi va boshqalar.

5.5. Turbina suv elitgichlari

Turbina suv elitgichlari suvni to'g'ridan to'g'ri GES turbinalariga olib keladi. Bosimli front tarkibiga kiruvchi GES binolarida, ba'zida suv qabul qilgich va turbina o'rtasida qisqa suv elitgichlar ham bo'ladi. To'g'on yoni GES binolariga turbina suv elitgichlari suv qabul qilgichda yoki to'g'onni beton massivi ichida, yoki beton qoplamada uning pastki qirrasi bo'ylab o'tkaziladi. (5.10- rasm, a).

To'g'onli gidrobo'g'indagi alohida turuvchi GES binosiga suv alohida joylashgan suv qabul qilish inshootidan, yer osti turbina suv elitgichlarida keltiriladi.

Bosimli derivatsiyali gidrobo'g'nlarda, suv elitgichlar (yer osti yoki yer usti) tenglashtiruvchi rezervuardan boshlanadi.

Bosimsiz derivatsiyali gidrobo'g'inlarda ko'pincha bosimli hovuzdan GESgacha bo'lgan oraliqda joylashgan yer usti suv elitgichlari qo'llaniladi (5.10-rasm, v).

Ba'zan boshqa sxemalar ham qo'llanilishi mumkin. Turbina suv elitgichlari, gidravlik zarbalar hosil kiladigan dinamik yuklanish sharoitida yuqori tezliklarda (12 m/s gacha) ishlaydi, shuning uchun quvurlar odatda metallardan bo'lib, ba'zida esa temir beton va beton quvurlar ham ishlatiladi.

Konstruktiv bajarilishi bo'yicha turbina suv elitgichlari o'rnatib qo'yilgan, yopiq va ochiq bo'ladi. O'rnatib qo'yilgan suv elitgichlarda (5.10- rasm, a) beton yoki qoyali massivga mustahkam joylashtirilgan po'lat quvur ishlatiladi va ularni diametri 7-10 metrgacha bo'ladi. Betonda o'rnatilayotganda quvurlar mustahkam halqali armatura bilan o'rab qo'yiladi.

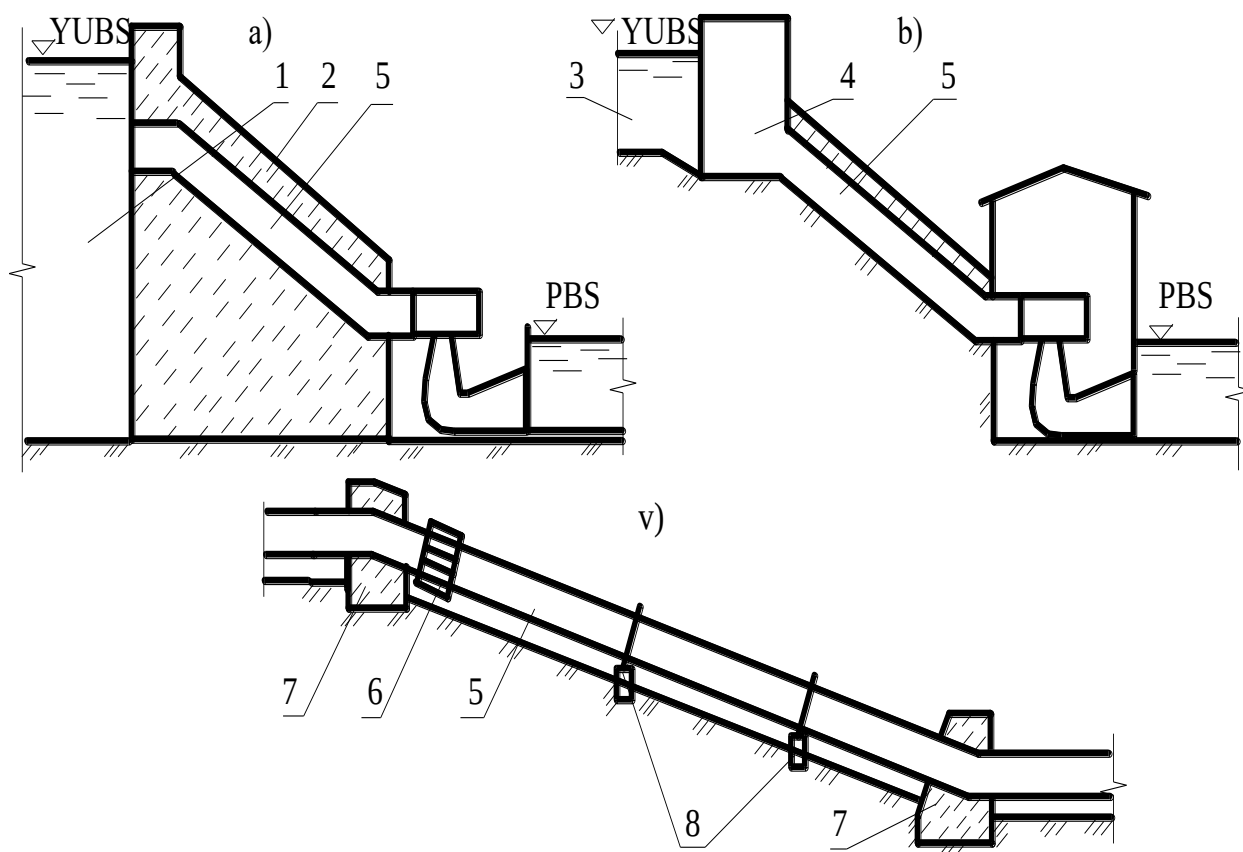
Qoyali massivga joylashtirilayotganda quvur qobig'i va qoya yuzasi orasidagi bo'shliq beton bilan to'ldiriladi. Ba'zan betonga armatura ham qo'shilib so'ngra sementlanadi.

Yopiq suv elitgichlarda (5.10- rasm, b) po'lat va temir beton quvurlar ishlatiladi ular shag'al yoki betonga yotqizilib tuproq bilan ko'mib qo'yiladi.. Po'lat quvurlar 3 metrgacha diametrda bo'ladi, ba'zi hollarda (ularni qurish va ta'mirlash qiyin bo'lsa) diametri 6 m gacha bo'lgan yopiq temir beton quvurlardan foydalaniladi.

Ochiq suv elitgichlarda (5.10-rasm, v) payvandlangan po'lat quvurlar ishlatiladi. Ular qiyalik bo'ylab joylashgan beton tayanchlarga o'rnatiladi. Quvurlar 9 m gacha diametrda qirilmagan va qirilgan bo'lishi mumkin. Qirilmagan quvurlar ohiri mustahkam o'rnatiladi, bu esa harorat o'zgarganda ularni uzayishi yoki qisqarishida, katta zo'riqishlarga olib keladi. Bunday hodisa ro'y bermasligi uchun ko'pincha qirilgan metall quvurlar, ba'zan temir beton quvurlardan foydalaniladi.

Qirilgan quvur uzunligi bo'ylab bir nechta ankerli va oraliq tayanchlariga mahkamlab qo'yiladi (5.10-rasm, v). Har bir juft ankerli tayanch orasida, harorat yoki harorat-cho'kish kompensatori joylashtiriladi, ular harorat o'zgarganda yoki

ankerli tayanchlar cho'kkanda quvur uzunligini o'zgarishiga imkon yaratadi, bundan tashqari faqat quvurni suv bilan birgalikdagi og'irligini ko'taruvchi va tayanish joylarida haroratdan quvurni uzayishiga imkon beruvchi bir nechta oraliq tayanchlar joylashtiriladi.

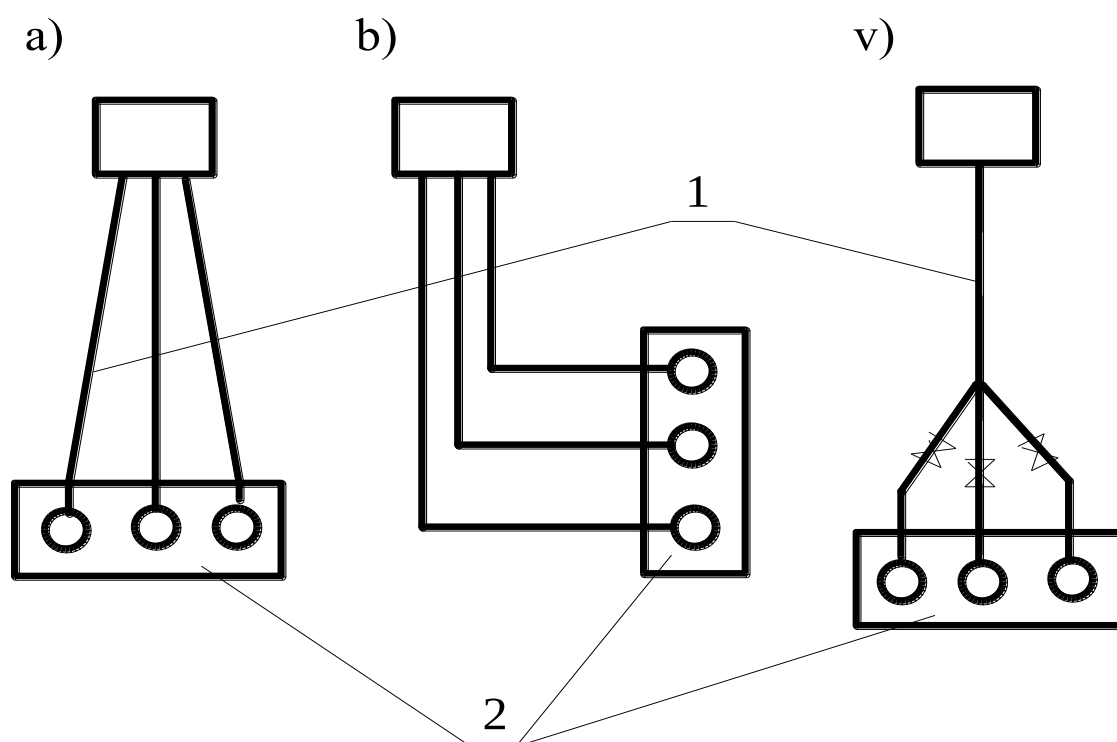


5.10 - Rasm. Turbina suv elitgichlari sxemasi:

1- suv ombori, 2 - to'g'on, 3- kanal, 4 - bosimli hovuz, 5 - turbinali suv elitgich, 6 - kompensator, 7 - ankerli tayanch, 8 - oraliq tayanch.

Turbinalarga suv keltirish alohida va guruhli (5.11- rasm) bo'lishi mumkin. Turbinaga suv alohida keltirilganda har bir turbina uchun alohida suv eltgich keltiriladi (yirik turbinalar esa ikkita suv eltgich), 5.11- rasm, a,b. Guruhli suv keltirishda bitta turbina suv elitgichi bir nechta turbinani suv bilan ta'minlaydi, buning uchun unda taqsimlagichlar (kollektorlar) o'rnatilib ulardagi uchlik orqali kalta quvurchalar turbinalarga ulanadi, 5.11- rasm, v. Quvurlar soni texnik iqtisodiy hisoblardan topiladi.

Ekspluatatsiya sharoiti bo'yicha har bir turbinaga suvni alohida keltirish ancha qulay bo'ladi. Bunday holda agregatlarni mustaqil ishlashi ta'minlanadi va bitta quvurni ishdan chiqishi boshqa agregatlarni to'htashiga olib kelmaydi. Ammo quvurlar soni ko'p bo'lganda quvurni bahosi (kompensator, zatvorlar, tayanchlar va boshqalar) va ekspluatatsiya harajatlari oshib ketadi. Shuning uchun quvur juda uzun bo'lganda guruhli suv keltirish samarali bo'lishi mumkin, ayniqsa. Bunda har bir turbina oldiga albatta zatvor o'rnatiladi.



5.11 - Rasm. Turbinalarga suvni olib kelish sxemasi:

1 - turbinali suv elitgichlar, 2- GES binosi.

Alohida suv bilan ta'minlash bosim $H < 150$ metr bo'lganda qo'llaniladi. Binoga frontal suv keltirish gidravlik nuqtai nazardan eng qulay (5.11-a rasm) yoki yuqori bosimlarda qo'llaniladigan bo'ylama bo'lishi mumkin (quvurlar lat yeganda binoni suv oqimi bilan buzilish havfi tug'iladi).

Quvurlar turli hildagi zatvorlar, kompensatorlar, havo klapanlari, havo chiqaruvchi va asboblari bilan jihozlanadi.

5.6. Bosimli suv elitgichlarda gidravlik zarba

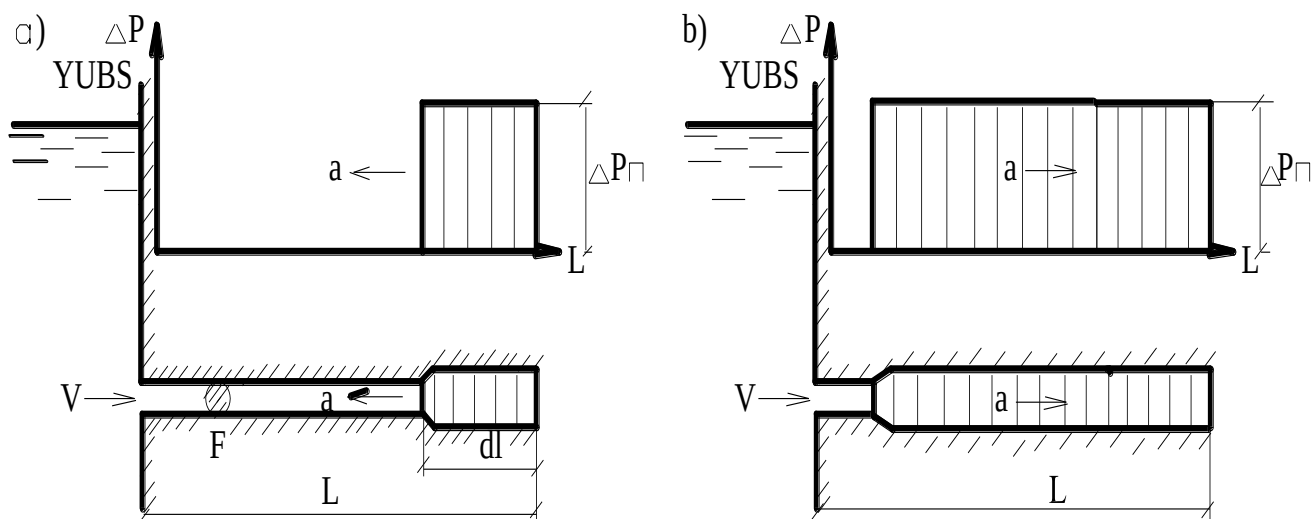
Bosimli suv elitgichda o'tayotgan suv hajmini keskin o'zgarishida, suv elitgich uchun juda havfli bo'lgan bosimni keskin kamayishi hosil bo'ladi.

Bu hodisa gidravlik zarba deb nomlanadi.

Uzunligi L , ko'ndalang kesim yuzasi F , unda oqib o'tayotgan suv tezligi V suv elitgichini ko'rib chiqamiz, 5.12- rasm.

Faraz qilamizki, quvur ohirida joylashgan zatvor bir zumda yopildi, va suv elitgichdagi suv to'htab qoldi. To'htashda suvning kinetik energiyasi nolga teng bo'lib qoldi, bu esa qo'shimcha zarbali bosimni oshishi rR ko'rinishidagi potensial energiyasini ko'payishiga olib keladi.

dt vaqtida, ΔP bosim oshishi, quvurni dl uzunlikdagi qismida ro'y beradi. Bu qismdagi suv elitgich devorlari cho'ziladi va shishadi. Bunday keyingi vaqt lahzasida to'htab qolgan suv qatlamiga keyingi qatlamlar uriladi va qo'zg'almas hamda harakatdagi suv orasidagi chegara bosim oshishi to'lqini ko'rinishida suv elitgich boshiga "a" tezlikda tarqaladi, 5.12- rasm, a.



5.12 - Rasm. Suv elitg'ichlarda bosimni oshish sxemasi:

a - bosimni oshishini to'g'ri to'lqini, b - bosimni oshishini teskari to'lqini.

Bu tezliq suv elitg'ich va suvni elastikliq xususiyatlarig'a bog'liq bo'lib, absolyut qattiq suv elitg'ichda, tovushni suvda tarqalish tezligiga, ya'ni 1425 m/s ga teng bo'lishi mumkin bo'ladi.

Real sharoitda

$$a=1425/(1+E_0 \times D/E \times \delta)^{0,5},$$

bu yerda:

$E_0=2 \times 10^3 \text{ MPa}=2,1 \times 10^4 \text{ kg/sm}^2$ - suvni elastiklik moduli;

E - suv elitgich devori materiali elastiklik moduli;

Po'lat uchun $E=2 \times 10^5 \text{ MPa}=2,1 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$;

δ, D - suv elitgich devori qalinligi va diametri.

ΔP kattalik bir zumda yopilishda chegaraviy qiymat ΔP_{cheg} ga ega bo'ladi.

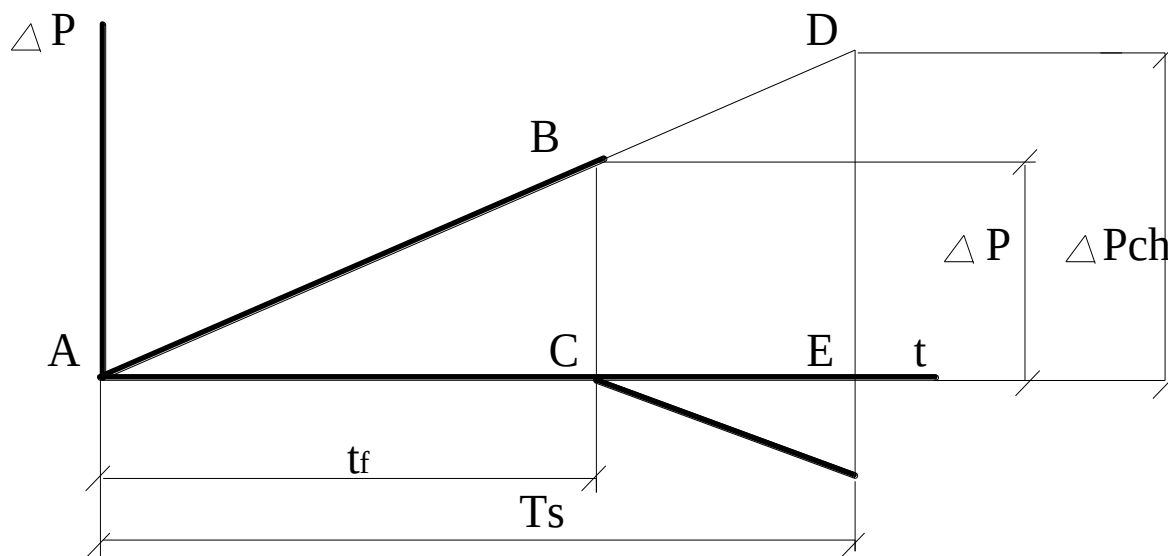
Bosimni zarbali oshishi to'lqin tarqalishi (to'g'ri to'lqin) suv elitgichni boshigacha boradi va ochiq b'efga chiqib o'z bosimini yo'qotadi. Bu suv elitgich bo'ylab uning boshidan ohirigacha teskari rR_{cheg} qiymatda, avvalgi tezlik bilan bosimni kamayishi teskari to'lqinini tarqatadi. (5.12-rasm, b)

Teskari to'lqin suv elitgichni ohiriga borganda yana to'g'ri to'lqin paydo bo'ladi, ya'ni tebranuvchi jarayoni rivojlanadi, u real sharoitda energiya yo'qolishi hisobidan so'nadi. Suv elitgich bo'ylab to'g'ri va teskari to'lqinni o'tish muddati $t_f = (2L/a)$ gidrozarba fazasini vaqti deyiladi.

Zatvorni birini kichik yopilishidan real sharoitda $\Delta P < \Delta P_{\text{cheg}}$ bo'ladi.

Zatvorni (yoki turbina yo'llantiruvchi apparatini) yopilishi T_s vaqt davomida bo'ladi.

Zadvijka to'liq yopilganda T_s vaqtdan so'ng bosimni oshishi rR_{cheg} kattalikka erishadi. Agar $T_s > t_f$ bo'lsa, unda t_f vaqtdan keyin suv elitgich ohiriga bosimni kamayishi teskari to'lqini yetib boradi. Unda quvurdagi bosim oshishi ΔP_{cheg} qiymatgacha yetishga ulgurmaydi, faqat ΔP bo'ladi, 5.13-rasm, ya'ni $T_s > t_f$ da qiya zarba hosil bo'ladi.



5.13 - Rasm. Quvurdagi bosimni vaqt davomida o'zgarish grafigi

To'g'ri gidravlik zarba $T_s < t_f$ da bo'ladi va bosimni chegaraviy oshiishga olib keladi. Bunday zarba G'ES da ruhsat etilmaydi.

To'g'ri bo'lmagan gidrozarbani oshishini ABC va ADE uchburchaklardan 5.13- rasm. topish mumqin:

$$\Delta P_{ch} / \Delta P = T_s / t_f$$

$$\Delta P = \Delta P_{ch} \times t_f / T_s = a \times V \times \rho \times 2L / (g \times a \times T_s), \text{ Pa}$$

$$\Delta P = V \times \rho \times 2L / (g \times T_s), \text{ Pa}$$

$$\Delta H = \Delta P / \rho \times g = 2LV / (g \times T_s), \text{ m}$$

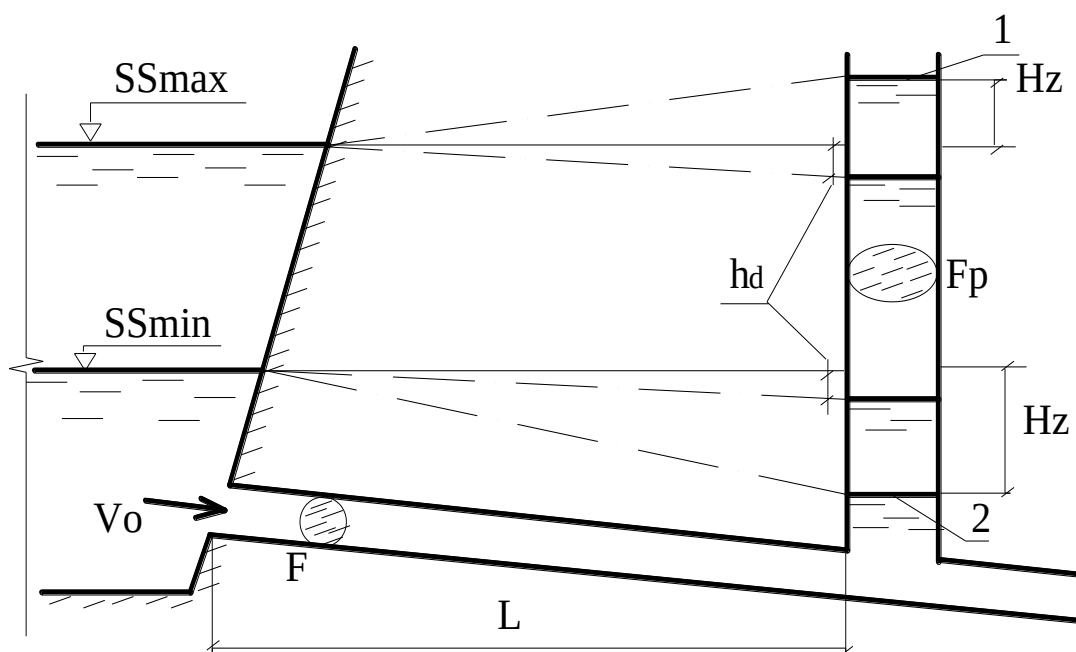
Bu formuladan ko'rinib turibdiki, to'g'ri bo'lmagan gidravlik zarba nafaqat suvning harakat tezligini o'zgarishidan (to'g'ri zarbadagi kabi), balki quvurni uzunligi va yo'naltiruvchi apparatni yopilishi tezligiga ham bog'liq bo'ladi.

Bundan kelib chiqib gidravlik zarba qiymatini qo'yidagi tadbirlar o'tkazib kamaytirish mumkin:

- yo'llantiruvchi apparat yopilish vaqti T_s ni uzaytirish;
- yo'llantiruvchi apparatni tez yopilishida, quvurdagi tezlikni sekin o'zgarishiga imkon yaratish;
- quvurdagi tezlikni uning diametrini oshirish bilan kamaytirish;

- turbina suv elitgichi uzunligini kamaytirish;
- tenglashtiruvchi rezervuarni o'rnatish.

Tenglashtiruvchi rezervuarlar bosimli derivatsiya ohirida derivatsiya va turbinali suv elitgichlarni ajratib, yoki uzun turbina suv elitgichlarni ohirida joylashtiriladi. Uzun olib ketuvchi derivatsiyada tenglashtiruvchi rezervuar uning boshida joylashtirilishi mumkin. Tenglashtiruvchi rezervuarlar derivatsiyaga gidravlik zarbani tarqalishiga yo'l qo'ymaydi va turbinani boshqarish sharoitini yaxshilaydi. Rezervuarni ishlash prinsipi quyidagilardan iborat bo'ladi.



5.14 - Rasm. Tenglashtiruvchi rezervuar sxemasi

Erkin yuzaga ega bo'lgan rezervuarda turbinalar bir tekis ishlaganda, yuqori b'ef statik sathiga nisbatan, hg bosim yo'qolishi qiymatiga teng miqdorda pasaygan sath o'rnatiladi, 5.14-rasm.

Turbina to'htaganda turbina suv elitgichidagi suv to'htaydi va suv derivatsiyadan, dastlabki tezligini saqlagan holda rezervuarga oqib tushib uni sathini ko'taradi (5.14-rasm. sath 1).

Bunda suvning kinetik energiyasi, rezervuardagi sathni ko'tarilishi ko'rinishidagi potensial energiyaga o'tadi, turbina suv elitgichlarida hosil bo'lgan zarbaviy bosim oshishi to'lqini, suvni ozod yuzasidan qaytarilib derivatsiyaga o'tmaydi.

Derivatsiyada kinetik energiya to'liq so'ngandan so'ng suv sathi BTSga nisbatan Hz qiymatiga ko'tariladi. Bu lahzada derivatsiyadagi tezlik nolga teng bo'ladi. Ammo suv derivatsiyaga qayta tusha boshlaydi. Rezervuarda sathni davriy tebranishi vujudga keladi va suvni suv elitgich devorida ishqalanish natijasida so'nadi. Tebranishlar so'ngandan keyin rezervuarda turbinani yangi ish rejimiga to'g'ri keluvchi suv sathi o'rnatiladi, ular to'htaganda ∇ BTS bo'ladi.

Turbinaning yuklamasi keskin oshganda rezervuarda sath Hz qiymatga pasayadi (5.14-rasm, 2) va o'hshash tebranish jarayoni ro'y beradi. Bu rejimni yuqori b'efda eng past sath bo'lganda ko'rib chiqish zarur, chunki rezervuarda sath pasayganda bosimlarni p'ezometrik chizig'i holati vakuum hosil bo'lmasligi shartidan bosimli derivatsiyani undan yuqori o'rnatib bo'lmaydigan belgini beradi. Uning asosiy qiymati rezervuarni hisoblaganda topiladi, bu sathni chegaraviy tebranishi Hz bo'ladi.

$$Hz=V_o(L \times F / g F_p)^{0,5}$$

Bu yerda: V_o - suv elitgichdagi suvning tezligi,

F - L uzunlikdagi suv elitgich yuzasi,

F_p - tenglashtiruvchi rezervuar qirqimi yuzasi.

6- BOB. GES TEHNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI VA EKSPLUATATIYASI

6.1. GES yiriklashtirilgan texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari

1. O'rnatilgan quvvat $N_{o'm}$ bu GES generatorlarining umumiy quvvatidir:

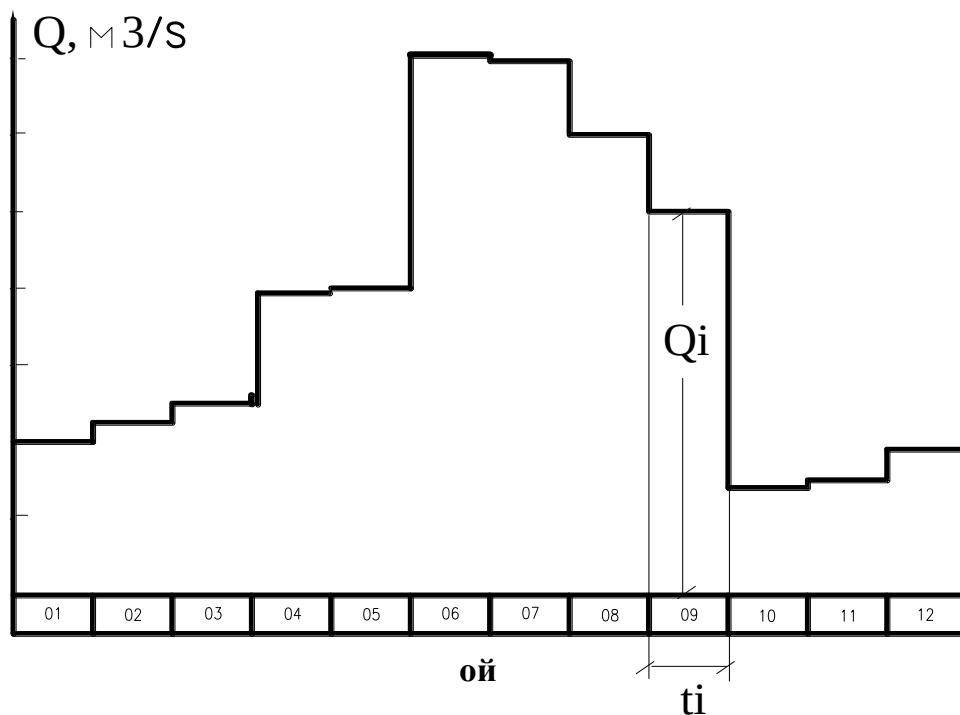
$$N_{o'm} = N_r \times n,$$

bu yerda:

- $N_{o'm}$ - generator quvvati, kvv.
- n - generatorlar soni.

2. Yillik ishlab chiqarilayotgan elektroenergiya bu elektrostansiya bilan bir yilda ishlab chiqarilayotgan energiya miqdori.

GESni ishlash grafigidan topiladi, 6.1- rasm.



6.1-Rasm. GES ishlash grafigi

$$\Xi = \sum (N_g \times n_i \times t_i) = 9.81 \times \eta_t \times \eta_g H_x \times \sum (Q_i \times t_i), \text{ kVt} \times \text{soat}$$

bu yerda:

- n - turbin bilan foydalanilayotgan Q_i - suv sarfida t_i vaqti davomida ishlayotgan agregatlar soni.

3. Kapital quyilma K - bu GES gidrobo'g'ini inshootlarini qurish uchun zarur harajat. Yiriklashtirilgan ko'rsatkichlar bo'yicha kapital harajatlar

$$K = N_{o'm} \cdot a, \text{ sh.b., ga teng bo'ladi}$$

bu yerda:

a - 1 Kvt o'rnatilgan quvvat bahosi shartli birlikda;

$a = 120-150$ sh.b./kvt - kanal suv tushurgichidagi GES;

$a = 160-200$ sh.b./kvt - irrigatsion kanaldagi derivatsion GES;

$a = 200-250$ sh.b./kvt - sug'orish tarmog'i bosh qismida qurilgan derivatsion GES;

$a = 200-250$ sh.b./kvt bosh suv olish bo'g'inidagi o'zanli GES.

$a = 150-200$ sh.b./kvt - to'g'on oldi GES.

4. Yillik ekspluatatsion harajatlar E_r bu yil davomida GESni normal ekspluatatsiya qilish uchun kerakli mablag'. Ular kapital qo'yilmani 3-7 % ni tashkil qiladi

$$E_r = 5\% \times K, \text{ sh.b.}$$

5. Ishlab chiqarilayotgan elektroenergiya tannarhi

$$S = E_r / E, \text{ sh.b./ kVt.soat}$$

6. O'rnatilgan quvvatdan yillik foydalanish vaqti

$$T_o = E / N_{o'm}, \text{ soat}$$

7. O'rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsienti

$$\eta = T_o \times / T_{yil},$$

bu yerda - T_{yil} - bir yildagi soatlar soni.

6.2. Hidroelektrostansiyalardan foydalanish va uning asosiy muammolari

Inshootlar va jihozlar kompleksini mujassamlashtiruvchi gidroelektrostansiyalar energiya iste'molchilarining talablariga binoan elektroenergiyani mukammal ishlab chiqarishini ta'minlashi zarur. Energiya ta'minoti puhta bo'lishi zarur va binobarin gidroelektrostansiyani barcha inshootlari va jihozlari to'htovsiz ishlashi va loyihalanganda ko'zda tutilgan elektroenergiya miqdorini ishlab chiqarishni ta'minlashi zarur. Foydalanish maksimal samara bilan olib borilishi zarur. Ishni puhtaligi va iqtisodiyligi, foydalanishning asosiy talablari

hisoblanadi. Bu talablarni loyihalash va qurilish jarayonida ham inobatga olish zarur. Qurilgan gidroelektrostansiyadan shunday foydalanish kerakki, loyiha asosiga kiritilgan barcha talablar to'liqroq bajarilishiga erishish mumkin bo'lsin.

Loyihalash jarayonida inshootlar va jihozlar turini, ular konstruksiyasini, o'lchamlarini tanlash va joylashtirish foydalanishni ushbu asosiy talablarini bajarilishini ta'minlashi zarur: maksimal ishlab chiqarish samarasi va minimal mehnat va material harajatlari. Hidroresurslardan kompleks foydalanish sharoitida puhtalik va iqtisodiylik kabi o'hshash talablar suv xo'jalik kompleksini boshqa elementlari inshootlariga ham qo'yiladi (suv transport, irrigatsion va boshqalar).

Gidroelektrostansiyalardan foydalanish jarayonida uning barcha elementlarini samarali ishlashini ta'minlash ekspluatatsion xizmatchilarni asosiy vazifasi hisoblanadi. Inshoot va jihozlardan shunday foydalanish zarurki, o'zgaruvchan gidrogeologik, meteorologik va boshqa mavjud real sharoitlarda, zarur miqdordagi elektroenergiyani energotarmoq uchun talab qilinayotgan vaqtda ishlab chiqarish ta'minlansin. Odatda, bunda gidroelektrostansiyalardan iloji boricha ko'proq elektroenergiya olish zarur bo'ladi, ayniqsa yuklama cho'qqisini qoplash uchun quvvat, bilan ta'minlash ahamiyatli hisoblanganda, unda inshoot va jihozlardan shunday foydalanish zarurki, unda ularni eng yahshi holatda uzoq saqlash ta'minlanishi va har qanday foydalanish rejimida ularni shikastlanmasligi uchun barcha choralar ko'rib chiqilishi lozim.

Gidroelektrostansiyalardan foydalanish «elektr stansiyalar va tarmoqlardan texnik foydalanish qoidalari» asosida olib borilishi zarur.

Bu qoidalarni bilish ekspluatatsion hodimlar uchun majburiy va loyiha, ilmiy tekshirish korhonalari ishchilari uchun juda foydalidir. Barcha inshoot va jihozlarni foydalanish davri mobaynida ulardan uzoq muddat, to'htovsiz va yanada samarali foydalanish zaruriyatidan yahshi holatda saqlash, inshoot va jihozlarni barcha ta'mirlash ishlarini o'z vaqtida va yuqori sifatda o'tkazish yordamida amalga oshiriladi. Ta'mirlash ishlari o'z vazifasi, masshtabi, o'tkazish vaqti va moliyalash sharoiti bo'yicha kapital va joriy ta'mirlashga bo'linadi. Bulardan kapital ta'mirlash o'z harakteri bo'yicha yirikroq, ahamiyatliroq va nisbatan ko'proq mablag' talab

qiladi. Odatda bu nisbatan katta shikastlanishlar, va jihoz, inshootlarni yemirilishi bilan bog'liq (masalan turbinani anchagina kavitatsion yemirilishi, zatvor, panjara, to'g'onni beton yuzasini shikastlanishi, mas'ul inshootlar yaqinida o'zanni yuvilishi, oqizqlarni ruhsat etilgandan ko'proq cho'kishi, fil'tratsiyani kuchayishi natijasida gidroelektrostansiyalarni samarali foydalanish to'sqinlik qilinishi).

Gidroelektrostansiyalarni ba'zi elemetlarini kapital ta'mirlash, vaqti-vaqti bilan tartibli, masalan 5-10-15 yilda bir marta ba'zan undan ham uzoq muddatda o'tkaziladi. Joriy ta'mirlash inshootlar va jihozlarni ahamiyati kam yemirilishlarini tuzatishdir. Ular, hali inshoot va jihozlar anchagina sifatli shikastlanib ulgurmagan hollarda o'rirlidir.

Biroz shikastlanish hosil bo'lishi bilan ta'mirlashni o'tkazish, inshootlarni va jihozlarni yahshi holatda saqlashni eng iqtisodiy va samarali usulidir. Bunda albatta ta'mirlash ishlarini hajmi, mehnat va materiallar harajati nisbatan kichik bo'ladi. Shuning uchun joriy ta'mirlash doimiy kam ishchi kuchi bilan sistematik va rejali, ya'ni har kungi joriy ish tartibida bajarilishi mumkin.

U inshoot va jihozlarni sistematik ko'ruvi va ularni ish sifatini kuzatish natijalari asosida amalga oshiriladi.

Profilaktik (ogohlantirish) ta'mirlash, joriy ta'mirlashni hususiy holi hisoblanadi va inshoot va jihozlarni yahshi holatda saqlab turishni eng samarali vositasi bo'lib, ulardan puhta va to'htovsiz foydalanishni ta'minlaydi. Bunda inshoot va jihozlarni joriy ko'ruvi sinchkovlik bilan o'tkazilishi shikastlanishni ular hosil bo'la boshlagandagi boshlang'ich davridayoq bilishini taqozo qiladi. Bir tekis tartibda o'tkaziladigan profilaktik ta'mirlash (rejali-ogohlantirish ta'mir) uning yuqori samaradorligi, foydalanishni puhtaligini ta'minlash, ta'mirlash ishlarining asosi bo'lishiga olib keldi.

Ko'pgina hollarda suv energetik resurslardan to'liqroq foydalanish imkoniyati, halq xo'jalik ahamiyatiga egadir. Suv resurslaridan kompleks foydalanishda bu talablar, gidroelektrostansiyalar uchun foydalanilayotgan oqim va sarf hajmiga ta'lluqlidir.

Loyihalashda va foydalanish jarayonida GESlarda foydalanilayotgan oqim va sarf hajmini ko'paytirish, quvvatni, energiya ishlab chiqarishni va shu bilan birga energotarmoqda ulardan foydalanish samarasini ko'paytiradi. Shu maqsadda foydalanish bilan shug'ullanuvchi ishchilar vazifasiga kiradi:

- gidrotutbinalar bilan oqimdan to'liqroq foydalanishni ta'minlash. Suv chiqaruvchi va kema qatnovchi inshootlar zatvorlari va gidroturbina yo'llantiruvchi apparatlarini zichlanmaganligi sababli yo'qotilishlarni kamaytirish zarur;

- suv resurslaridan kompleks foydalanishda elektroenergiya ishlab chiqarish uchun ajratilgan oqim va sarf Q hajmini W ko'paytirishga harakat qilish zarur. Noenergetik maqsadlarga ajratilgan oqim hajmini asossiz ko'paytirishga qarshi choralar ko'rish. Bu esa tegishli korxonalar ta'rifidan kema qatnaydigan kanallarda, ishlab chiqarishni suv bilan ta'minlashda, irrigatsion inshootlarda istemol qilinayotgan suvni samarali nazorat qilishni talab qiladi;

- yuqori b'efdan yoki keltiruvchi suv elitgichlardan GESning o'z ehtiyojlari uchun ishlatiladigan suvning miqdorini kamaytirish, masalan panjaradagi ahlat va foydalanishni qiyinlashtiruvchi oqiziqlarni chiqarish, tindirgichlarni yuvish va texnik suv ta'minotiga ishlatish miqdorini. Odatda o'z ehtiyojlari uchun suv olish gidrostansiyada foydalanilayotgan oqimni 0.25-1.5 % ni tashkil qiladi;

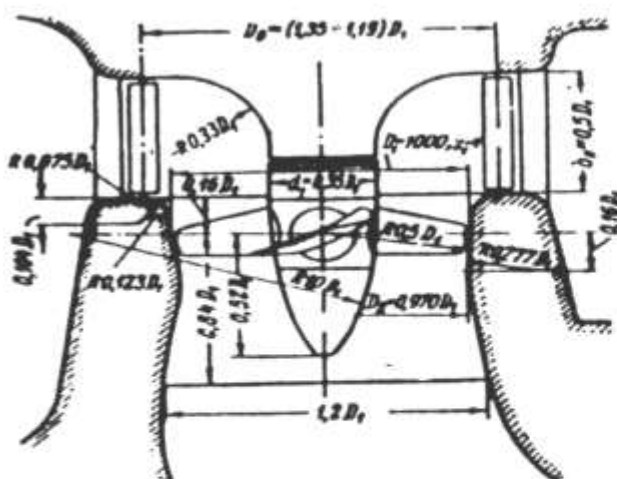
- yah va muz parchalarini turbinadan o'tkazmasdan tashlashda iloji boricha qochish, chunki bunda oqimni bir qismini isrof bo'ladi, shuning uchun barcha mumkin bo'lgan hollarda muz parchalarini turbinadan o'tkazish va yah muz parchalarini yuqori b'efda ushlab qolish. Chunki ularni erishi turbina bilan foydalanilayotgan oqim hajmini ko'paytiradi;

- H statik bosimini iloji boricha kattaroq, ya'ni yuqori b'ef sathini iloji boricha yuqori belgida va pastki b'ef sathini pastroq belgida ushlab turish;

- energotarmoq tarkibidagi gidroelektrostansiya ish rejimini boshqa elektrostansiyalar ish rejimi bilan kelishtirish. Odatda bu kelishish, energotarmoq uchun eng qulay gidroelektrostansiyaning ish rejimini ta'minlaydigan dispecherlik xizmati topshirig'iga binoan (ko'pincha dispecherlik punktidan boshqarilib) amalga oshiriladi.

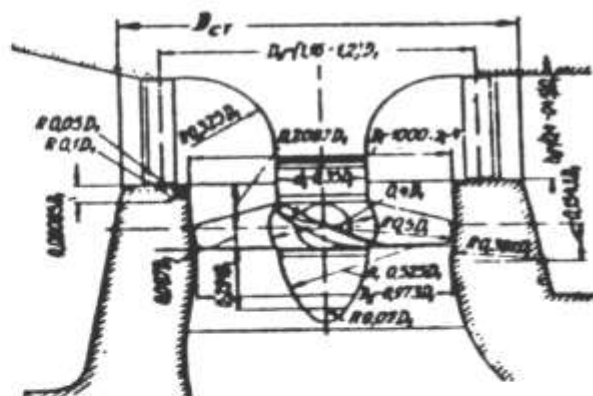
ILOVALAR

Парраклари бурилувчан гидротурбина ишчи г'ildirаги sxemasi

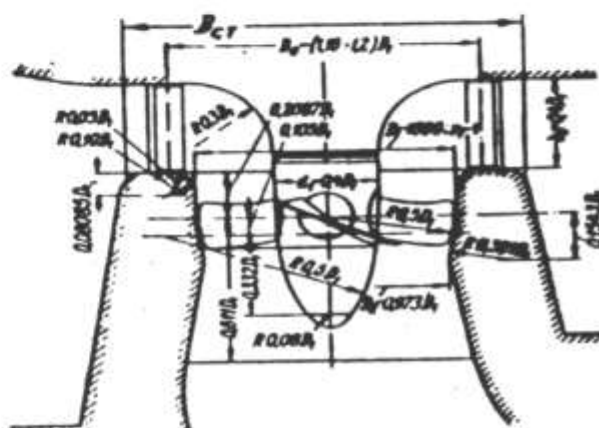


Турбина ПЛ 70

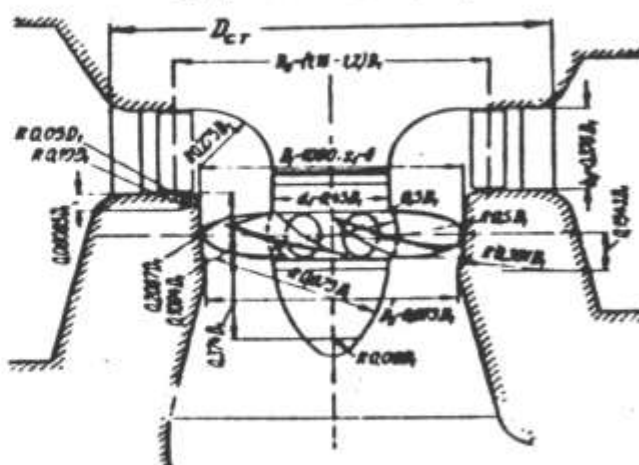
D_I	D_o		D_{CT}
	ПЛ	PO	
120	145	150	206
140	170	175	241
160	190	195	270
180	215	220	300
200	235	240	334
225	265	275	370
250	290	300	410
280	325	335	460
320	375	385	510
360	420	430	570
400	465	480	630
450	525	525	700
500	580	580	790
550	640	640	860
600	700	700	945



Турбина ПЛ 10/592



Турбина ПЛ 20/510

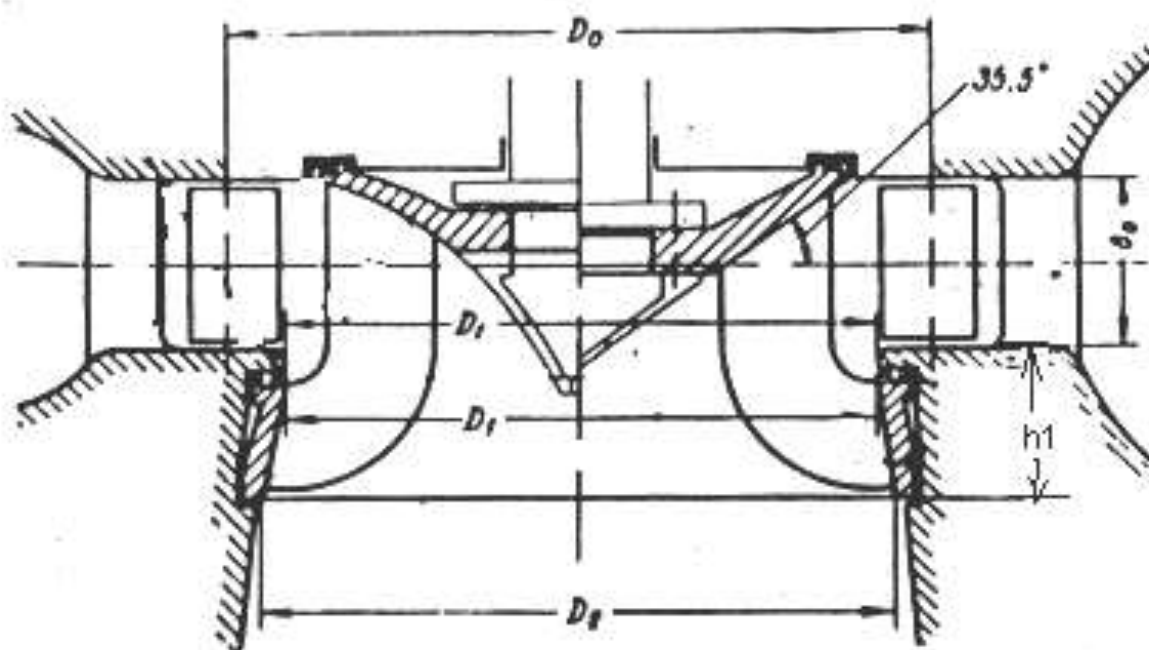


Турбина ПЛ/30/587

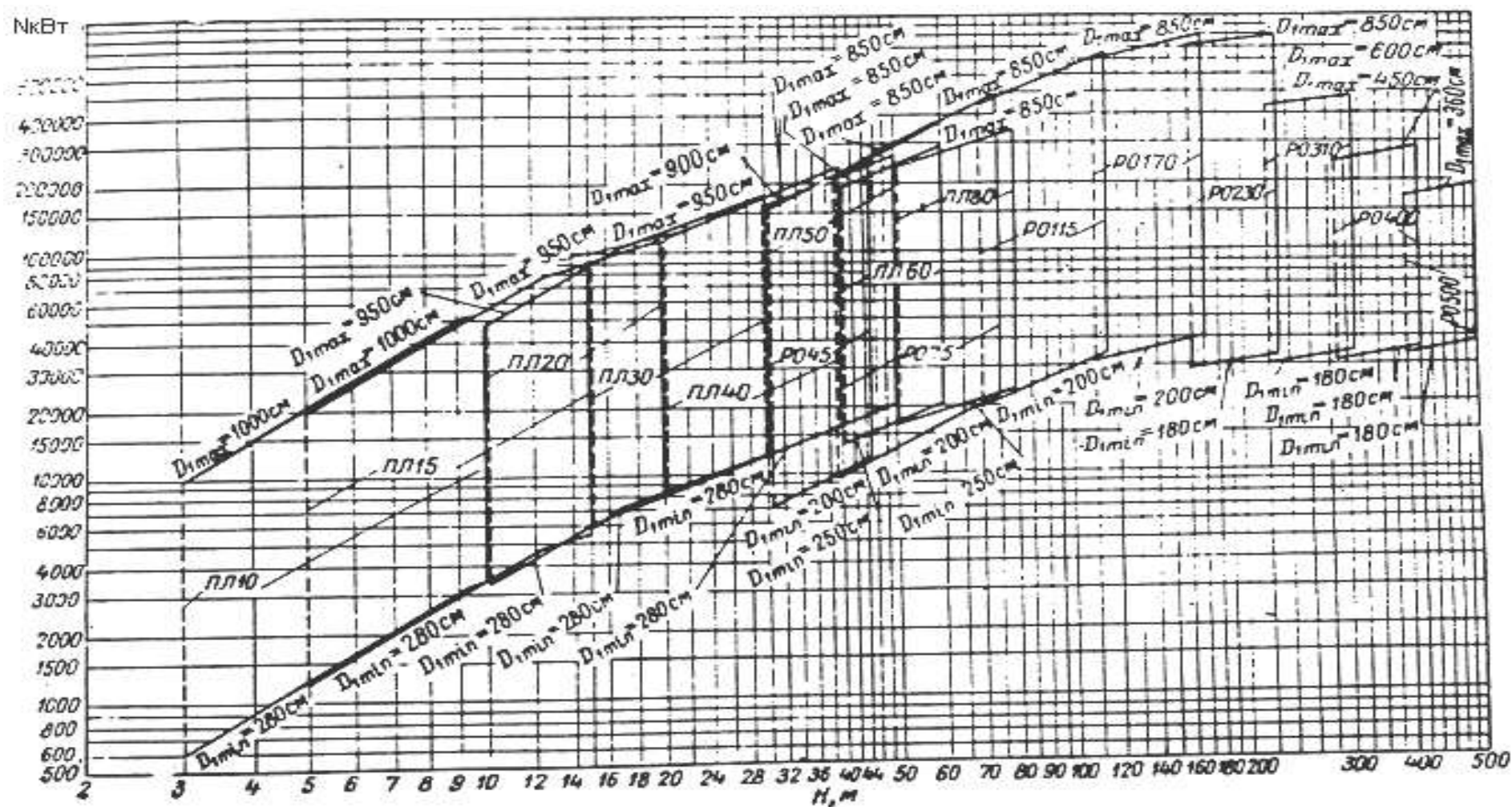
Radial- o'qiy gidroturbina ishchi g'ildiragi sxemasi

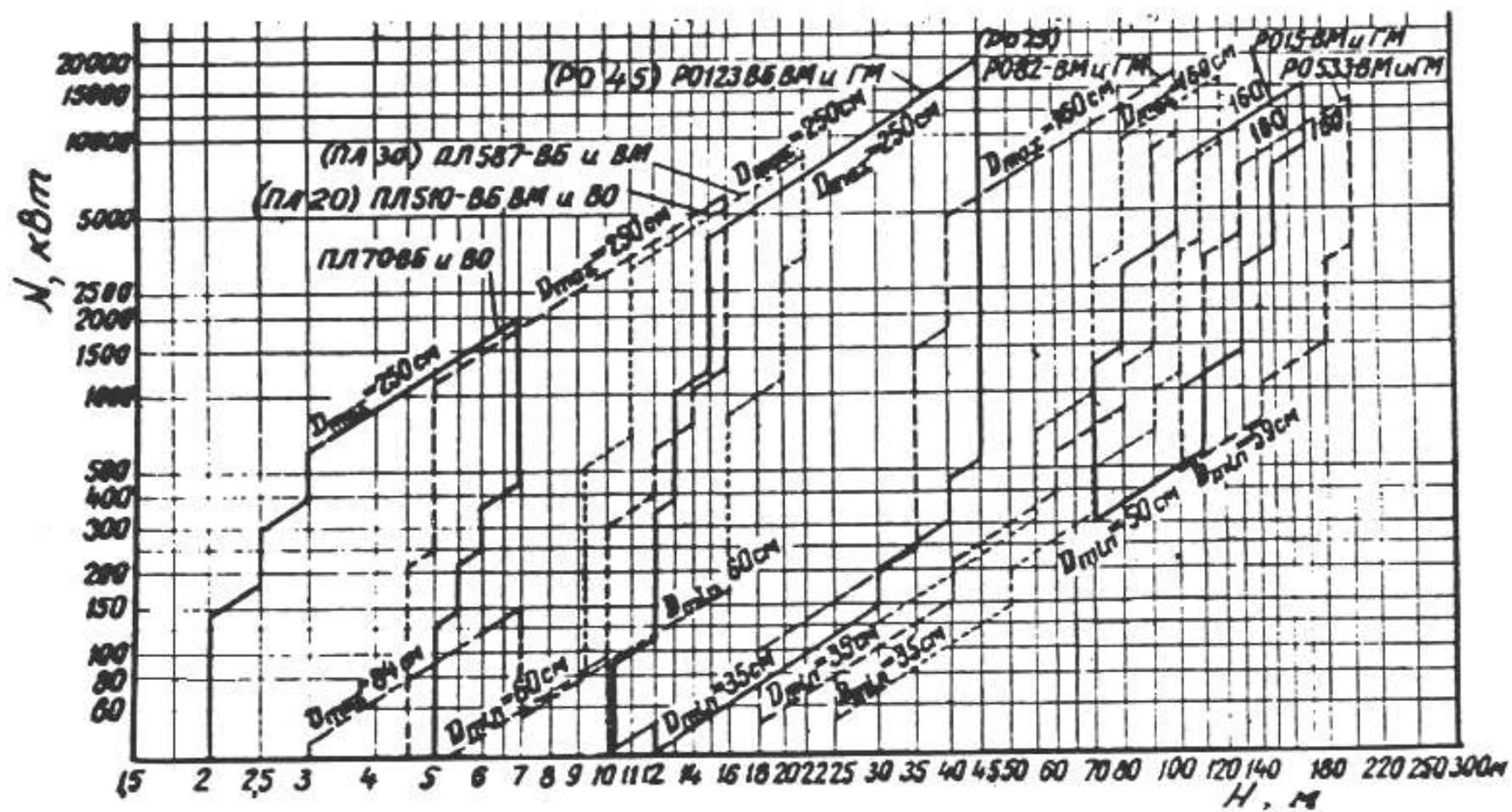
Ishchi g'ildirak turi	D_2	B_0	D_0	h_1
RO45/123	1,08	0,35	1.16-1.2	0.22
RO75/211	1,09	0,30	1.16-1.2	0.25
RO115/82	1,025	0,20	1.16-1.2	0.25
RO170/683	1,034	0,224	1.16-1.2	0.25

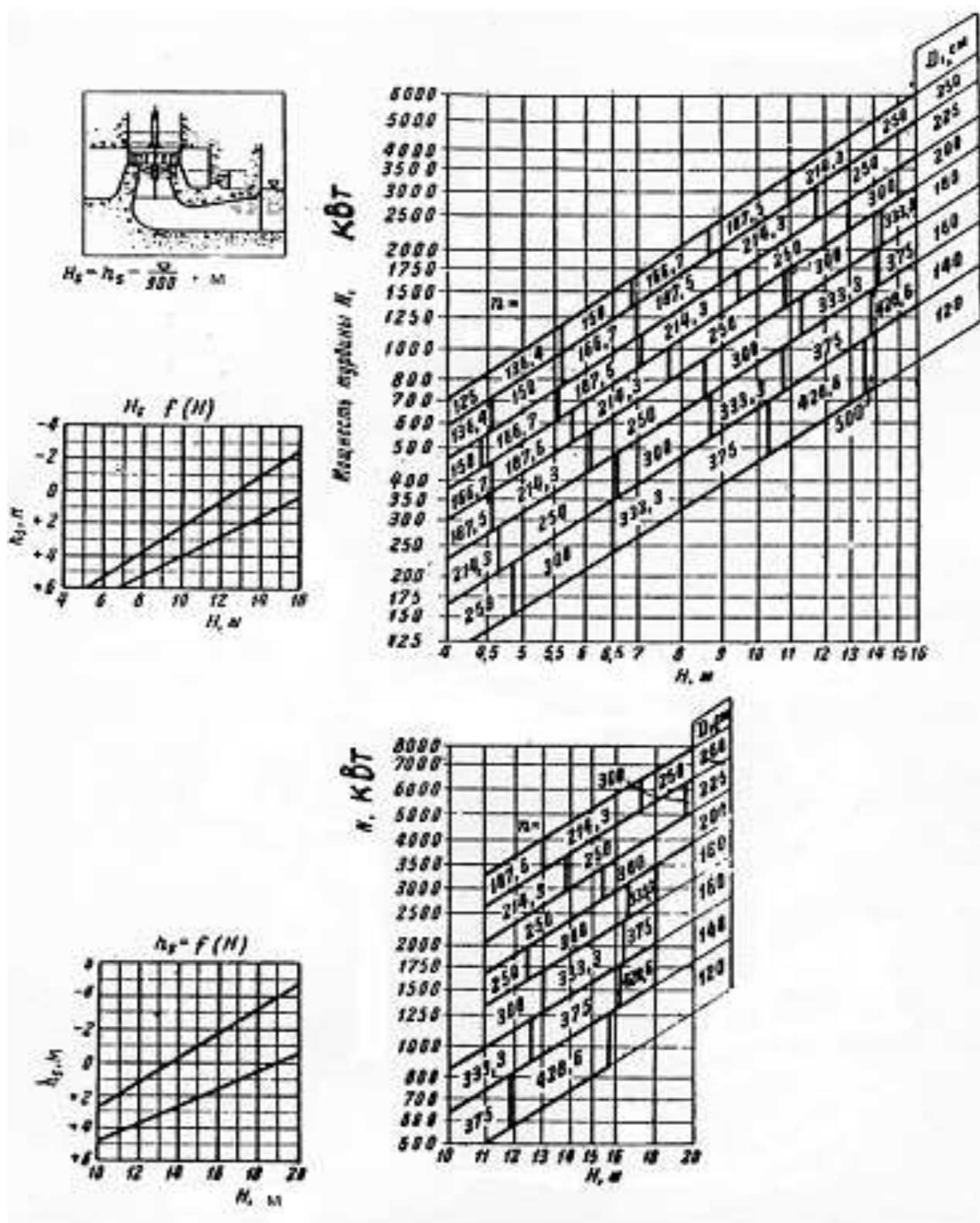
$$D_1 = 1,0M$$



Yirik turbinalarni qo'llanish mintaqasi yig'ma grafigi



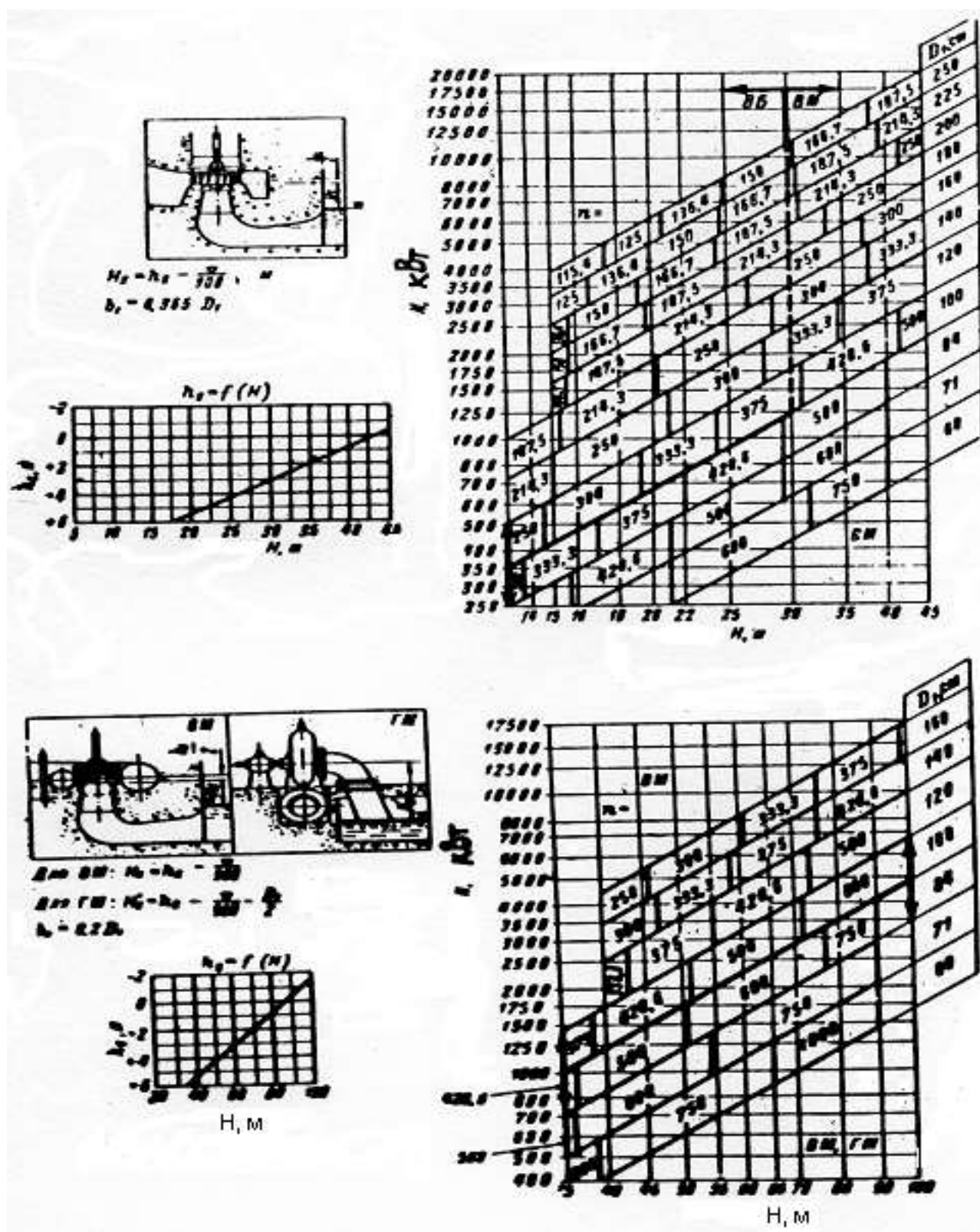




Turbinalarning hususiy grafiklari

- PL 20/510-VB O'rta turbinani qo'llash mintaqasi.
- PL 30/587-VB O'rta turbinani qo'llash mintaqasi.

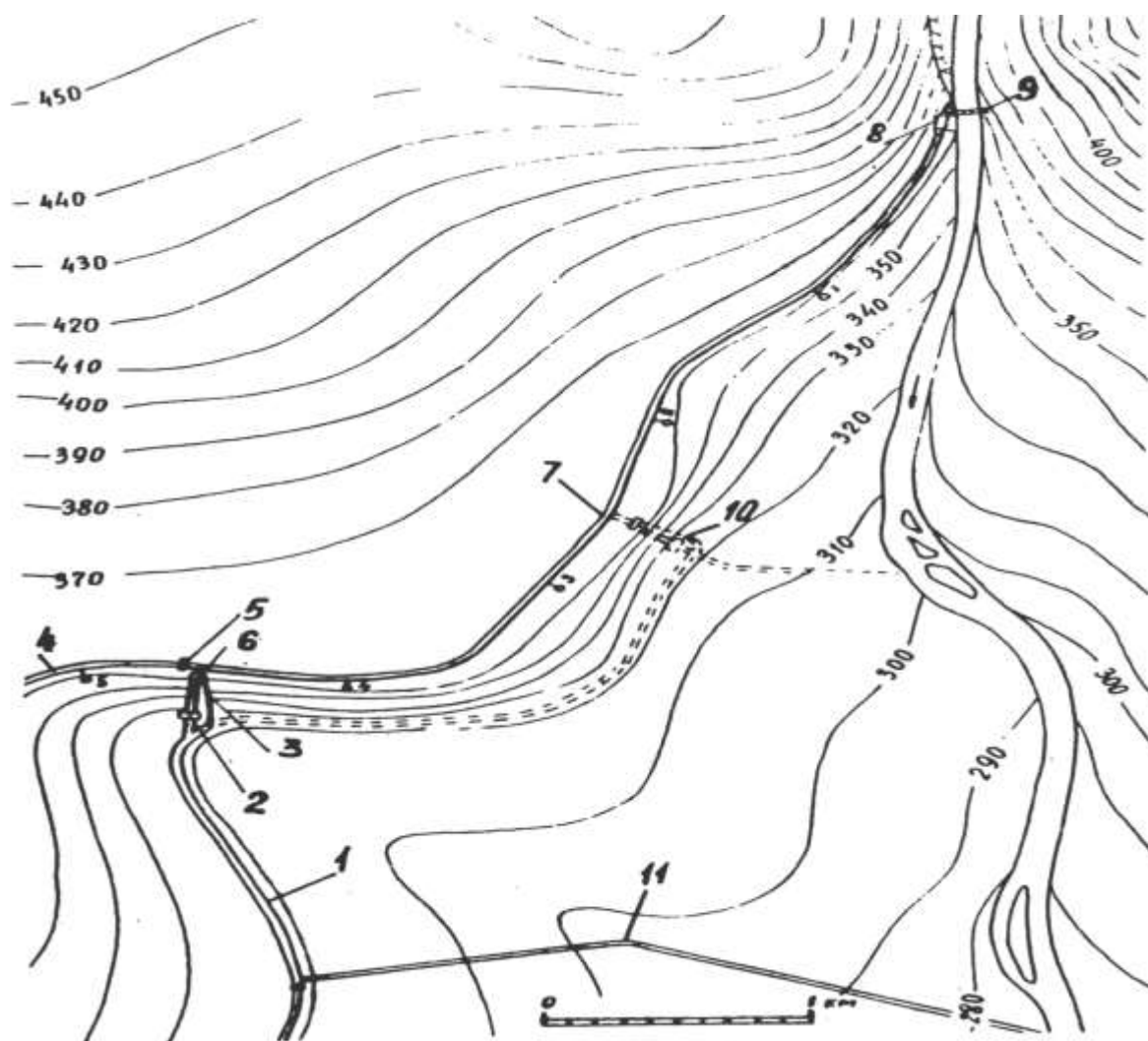
Turbinani qo'llash mintaqasi



a) RO 45/23-VB Turbinani qo'llash mintaqasi;

b) RO 74/82-VB Turbinani qo'llash mintaqasi.

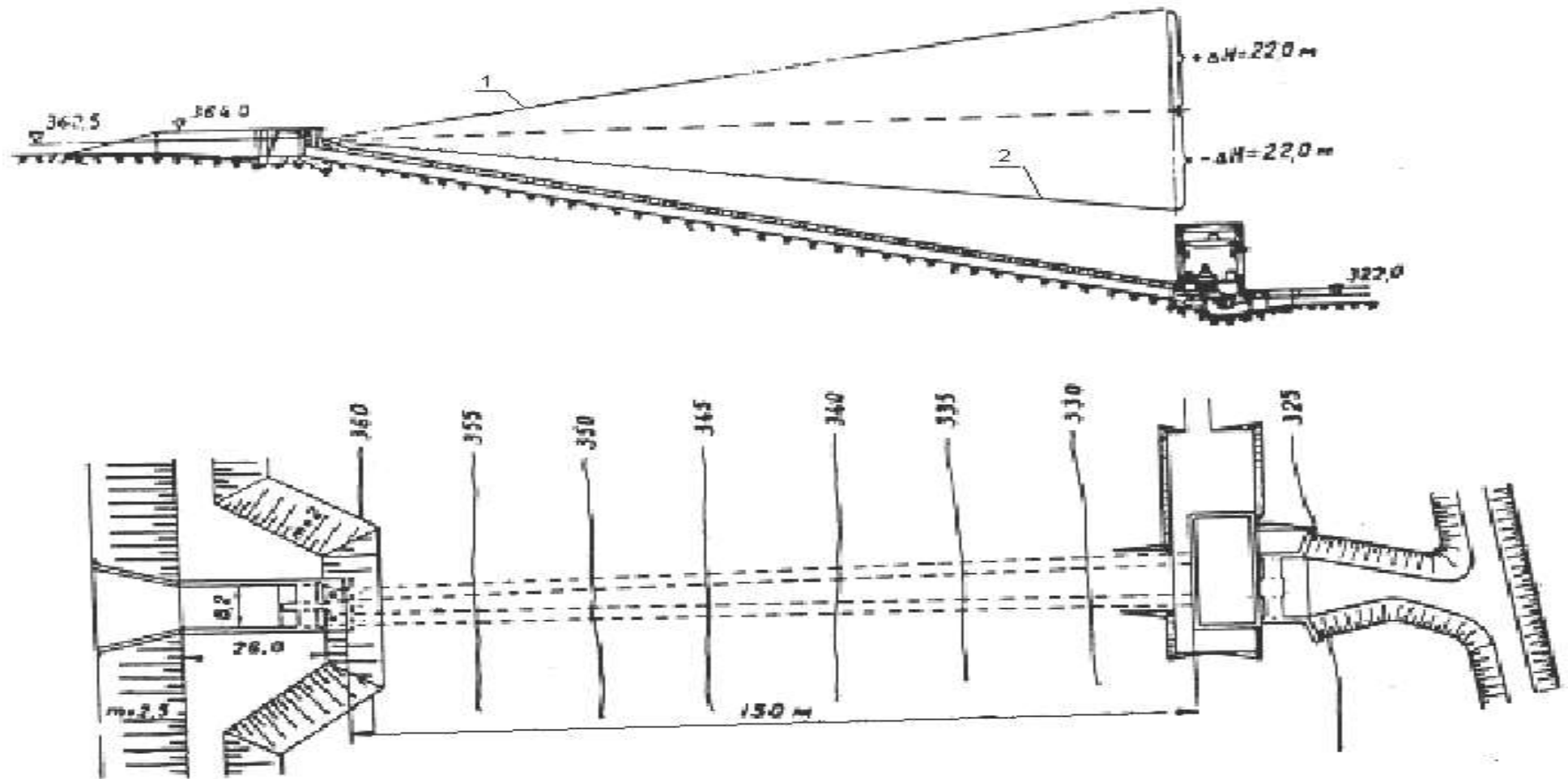
Irrigatsion kanaldagi derivatsion GES sxemasi



1 - sug'orish kanali, 2 - stansiya binosi, 3 - salt tashlama, 4 - shlyuz boshqargich, 5 - bosimli hovuz, 6 - derivatsion kanal, 7 - tindirgich, 8 - to'suvchi to'g'on, 9 - GESni joylashish varianti, 10 - tashlama kanal.

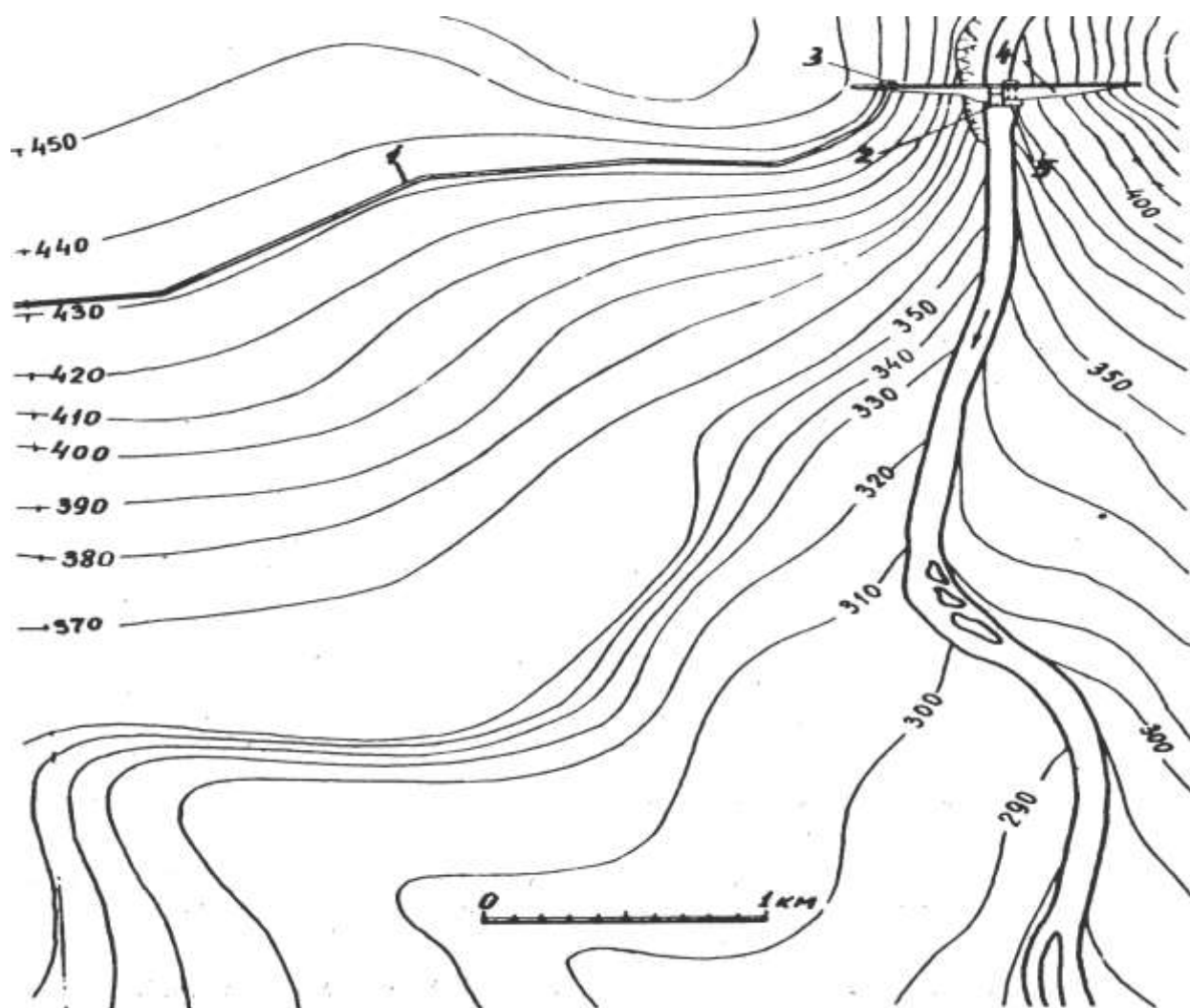
Derivatsion GES stansion bo'g'ini sxemasi:

1 - maksimal bosimlar chizig'i, 2 - minimal bosimlar chizig'i.



To'g'on yoni GES sxemasi:

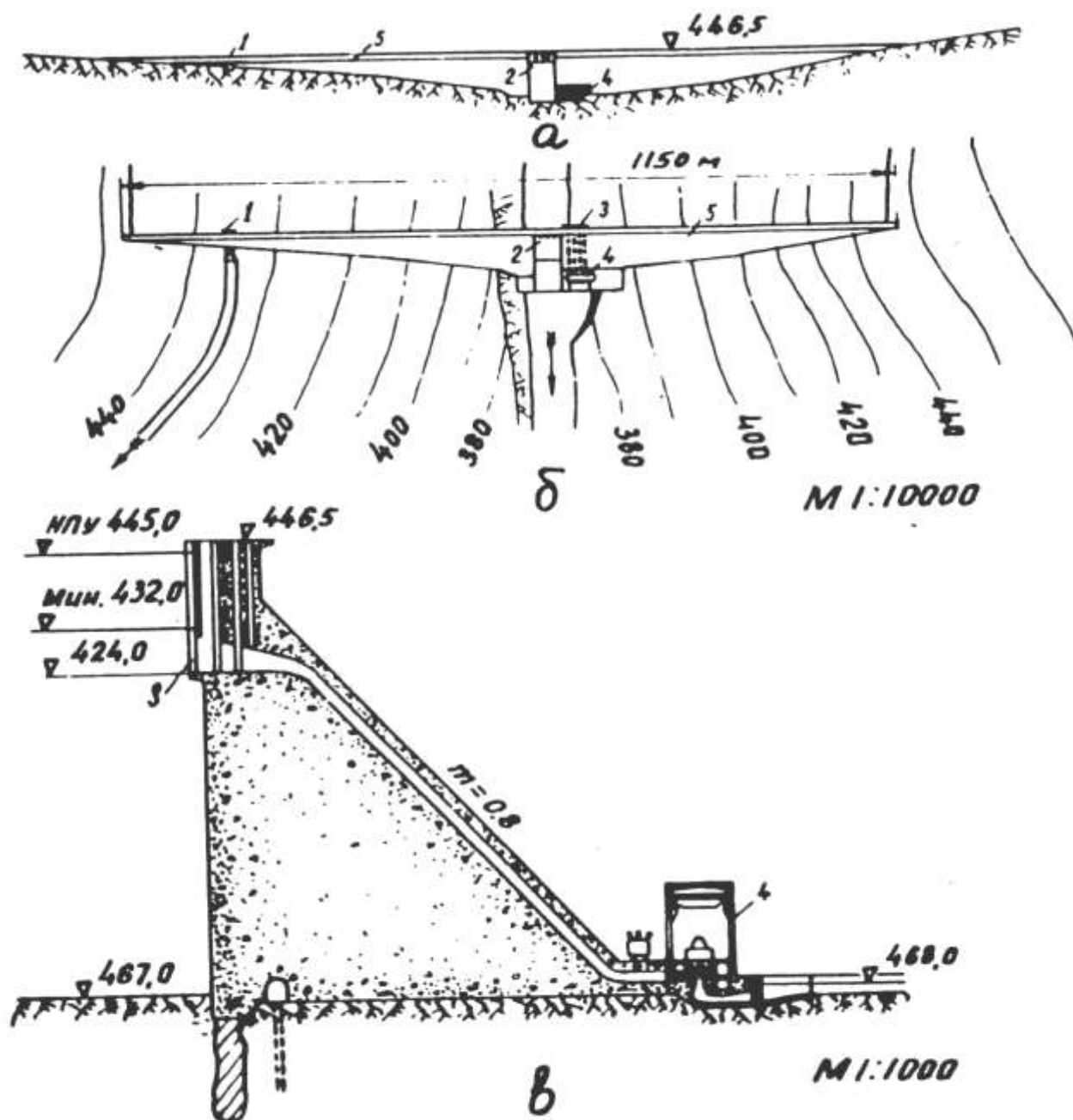
1 - irrigatsion kanal, 2 - suv tashlash, 3 - suv qabul qilgich, 4 - to'g'on, 5 - berk to'g'on.



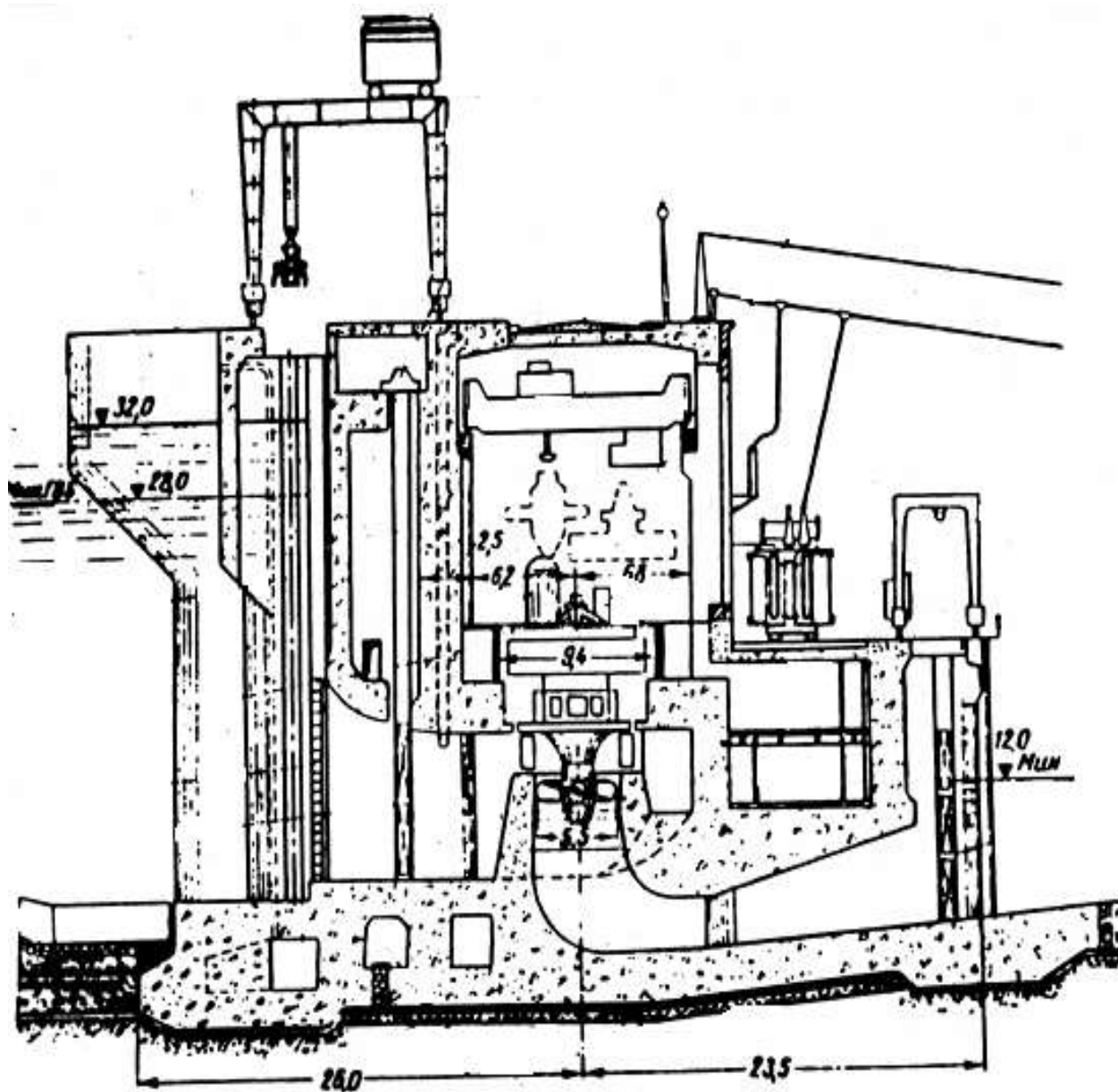
To'g'on yoni gidrobo'g'in sxemasi:

a - pastki b'ef tomondan ko'rinishi, b - plan, v - qirgimi.

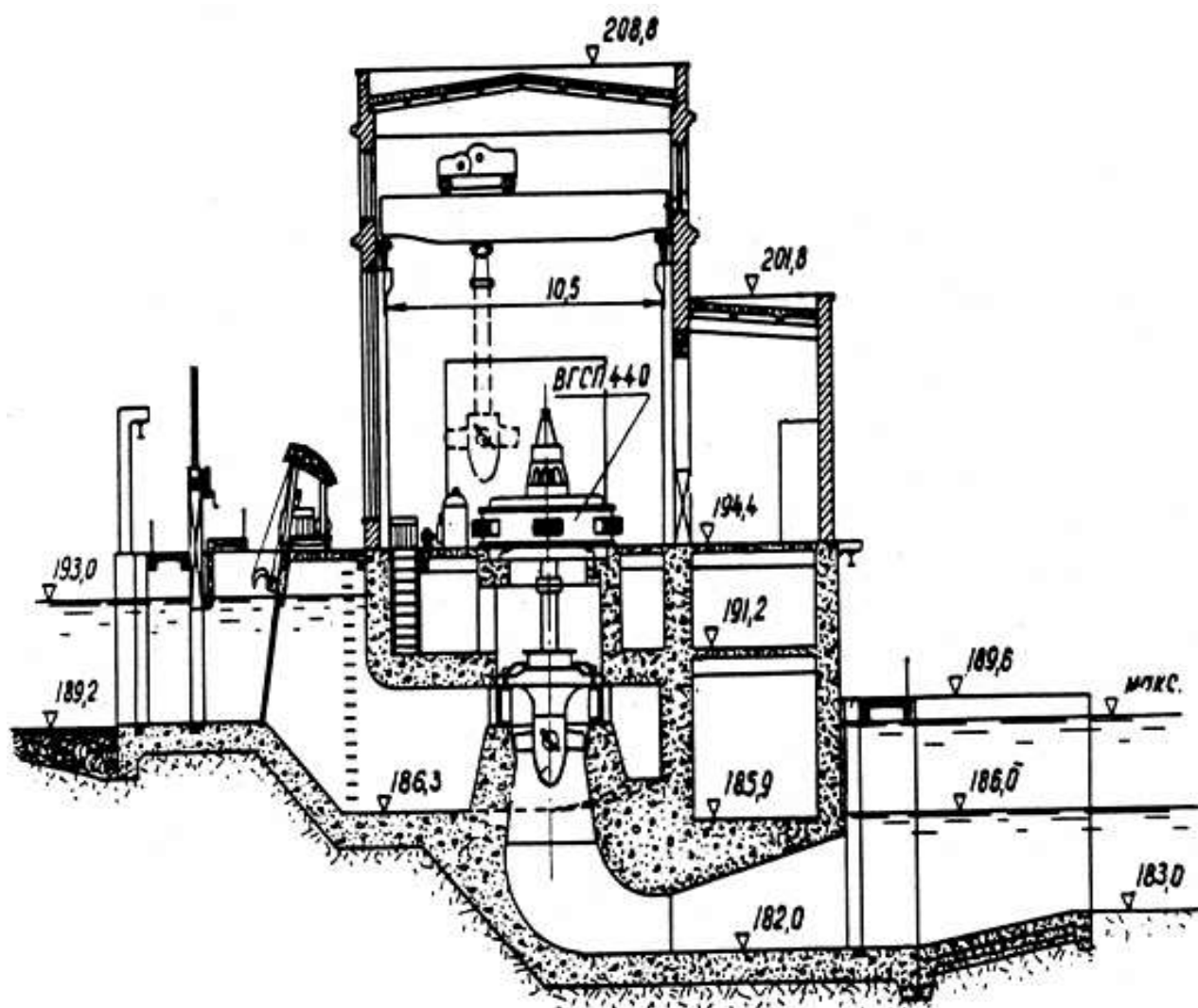
1- suv qabul qilgich, 2 - suv tashlovchi to'g'on, 3 - GES binosi, 4 - berk to'g'on



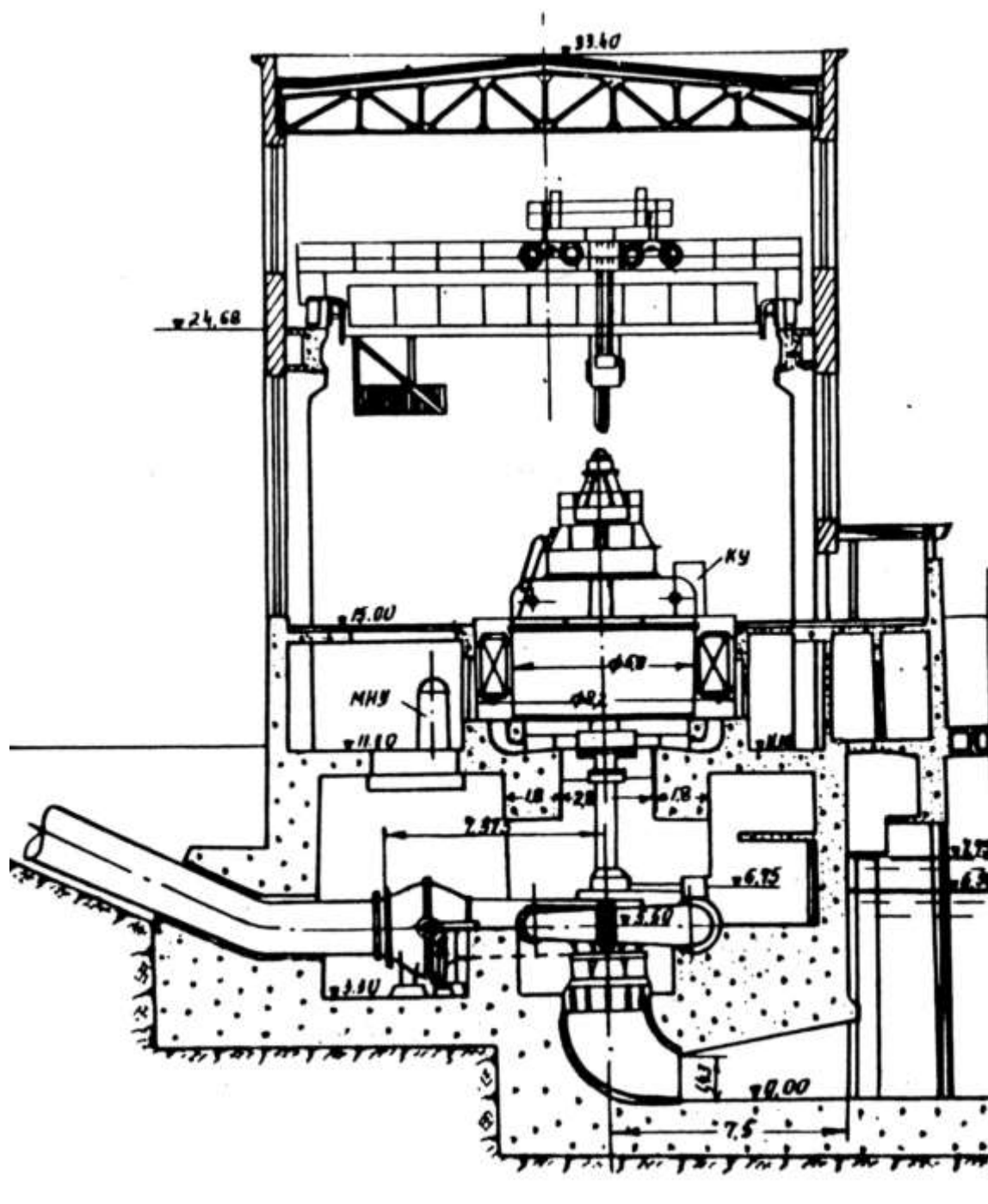
To'g'onli GES binosi qirqimi



O'zanli GES binosi qirqimi



Derivatsion GES binosi qirqimi.



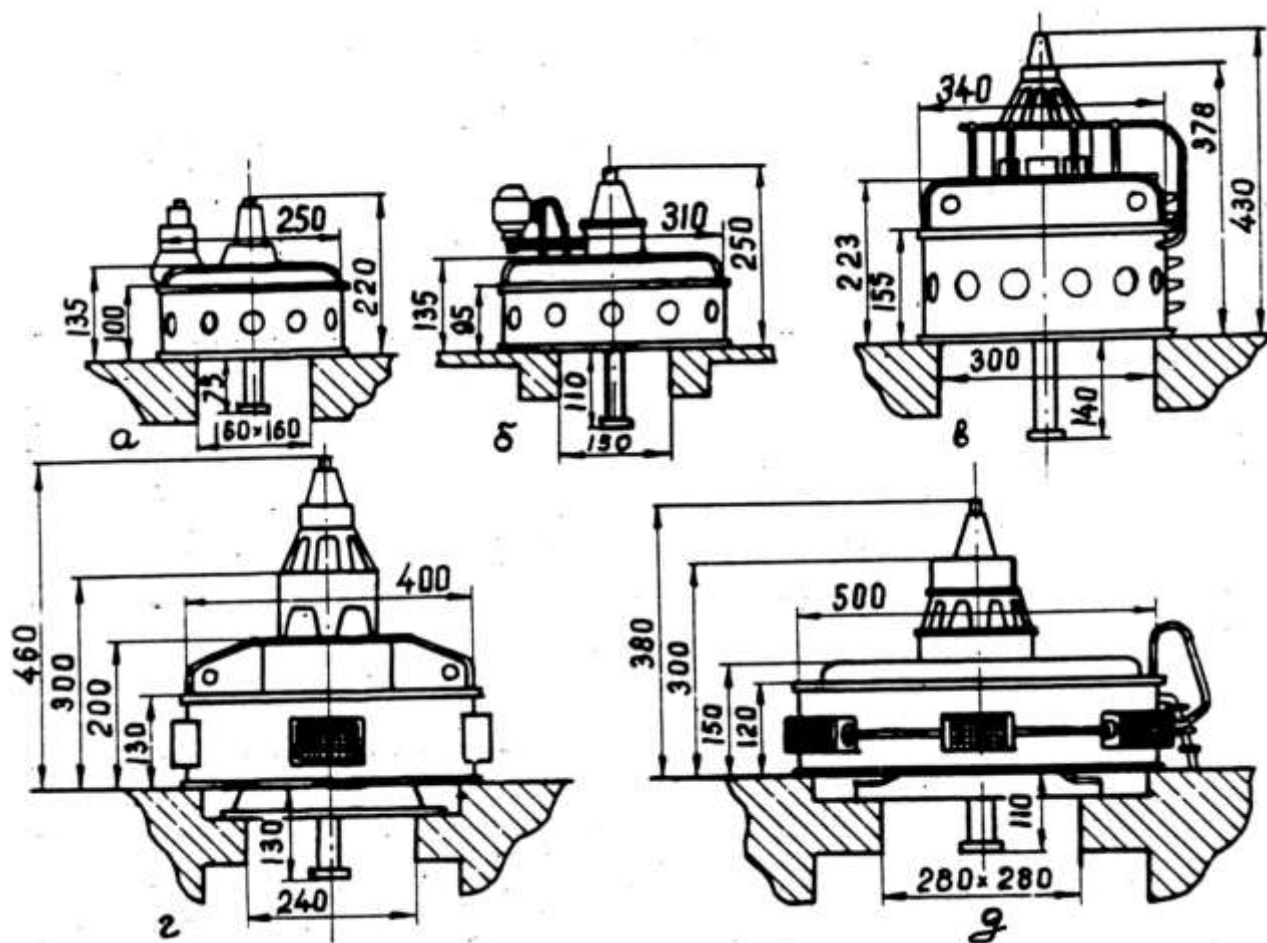
Katta bo'lmagan quvvatli vertikal gidrogeneratorlar

Generator turi	Aylanish tezligi ayl/min	Quvvat кVt	FIK %	Moment t×m ²	Ogirlik t.	Maksimal montaj ogrligi, t
ВГСП32 5/34-60	100	600	87,0	70	44,0	19,0
ВГСП32 5/39-48	125	1000	88,0	75	46,0	20,0
ВГСП440/2 9-48	125	1500	94,0	170	53,0	20,0
ВГСП440/34-48	125	1800	94,5	190	54,0	22,0
ВГС 32 5/24-40	150	600	89,0	35	20,0	8,3
ВГС 32 5/34-40	150	800	91,3	50	27,3	10,7
ВГС325/39-40	150	900	91,5	70	32,0	11,0
ВГСП32 5/2 9-40	150	1200	92,8	65	42,0	17,0
ВГС32 5/2 9-40	150	1200	93,0	67	42,5	17,2
ВГС 32 5/ 39-40	150	1500	93,5	75	42,5	18,3
ВГСП440/39-40	150	2400	94,2	210	56,0	24,0
ВГСП440/49-40	150	3000	94,5	2 30	62,0	28,0
ВГС440/49-40	150	3000	94,5	2 30	60,0	24,0
ВГС440/59-40	150	4000	94,8	260	70,0	30,0
ВГСП260/24-32	187,5	640	91,5	17	20,0	8,0
ВГС2 60/2 9^32	187,5	800	92,0	20	18,5	7,5
ВГСП325/34-32	187,5	1700	94,0	70	44,0	19,0
ВГСП325/49-32	187,5	2200	95,0	80	48,0	21,0
ВГСП440/39-32	187,5	3600	94,5	210	56,0	24,0
ВГС440/59-32	187,5	5000	95,0	260	70,0	30,0
ВГС260/20-2 8	214	560	91,8	15	16,5	6,0
ВГС260/24-2 8	214	760	92,0	17	17,5	6,7
ВГС260/2 9-2 8	214	1000	92,5	20	18,5	7,5
ВГСП260/2 9-28	214	1000	92,5	20	21,0	9,0
ВГС 32 5/2 9-2 8	214	1300	94,0	60	38,5	16,0
ВГС325/39-28	214	1850	94,5	105	45,5	22,7
ВГСП325/49-28	214	2350	95,0	80	48,0	21,0
ВГС 325/54-28	214	2700	95,0	90	51,0	21,0
ВГСП325/59-28	214	32 00	95,0	100	56,0	24,0
ВГС 32 5/69-2 8	214	3840	95,5	120	60,0	25,9
ВГС260/20-24	250	680	92,0	15	16,5	6,0
ВГС260/24-24	250	960	93,0	17	17,5	6,7

Generator turi	Aylanish tezligi ayl/min	Quvvat кVt	FIK %	Moment t×m ²	Ogirlik t.	Maksimal montaj ogrligi, t
BГC260/29-24	250	1200	93,2	20	18,5	7,5
BГCП260/34-24	250	1400	93,5	22	22,0	10,0
BГC 32 5/29-2 4	250	1840	94,0	60	36,2	16,0
BГCП325/34-24	250	2000	94,0	70	44,0	19,0
BГC 32 5/59-2 4	250	4000	96,5	100	55,0	25,0
BГC325/64-24	250	4000	95,3	120	63,0	2 9,0
BГCП213/29-20	300	630	92,4	8	12,0	3,8
BГCП2 60/20-20	300	750	92,5	15	18,5	7,0
BГC32 5/29-20	300	2000	94,0	75	41,0	20,2
BГC32 5/39-20	300	3000	95,0	90	46,5	24,3
BГC 32 5/49-20	300	3870	95,7	80	46,7	21,3
BГC 32 5/49-20	300	5000	96,7	90	5Г4,0	22,0
BГC213/29-16	375	1000	94,0	8	11,0	4,2
BГC2 60/29-16	375	1500	93,8	22	20,0	8,5
BГC325/39-16	375	3000	95,0	60	45,0	20,0
BГC260/64-16	375	4000	96,0	38	63,0	25,0
BГC213/24-14	428,6	750	93,0	6,5	9,2	3,4
BГC213/29-14	428,6	1000	93,6	7	12,0	3,6
BГC213/49-14	428,6	1750	95,0	12	20,0	7.5
BГC2 60/44-14	428,6	2200	95,0	25	41,0	20,0
BГC32 5/49-14	428,6	5000	96,8	90	54,0	22,0
BГC213/34-12	500	1300	94,0	9	13,0	5,0
BГC2 60/29-12	500	1700	95,5	20	25,0	10,0
BГC2 60/44-12	500	2900	86,0	25	41,0	20,0
BГC260/44-10	600	3400	96,5	25	41,0	20,0

Izoh: generatorlar kuchlanishi 6300 v.

Kichik quvvatli vertikal gidrogeneratorlar o'lchamlari



а – ВГСП213; б – ВГСП260 ($N \leq 1500$ кВт); в – ВГСП260 ($N = 1700$ кВт);
г - ВГСП 325; д – ВГСП440.

ADABIYOTLAR

1. Гидроэлектростанции малой мощности. Под ред. В.В. Елистратова. - Санкт- Петербург, СПбГПУ, 2005, 431с.
2. Muxammadiev M.M., Nizomov O.X. Gidroturbinalar. O'quv qo'llanma.- T., 2006, 152 bet.
3. Губин Ф.Ф., Кривченко Г.И. Гидроэлектрические станции - М., Энергия, 1980, 367 ст.
4. Muxammadiev M.M. Gidroenergetikaga kirish. Ma'ruzalar matni. ToshDTU, Toshkent, 2006, 71 bet.
5. Ильиных И.И. Гидроэлектростанции. – Москва, Энергия, 1978, 322 ст.
6. Карелин В.Я., Волшаник В.В. Сооружения и оборудование малых гидроэлектростанций. - М., Энергоатомиздат, 1986, 268 ст.
7. Шавелев Д.С. и др. Использование водной энергии. – Л., Энергия, 1976, 655 ст.
8. Соколов Д.Я. Использование водной энергии. Москва, Колос, 1965, 446 ст.
9. Потапов В.М., Ткаченко П.Е., Юшманов О.П. Использование водной энергии. - М., Колос, 1972, 343 ст.
10. Схема развития малых ГЭС в системе Минводхоза Узбекистана на период до 2010 года. Часть 1. – Т., 1992, 151 ст.

Mundarija

Soʻz boshi.....	5
1-bob. O'zbekiston gidroenergetikasi.....	6
1.1.Tarihi va rivojlanish bosqichlari.....	6
1.2.Elektrlantirish texnik va madaniy taraqqiyot asosi.....	8
2-bob. Gidravlik energiya va undagi foydalanish usullari.....	10
2.1. Gidroenergetik resurslar.....	10
2.2. Suv energiyasidagi foydalanish prinsiplari.....	13
2.3. GES parametrlari.....	14
2.4. Gidroenergetik resurlardagi foydalanish sxemasi.....	16
2.5. Gidroakkumulyatsiyalovchi va gidroturbonasos stansiyalar haqida tushunchalar.....	21
3-bob. Suv XO'JALIGI va suv energetik hisoblar.....	26
3.1. GESlarni suv energetik hisobi tushinchasi.....	26
3.2. Elektroenergiya tarmoqlari.....	29
4-bob. GES jihozlari.....	32
4.1. Gidravlik turbinalar.....	32
4.2. Reaktiv turbinalar.....	35
4.3. Aktiv turbinalar.....	38
4.4. Reaktiv tubinalar asosiy qismlari.....	41
4.5. Turbinalarni sinash. Turbina harakteristikalari.....	49
4.6. Turbina generatorini va avtomatik boshqaruvchini tanlash.....	57
4.7. Gidroturbinalarda kavitatsiya.....	63
5-bob. Gidroenergetik bo'g'inlar.....	65
5.1. Gidrobo'g'inlar klasifikatsiyasi. To'g'onli, derivatsion va aralash gidrobo'g'inlar inshootlari kompaktkasi shemasi.....	65
5.2. GES binolari klasifikatsiyasi. O'zanli, to'g'on yoni va alohida turuvchi binolar.....	69
5.3. GES derivatsion suv elitgichlari. Bosimli va bosimsiz suv elitgichlar.....	75

5.4. GES bosimli hovuzlari va sutkali boshqariladigan hovuzlar.....	78
5.5. Turbina suv elitgichlari.....	83
5.6. Bosimli suv elitgichlarda gidravlik zarba.....	87
6-bob. GES texnik iqtisodiy ko'rsatgichlari va ekspluatatsiyasi.....	92
6.1. GES yiriklashtirilgan texnik iqtisodiy ko'rsatgichlari.....	92
6.2. Hidroelektrostansiyalardan foydalanish va uning asosiy muammolari.....	93
Ilovalar.....	98
Adabiyotlar.....	115

Оглавление

Предисловие

Глава 1. Гидроэнергетика Узбекистана.

- 1.1. История, этапы и перспективы развития.
- 1.2. Электрификация как основы технического и культурного прогресса.

Глава 2. Гидравлическая энергия и способы ее использования.

- 2.1 . Гидроэнергетические ресурсы
- 2.2 . Принципы использование водной энергии. Параметры ГЭС.
- 2.3 . Схемы использование энергетических ресурсов.
- 2.4 . Понятие о гидроаккумулирующих и гидротурбонасосных станциях.

Глава 3. Водохозяйственные и водноэнергетические расчеты.

- 3.1. Понятие о водноэнергетических расчетах ГЭС.
- 3.2. Электрические системы.

Глава 4. Оборудование ГЭС.

- 4.1. Гидравлические турбины.
- 4.2. Реактивные турбины.
- 4.3. Активные турбины.
- 4.4. Основные части реактивных турбин.
- 4.5. Испытание турбин. Характеристики турбин.
- 4.6. Выбор турбин, генераторов и автоматического регулятора.
- 4.7. Кавитация гидротурбин.

Глава 5. Гидроэнергетические узлы.

- 5.1. Классификация гидроузлов. Схемы компоновки сооружений плотинных, деривационных и смешанных гидроузлов.
- 5.2. Классификация зданий ГЭС. Здания русловые, приплотинные и обособленные.
- 5.3. Деривационные водоводы ГЭС. Напорные и безнапорные водоводы.
- 5.4. Напорные бассейны ГЭС и бассейны суточного регулирования.
- 5.5. Турбинные водоводы ГЭС.
- 5.6. Гидравлический удар в напорных водоводах

Глава 6. Техничо – экомические показатели и эксплуатация ГЭС.

6.1. Укрупненные технико – экомические показатели ГЭС.

6.2. Эксплуатация гидроэлектростанций.

Приложения

Литература

Table of Contents

Foreword

Chapter 1. Hydropower Uzbekistan.

1.1. History, stages and the prospects for development.

1.2. Electrification as a basis for technical and cultural progress.

Chapter 2. The hydraulic energy and ways to use it.

2.1. Hydropower

2.2. The principles of the use of water power. Options GES.

2.3. Schemes use of energy resources.

2.4. The notion of pumping stations and gidroturbonasosnyh.

Chapter 3. Water and vodnoenergeticheskie calculations.

3.1. Pokatie of GES hydro calculations.

3.2. Electrical system.

Chapter 4. Equipment GES.

4.1. Hydraulic turbines.

4.2. Jet turbines.

4.3. Active turbines.

4.4. The main part of jet turbines.

4.5. The test turbine. Specifications turbines.

4.6. Selection of turbines, generators and automatic regulator.

4.7. Cavitation hydraulic.

Chapter 5. Hydropower nodes.

5.1. The classification of dams. Scheme komponovni dam construction, and mixed derivatsionnyh dams.

5.2. Classification GES buildings. Buildings Ruslovye, priplotinnye and distinct.

5.3. GES Derivatsionnye waterways. Beznapornye pressure and culverts.

5.4. Pressure HPP pools and swimming pools daily management.

5.5. Turbine culverts GES.

5.6. Hydraulic pressure in the water blow

Chapter 6. Tech-ekonomicheskie performance and operation of hydroelectric power stations.

6.1. Enlarged technology-ekonomicheskie indicators GES.

6.2. The operation of hydroelectric power.

Appendices

Literature