

## **7-amaliy mashg'ulot.**

### **Turbinalar, Gidravlik uzatmalar, Gidravlik transformatorlar**

#### ***7.1. Gidravlik turbinalarning sinfiy guruhlari***

Gidravlik turbinalarda suv oqimining energiyasidan foydalanish usuli ulardagi ishchi g'ildirakdan suvning oqib o'tish turi va ishchi organlar konstruksiyalari boyicha sinflarga bo'lish mumkin (1-jadval).

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

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

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

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

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

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

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

O'qiy turbinalar 95 metrgacha, diagonal turbinalar 170 metrgacha, radial o'qiy turbinalar 800 metrgacha bo'lgan nabor qiymatlarida ishlatilishi mumkin. Bu turbinalar ishchi g'ildiraklari diametrlari 10 – 12 metrgacha bo'lishi mumkin.

7.1-jadval

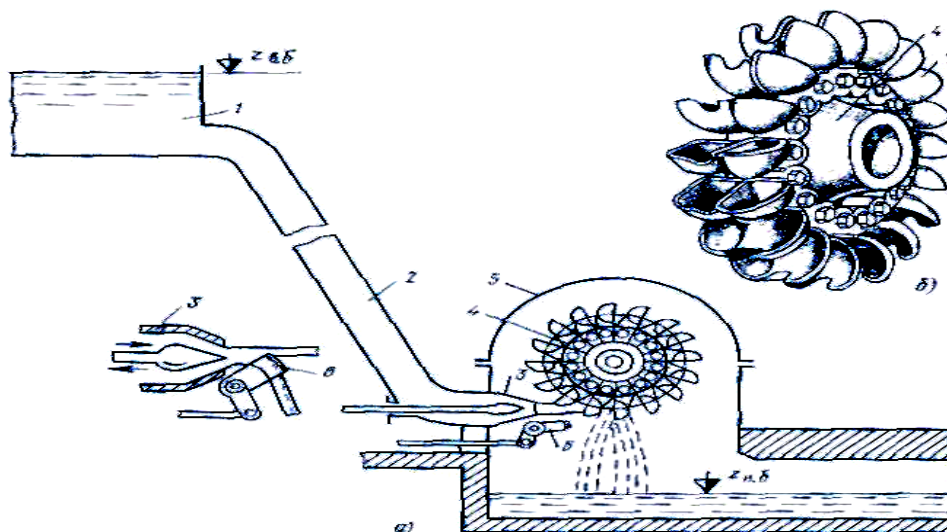
Turbina turi	Turbina tizimi		Turbina markasi	Napor, m	Ishchi g'ildirak diametri, m
	Asosiy belgisi	Qo'shimcha belgisi			
Reaktiv	O'qiy	Gorizontal	PLGK 7, 15, 20, 25		
		Vertikal parrakli va parrakli-burilmali	PL 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	3 – 95	1,8 – 12
	Diagonal	Vertikal parrakli va parrakli-burilma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

## 2. *Gidroturbinalar tuzilishi.*

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

Ish prinsipi nuqtai-nazaridan gidroturbinalarni ikki turga bo'lish mumkin:

a) aktiv turbinalar, bu turdagi turbinalarda oqimning faqat kinetik energiyasidan foydalaniladi (7.1-rasm).



7.1-rasm. a) Aktiv cho'michli turbina qurilmasining sxemasi; b) ishchi g'ildirak:

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

Yuqori b'yefdan 1 quvur 2 orqali berilayotgan suv oqimi soplo 3 orqali chiqib ishchi g'ildirakning cho'michlariga 7 kelib tushadi va g'ildirakni aylantiradi. Kelib tushayotgan suv oqimining miqdorini rostlash yoki kerak bo'lganda suv yo'lini to'liq to'sish uchun soplning ichidagi rostlovchi ignadan foydalaniladi. Zarurat tug'ilganda suv oqimining yo'nalishini tez o'zgartirish uchun buruvchi moslamadan foydalaniladi. Aktiv turbinalarda ishchi g'ildirak gorizontal yoki vertikal holda joylashishi mumkin.

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

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

O'qiy turbinalar ikki xil bo'ladi:

a) vertikal parrakli va parrakli-burilma.

b) gorizontal kapsulali.

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

a) vertikal o'qli;

b) gorizontal o'qli.

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

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

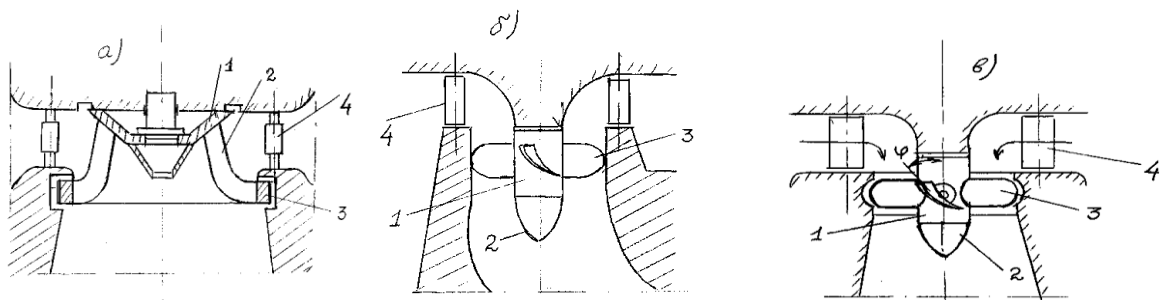
Gidroturbinalarining radial-o'qiy, propeller va parrakli-buriluvchi kabi turlarini ko'rib chiqamiz.

Radial-o'qiy turbinalarda suv oqimi ishchi g'ildirakka kirishda radial yo'nalishda xarakatlanadi. Bunday turbinaning ishchi g'ildiragi stupisa 1 va obod 3 aylanasi boylab bir xil masofada joylashgan parraklardan 2 iborat (5-rasm,a). Ushbu uchala element bitta umumiy yaxlit konstruksiyani tashkil qiladi. Parraklar soni 9 tadan 21 tagacha bo'lishi mumkin. Turbina napori parraklar soniga qarab oshib boradi. Ishchi g'ildirak oldida yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Uning asosiy vazifasi turbina suv sarfini o'zgartirish va parraklarga suv oqimini to'g'ri yo'naltirib berishdan iboratdir.

Propeller turbinalar ishchi g'ildirak 1 va undagi vtulka 2, xamda  $\varphi$  burchak ostida o'rnatilgan parraklardan 3 iborat (5-rasm, b). Suv oqimi parraklarga o'q boylab yo'naltirilganligi uchun bunday turbinalar o'qiy turbinalar deyiladi. Bu turbinalarda ham yuqorida keltirilgan vazifalarni bajarish uchun yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Parraklar soni 3 tadan 8 tagacha.

Parraklari buriluvchi turbinalar propeller turbinalardan parraklarining 3 o'z o'qi atrofida burilishi bilan farq qiladi (5-rasm, v). Turbina quvvatini yo'naltiruvchi apparat 4 ochilish darajasi va parrak burilish burchagi  $\varphi$  ga bog'liq ravishda o'zgartirish mumkin.

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



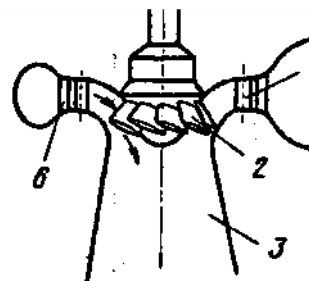
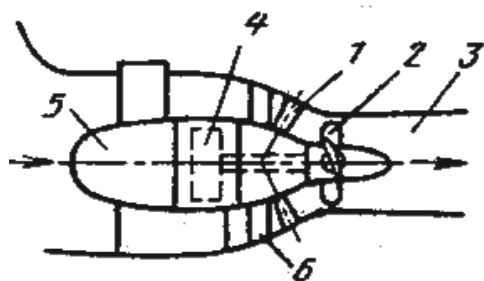
7.2-rasm. Reaktiv turbinalar. a) radial-o'qiy; b) propeller; v) parrakli-buriluvchi.

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

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

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

Gorizontal kapsulali turbinalar ham o'qiy turbinalar qatoriga kiradi. Bu turbinalarda gidrogenerator 4 maxsus kapsula (kojux) 5 ichiga, kapsula esa suv oqimining o'rtasiga joylashadi (6-rasm, a). Diagonal turbinalar o'qiy turbinalarning



yuqori napor qiymatlarida ishlashini ta'minlashga mo'ljallangan (6-rasm, b).

a)

b)

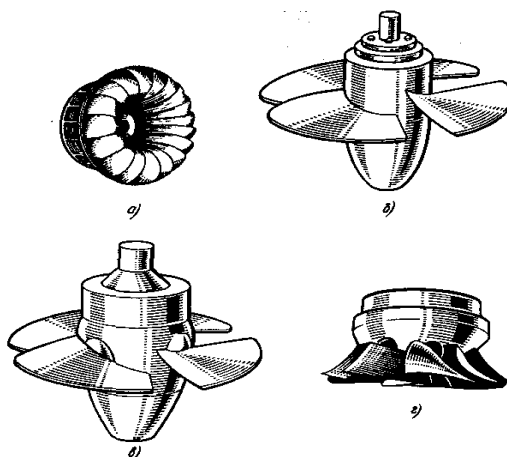
7.3-rasm. Gorizontal kapsulali (a) va diagonal (b) turbina:

1 – yo'naltiruvchi apparat; 2 – ishchi g'ildirak; 3 – so'rish quvuri; 4 – generator;

5 – kapsula (kojux); 6 – turbina statori.

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

Gidravlik turbinalarning eng asosiy elementi ishchi g'ildirakdir. Ishchi



g'ildiraklar har xil turlari 7-rasmda keltirilgan.

7.4-rasm. Reaktiv turbinalarning ishchi g'ildiraklari:

a) radial – o'qiy; b) propeller; v) parrakli – buriluvchi; g) diagonal.

### **3. *Gidravlik turbinalarning asosiy parametrlari.***

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

Gidroturbina naporini quyidagi turlarda bo'lishi mumkin:

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

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

Minimal naporda turbinaning uzoq vaqt ishlashi kafolatlanadi.

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

$$H_{\check{y}P.B} = \frac{\sum N_i \cdot H_i \cdot \Delta t_i}{\sum N_i \cdot \Delta t_i}; \quad \text{m} \quad (1)$$

Ishga tushirish nabori birinchi agregatning foydalanishga topshirilishida hisobga oinadi.

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

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

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

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

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q}{Q_x^1 \cdot \sqrt{H_x}}}; \quad \text{m} \quad (2)$$

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

$N_x$  – hisobiy napor, m.

$Q$  – turbinaning maksimal suv sarfi,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Turbina quvvati quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_x \cdot \eta_T, \quad \text{kVt} \quad (3)$$

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

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

$N_x$  – turbina hisobiy nabori, m

$\eta_T$  – turbina FIK, bu qiymat tajribalar yo'li bilan aniqlanadi.

$$\eta_T = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (4)$$

$\eta_g$  – turbinaga kirish qismidan boshlab so'rish quvuridan chiqishgacha bo'lgan masosfadagi gidravlik napor yo'qolish qiymatini hisobga oluvchi FIK.

$\eta_m$  – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi FIK.

$\eta_x$  – suv hajmining yo'q olishini hisobga oluvchi FIK.

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

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

$$n = \frac{n_x^3 \cdot \sqrt{H_x}}{D_1}; \quad \text{ayl/min} \quad (5)$$

bunda  $n$  – turbina aylanish chastotasi, ayl/min

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

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

### **3. *Gidroturbinalar xarakteristikalari.***

Gidroelektrostansiyalarni loyihalashda, ularni ishlatish samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi tadbirlarni qo'llashda turbinalar haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lish lozim. Bu ma'lumotlar grafik holdagi deyarli barcha rejimlarga mos bo'lgan barcha kerakli parametrlarni aks ettirgan xarakteristikalarda beriladi.

Gidroturbinaning asosiy parametrlari  $Q$ ,  $N$  va  $\eta$  asosan uning geometrik, kinematik, gidravlik faktorlari bilan belgilanadi. Masalan, turbina suv sarfi bilan uni belgilovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan parametrlar orasidagi funksional bog'lanishni shunday ifodalash mumkin:

$$Q = f(D_1, a_0, H, N) \quad (6)$$

Xuddi shuningdek  $N$  va  $\eta$  uchun mos bog'lanishni keltirish mumkin.

$$N = f(D_1, a_0, H, n) \quad (7)$$

$$\eta = f(D_1, a_0, H, n) \quad (8)$$

Buriluvchi parrakli burbinalar uchun asosiy ko'rsatkichlarni belgilovchi to'rtta parametr yoniga yana bitta, ya'ni parraklarning buralishi (o'rnatilishi) burchagi  $\varphi$  ham qo'shiladi.

$$Q, N, \eta = f(D_1, a_0, H, n, \varphi) \quad (9)$$

Lekin bir-biriga bog'liq bo'lmagan to'rtta yoki beshta o'zgaruvchi qiymatning funksional grafigini qurish mumkin emas.

Shu sababli xarakteristikalarini qurishda o'zgaruvchan parametrlarning bir qismi o'zgarmas qilib qabul qilinadi.

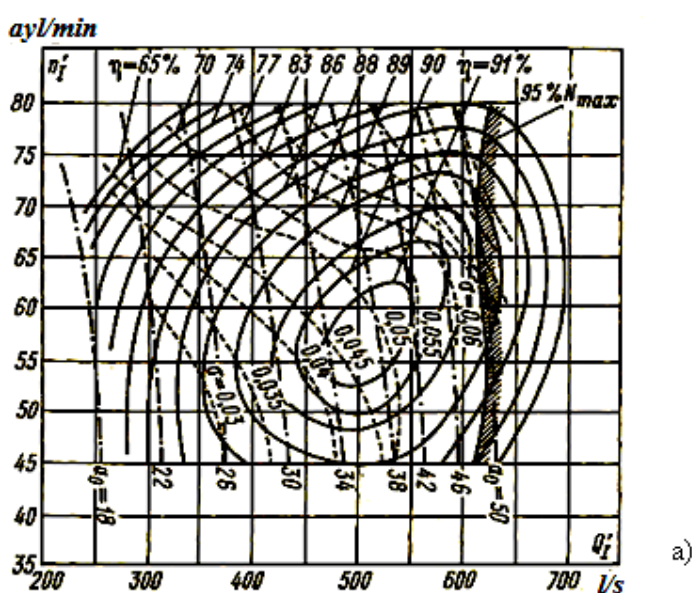
Gidroturbina xarakteristikalari uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin: bosh universal xarakteristika, ekspluatasiya xarakteristikasi va ishchi xarakteristika.

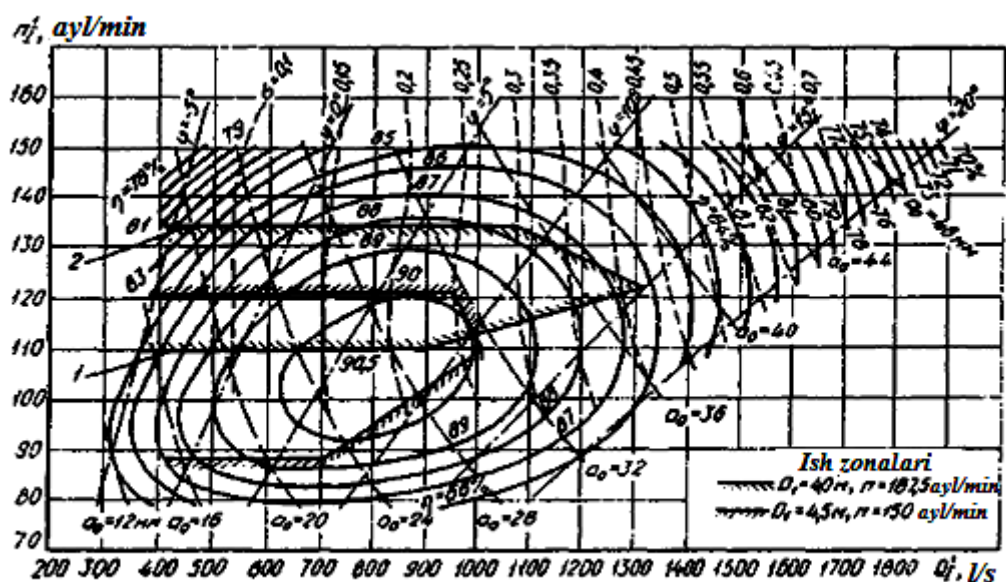
Bosh universal xarakteristika gidroturbinalar uchun eng ko'p qo'llaniladigan xarakteristika hisoblanadi. Bu xarakteristika  $D_1=1,0$  m va  $N = 1,0$  m qiymatlari uchun keltirilgan aylanishlar soni va suv sarfi  $n^1_1$  va  $Q^1_1$  koordinatalarida model turbina tadqiqotlari natijalari asosida quriladi (1-rasm).

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

Gidroturbinaning ekspluatasiya xarakteristikasi ishchi g'ildirak diametri  $D_1$  va aylanishlar sonining  $n$  doimiy qiymatlari asosida ko'rilgan  $\eta = f(H, N)$  grafiklaridan iborat (2-rasm).

Ekspluatasiya xarakteristikasi  $H$  va  $N$  koordinatalarida FIKning va so'rish balandligining  $H_s$  teng qiymatlari chizig'i aks ettiriladi. Ekspluatasiya xarakteristikasi gidroturbinaning asosiy texnik hujjati bo'lib, uning energetik va kavitasion sifatlarini har xil napor va quvvat qiymatlarida belgilab beradi. Bu xarakteristika bosh universal xarakteristika asosida quriladi va unda generator quvvati bo'yicha chegara chizigi vs, hamda turbina quvvati bo'yicha av chizig'i ko'rsatiladi.



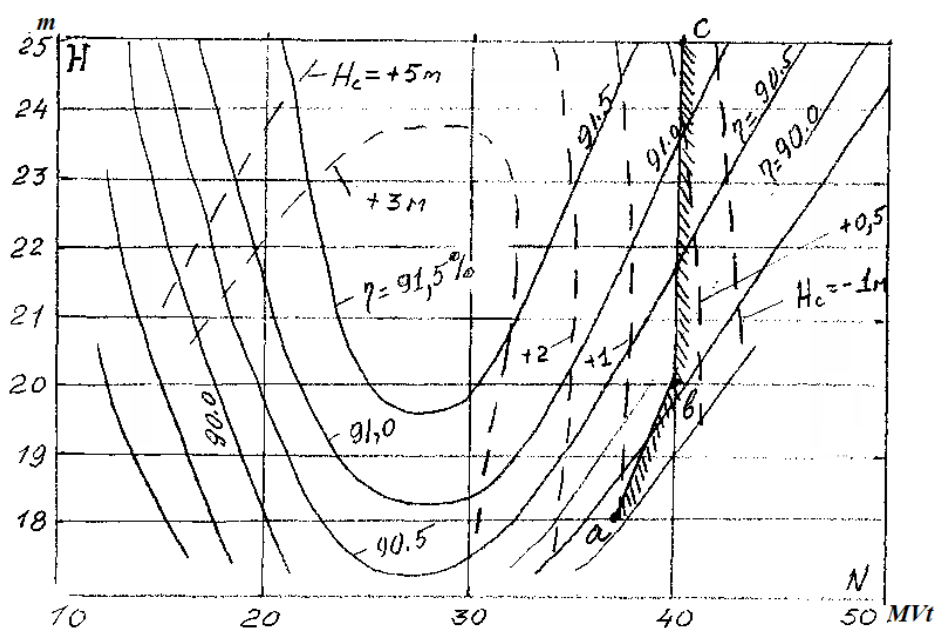


b)

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

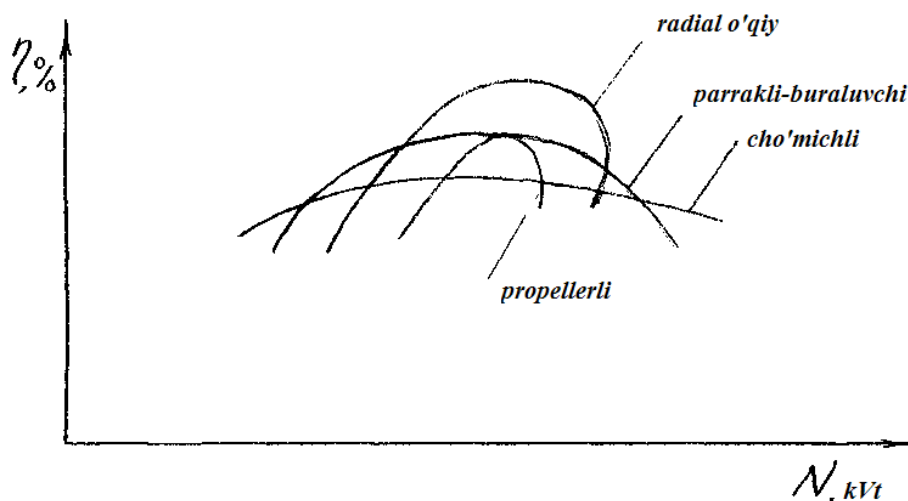
1-rasm. Turbinalar bosh universal xarakteristikalari:

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



2-rasm. Turbinaning ekspluatatsiya xarakteristikasi.

Turbinaning ishchi xarakteristikalari sifatida o'zgarmas napor qiymatidagi bog'lanishlar  $\eta = f(N)$ ,  $\eta = f(Q)$  tushuniladi (3-rasm)



3-rasm. Turbinaning ishchi xarakteristikasi.

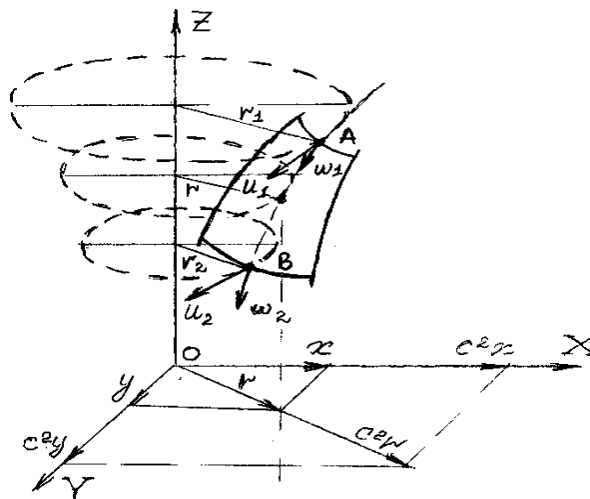
Ishchi xarakteristikani qurish uchun bosh universal xarakteristikani  $n_1^1 = \text{const}$  bo'yicha qirqib zarur egri chiziqlarni qurish mumkin.

Ishchi xarakteristikalari to'liq ma'lumotga ega emas, lekin ular oddiy ko'rinishda bo'lib, turbinalarning ba'zi bir xossalarini taqqoslash uchun xizmat qiladi.

#### 4. Hidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi

Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi uning nabori va ishchi g'ildirakdagi oqimining kinetik parametrlari o'zgarishini ifodalaydi.

Asosiy tenglamani Bernulli tenglamasidan foydalanilgan holda keltirib chiqaramiz. Buning uchun ishchi g'ildirak kanallaridan oqayotgan suyuqlikka ta'sir qilayotgan massa kuchlari bilan bog'lanishda bo'lgan potensial funksiyani ( $P$  ni) aniqlaymiz. 1-rasmda  $n$  aylanishlar chastotasi bilan aylanayotgan gidroturbina ishchi g'ildiragidagi oqim harakati tasvirlangan.



1-rasm. Hidroturbina asosiy tenglamasiga oid.

Ishchi g'ildirak parragi kirish qismidagi A nuqtadan chiqish qismidagi B nuqtaga harakat qilayotgan elementar oqimchani qarab chiqamiz. Oqimchadagi nisbiy tezlikni  $\omega$  deb belgilaymiz. G'ildirak OZ o'qi atrofida S doimiy burchak tezlik bilan aylanadi. Bunday holda suyuqlikka quyidagi massa kuchlari ta'sir qiladi: og'irlik kuchi, aylanma harakat inersiya kuchi, inersiyaning koriolis kuchi.

Massa birligiga nisbatan olingan og'irlik kuchi quyidagi proeksiyalarga ega bo'ladi.

$$F_x = F_y = 0; \quad F_z = -g. \quad (1)$$

Massa birligiga nisbatan olingan inersiya kuchi  $s^2 r$  qiymatga teng. Uning proeksiyalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$F_x = c^2 x; \quad F_u = c^2 u; \quad F_z = 0; \quad (2)$$

Bizga ma'lumki, potensialga ega bo'lgan massa kuchlari I.S.Gromeka tenglamasi boyicha quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$-dP = F_x dx + F_u dy + F_z dz; \quad (3)$$

Bu tenglamani shunday ko'rinishda yozamiz:

$$-dP = c^2 x \cdot dx + c^2 y \cdot dy - g \cdot dz; \quad (4)$$

Tenglamani integrallab quyidagi holga keltiramiz:

$$P = -c^2(x^2 + y^2)/2 + g \cdot z + C \quad (5)$$

$$1\text{-rasmdan ko'rinib turibdiki, } r^2 = x^2 + y^2, \text{ unda } P = g \cdot z - c^2 r^2/2 + C \quad (6)$$

Koriolis kuchi vektori oqim harakati nisbiy tezligi vektoriga perpendikulyar bo'lganligi uchun uning proeksiyasi nolga teng.

Potensialga ega bo'lgan massa kuchlari ta'sir qilayotgan, siqilmaydigan, yopishqoq bo'lmagan suyuqlikning harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi [5]:

$$P + \frac{\rho}{2} \omega^2 = \text{const} \quad (7)$$

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

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

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

Bunday holda A va B nuqtalari joylashgan kesimlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (8)$$

Bu formulani shunday ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B}; \quad (9)$$

bunda  $\sum \Delta h_{A-B}$  A va B nuqtalari orasidagi suv yo'lida napor yo'qolish qiymati.

Yuqoridagi tenglama nisbiy tezlik o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan energiya o'zgarishini ifodalaydi. Bundan tashqari bizga ma'lumki, mutloq tezlik o'zgarishini hisobga oluvchi tenglama yuqoridagi kesimlar uchun quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E_1 - E_2 = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{g_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 - \frac{g_2^2}{2g}; \quad (10)$$

Ma'lumki  $E_1 - E_2 = N_T$

$$\text{Unda } N_T = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g}; \quad (11)$$

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

$$N_T = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (12)$$

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

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

$$N_T \cdot \eta_g = \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g}; \quad (13)$$

Bizga ma'lumki, tezliklar uchburchagi boyicha

$$\omega^2 = u^2 + g^2 - 2u \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (14)$$

Bu holda (13) quyidagi ko'rinishga keladi.

$$N_T \cdot \eta_e = \frac{1}{g} (u_1 \cdot g_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 \cdot g_2 \cdot \cos \alpha_2) \quad (15)$$

Bu tenglama Eyler tenglamasi deb nom olgan. Tenglama gidroturbina naporining ishchi g'ildirakka kirish va undan chiqishdagi tezliklar uchburchagiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Demak, ishchi g'ildirak shakli va o'lchamlari turbina napori qiymatini belgilaydi. O'qiy turbinalarda  $u_1 = u_2$  chunki  $r_1 = r_2$ , demak bu turbinalar napori faqat mutloq va nisbiy tezliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Bundan xulosa qilish mumkinki, o'qiy turbinalarda napor katta bo'lishi mumkin emas, chunki mutloq va nisbiy tezliklar oshishi napor yuqolishining oshishiga olib keladi. Aylana tezliklar  $u_1$  va  $u_2$  orasidagi farqning oshishi  $N$  ning katta bo'lishiga asos bo'ladi.

Shu sababli yuqori naporli gidroturbinalarda  $D_1/D_2$  qiymati oshib boradi.

## **5. Gidroturbinalarni modellashtrish. O'xshashlik mezonlari.**

Hozirgi zamon turbinalari yirik o'lchamlarga ega, masalan ularning ishchi g'ildiragi diametrlari 10 - 12 metrgacha yetadi. Gidroturbinalar o'lchamlarini aniqlash uchun nazariy tadqiqotlar va hisoblar natijalari yetarli emas. Shu sababli gidroenergetik mashinalarni loyihalashda modellardagi tajribaviy tadqiqotlar haqiqiy gidromashinaning o'lchamlarini aniqlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Buni amalga oshirish uchun o'xshashlik nazariyasiga asoslangan modellashtrilgan qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Modellashtirish usullari gidroturbinalarda sodir bo'ladigan deyarli barcha jarayonlarni o'rganishga imkon beradi. Modellarda olingan natijalarni tabiiy holatdagi gidroturbinalarga ko'chirish uchun uchta shartni bajarish talab qilinadi.

Bu shartlar suyuqlik oqimida sodir bo'ladigan mexanik jarayonlar o'xshashligi nazariyasidan kelib chiqadi va quyidagicha ifodalanadi.

1) geometrik o'xshashlik sharti. Bu shartni bajarish uchun turbina suv oqish qismning barcha elementlarining geometrik o'lchamlari uning modelining

shunday o'lchamlariga proporsional bo'lishi talab qilinadi. Bunda ikkala taqqoslanayotgan turbinalar suv oqish qismining g'adir-budirlik koeffitsiyenti teng bo'lishi zarur. Geometrik o'xshashlik miqiyosi (ko'lami) sifatida haqiqiy (tabiiy) turbina ishchi g'ildiragi diametrining model turbina ishchi g'ildiragi diametriga nisbatan qabul qilinadi, ya'ni

$$\lambda = \frac{D_1^x}{D_1^m}; \quad (16)$$

2) kinematik o'xshashlik sharti. Bu shartning bajarilish talabi shundan iboratki, turbina va uning modeli suv oqish traktining mos nuqtalardagi bir xil nomdagi tezliklar vektori bitta yo'nalishga va proporsional qiymatlarga ega, ya'ni shu nuqtalarda tezliklar taqsimoti bir xil bo'lishi kerak. Shunday rejimlar izogonal rejimlar deb ataladi.

3) dinamik o'xshashlik sharti. Bu shartning bajarilishi uchun geometrik o'xshash bo'lgan turbina va modeldagi izogonal rejimlarda mos nuqtalarga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning proporsional qiymatlarga ega bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun quyidagi mezoniy sonlar teng bo'lishi kerak.

a) ishqalanish kuchlari uchun Reynol'ds soni

$$Re = \vartheta \cdot D_1 / \gamma \quad (17)$$

Bunda,  $\vartheta$  - mos nuqtalardagi oqim tezligi, m/s

$D_1$  – ishchi g'ildirak diametri, m

$\gamma$  - suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti.

b) og'irlik kuchi uchun Frud soni

$$Fr = \vartheta^2 / g \cdot D_1 \quad (18)$$

v) bosim kuchi uchun Eyler soni

$$Eu = \Delta P / \rho \cdot \vartheta^2 \quad (19)$$

Bunda,  $\Delta P$  - bosimning o'zgarish qiymati.

g) inersiya kuchi uchun Struxal soni

$$St = \vartheta / n \cdot D_1 \quad (20)$$

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

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

Reynol'ds soni teng bo'lishi uchun oqimda ishqalanish va inersiya kuchlarining proporsionalligi ta'minlanishi kerak. Agar bunda gidroturbina naporini hisobga olsak,

$$Re = \frac{D_1 \cdot \sqrt{H}}{\gamma} \quad (21)$$

Demak, Re ni hisobga olish H ni aniqlashda napor yo'qolish qiymatlarini modellashtirish muhim ahamiyatga ega.

Frud sonlarining tengligi og'irlik va inersiya kuchlarining proporsionalligi bilan ta'minlanadi. Bunga amal qilish aktiv turbinalarda og'irlik kuchi asosiy hisoblangan yuzasi oqimlarini tadqiq qilishda bajariladi.

$$Fr = \frac{H}{D_1 \cdot g}; \quad (22)$$

Struxal soni asosan gidroturbinalardagi noturGun rejimlarni, o'tkinchi jarayonlarni tadqiq qilishda asosiy hisoblanadi. Struxal sonlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$St = \frac{\sqrt{H \cdot g}}{n \cdot D_1}; \quad (23)$$

Eyler sonlarining tengligini ta'minlash uchun bosim va inersiya kuchlarining proporsionalligiga erishish kerak.

Agar Re va St sonlarining tengligi gidroturbina va uning modelidagi oqimlarda ta'minlansa, unda Eu tengligi ham ta'minlanadi.

Eyler sonini quyidagicha xisoblash mumkin:

$$Eu = \frac{g \cdot H \cdot D_1^2}{Q^2} \quad (24)$$

## ***6. O'xshashlik tenglamalari. Gidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari.***

Gidroturbinalar o'lchamlarining o'zgarishi ularning asosiy tavsifiy ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qilishini uxshashlik tenglamalari yordamida qiyoslash mumkin.

O'xshashlik tenglamalari geometrik, kinematik, gidrodinamik o'xshashlik shartlarining bajarilishi natijasida kelib chiqadi.

Ishchi g'ildiragi diametrlari  $D_1^I$  va  $D_1^{II}$  bo'lgan gidroturbinalar ish rejimlari o'xshash bo'lganda ularning asosiy parametrlari n, Q va N o'rtasidagi bog'lanish qanday bo'lishini ko'rib chiqamiz.

Geometrik o'xshash turbinalarning izogonal rejimlarida tezlik parallelogrammi va uchburchaklari o'xshash bo'ladi, ya'ni

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{\omega_1^1}{\omega_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{g_2^1}{g_2^{11}} = \frac{\omega_2^1}{\omega_2^{11}}; \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \alpha_1^1 &= \alpha_2^{11}; & \beta_1^1 &= \beta_1^{11}; & \delta_1^1 &= \delta_1^{11}; \\ \alpha_2^1 &= \alpha_2^{11}; & \beta_2^1 &= \beta_2^{11}; & \delta_2^1 &= \delta_2^{11}; \end{aligned} \quad (26)$$

Bunda harflardagi <sup>1</sup> va <sup>11</sup> belgilar taqqoslanayotgan turbinalarning mos belgilaridir. Bizga ma'lumki quyidagini yozishimiz mumkin.

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{\pi \cdot D_1^1 \cdot n_1^1}{\pi \cdot D_1^{11} \cdot n_1^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n_1^1}{D_1^{11} \cdot n_1^{11}}; \quad (27)$$

Mutloq tezliklar nisbatini quyidagi formuladan foydalangan holda aniqlaymiz:

$$g = g_{1m} / \sin \alpha_1 \quad (28)$$

Bunda  $g_{1m}$  ni (3.25) bo'yicha aniqlash mumkin. Unda quyidagi belgilanishga ega bo'lamiz:

$$\frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{g_{1m}^1 / \sin \alpha_1^1}{g_{1m}^{11} / \sin \alpha_1^{11}} = \frac{g_{1m}^1}{g_{1m}^{11}} = \frac{Q^1 / \pi \cdot D_1^1 \cdot b_1^1}{Q^{11} / \pi \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}} = Q^1 \cdot D_1^1 \cdot b_1^1 / Q^{11} \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}; \quad (29)$$

Gidroturbinalar geometrik o'xshash bo'lganligi uchun

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

U holda shunday yozishimiz mumkin:

$$\frac{g_1^1}{g_1^{11}} = \frac{Q^1 (D_1^1)^2}{Q^{11} (D_1^{11})^2}; \quad (30)$$

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

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

$$\text{Yoki } \frac{Q^1}{n^1 (D_1^1)^3} = \frac{Q^{11}}{n^{11} (D_1^{11})^3}; \quad (31)$$

Bu bog'lanishni umumlashtirib quyidagi holga keltiramiz:

$$\frac{Q}{n \cdot D_1^3} = \text{const} \quad (32)$$

Endi gidroturbinalar naporlari orasidagi o'zgarishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun (3.46) da berilgan Eyler formulasidan foydalanamiz.

Taqqoslanayotgan gidroturbinalar uchun bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$H^1 \cdot \eta^1_{\varepsilon} = \frac{1}{g} (u_1^1 \cdot g_1^1 \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^1 g_2^1 \cdot \cos \alpha_2^1) \quad (33)$$

$$H^{11} \cdot \eta^{11}_{\varepsilon} = \frac{1}{g} (u_1^{11} \cdot g_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^{11} - u_2^{11} \cdot g_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (34)$$

(3.60), (3.61) va (3.62) boyicha yozishimiz mumkin:

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

Demak,  $\cos \alpha_1^1 = \cos \alpha_1^{11}; \cos \alpha_2^1 = \cos \alpha_2^{11};$

Bunday holda tezliklar qiymati

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

Olingan qiymatlarni (33) ning o'ng tomoniga joy-joyiga qoyamiz.

$$\text{Unda } H^1 \cdot \eta^1_{\varepsilon} = \frac{1}{g} \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 (u_1^{11} \cdot g_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^{11} \cdot g_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (35)$$

$$(35) \text{ ni } (34) \text{ga bo'lamiz} \quad \frac{H^1 \eta^1_{\varepsilon}}{H^{11} \eta^{11}_{\varepsilon}} = \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 \quad (36)$$

Demak, aylanishlar chastotasi nisbatlarini oladigan bo'lsak,

$$\frac{n^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{D_1^1} \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta_z^1}{H^{11} \cdot \eta_z^{11}}} \quad (37)$$

(32) va (37) lardan foydalanib  $Q^I/Q^{II}$  ni aniqlash mumkin.

$$\frac{Q^1}{Q^{11}} = \left( \frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta_z^1}{H^{11} \cdot \eta_z^{11}}} \quad (38)$$

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

$$\frac{N^1}{N^{11}} = \left( \frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\left( \frac{H^1 \cdot \eta_z^1}{H^{11} \cdot \eta_z^{11}} \right)^3} \quad (39)$$

(37), (38) va (39) formulalari o'xshashlik tenglamalari deb ataladi va o'xshash turbinalarning parametrlarini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Lekin bu tenglamalardan shu holatda foydalanish bir muncha noqulayroq, shu sababli turbinalarni tavsiflash uchun ixchamlashtirilgan, umumiy standart sharoitga keltirilgan ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Standart sharoit sifatida  $N = 1\text{m}$  va  $D_1 = 1\text{m}$  qabul qilinadi. Demak, gidroturbinaning boshqa ko'rsatkichlari  $Q$  va  $n$  shu holatga nisbatan keltirilgan deb hisoblanadi ya'ni  $n_I$  – keltirilgan aylanishlar chastotasi,  $Q_I$  – keltirilgan suv sarfi (37) va (38) dan foydalanib, hamda FIK qiymatlari o'zgarmaydi deb faraz qilsak,

$$\frac{n_1^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{1} \sqrt{\frac{1}{H^{11}}} ; \quad \frac{Q_1^1}{Q^{11}} = \left( \frac{1}{D_1^{11}} \right)^2 \sqrt{\frac{1}{H^{11}}} ; \quad (40)$$

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

$$n_I = \frac{n \cdot D_1}{\sqrt{H}} \quad (41)$$

$$Q_1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (42)$$

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

$$N_1 = \frac{N}{D_1^2 \cdot \sqrt{H^3}}; \quad (43)$$

Keltirilgan ko'rsatkichlarning qiymatlari o'xshash rejimlarda bir xil bo'ladi, ularning o'lchov birligi  $(\text{m}/\text{sek}^2)^{1/2}$  bo'lsada, shartli ravishda ularning o'lchov birliklari aylanishlar soni uchun ayl/ min, suv sarfi uchun  $\text{m}^3/\text{s}$ , quvvati uchun kVt qilib qabul qilingan.

Gidroturbina samaradorligini ko'rsatuvchi parametrlardan biri tezkorlik koeffitsiyentidir. Tezkorlik koeffitsiyenti turbinalarning tavsifiy ko'rsatgichi bo'lib, napor, quvvat va aylanishlar soniga bog'liq.

Tezkorlik koeffitsiyenti 1 kVt quvvatga ega bo'lgan turbinaning 1m napor qiymatidagi aylanishlar sonidir.

$$n_s = 1,167 \cdot n \frac{\sqrt{N}}{H \cdot \sqrt{H}}; \quad (44)$$

Bunda  $N$  – gidroturbina quvvati, kVt,  $N$  – napor, m

Tezkorlik koeffitsiyenti maksimal quvvat rejimlari uchun hisoblanadi.

Har xil turdagi turbinalar uchun tezkorlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega bo'ladi:

O'qiy parrakli – buraluvchi - 400 – 1000

Diagonal parrakli – buraluvchi - 200 – 450

Radial – o'qiy - 50 – 450

Cho'michli - 20 – 50

## ***7. Gidravlik uzatmalar , Gidrouzatmalarning vazifalari, guruhlanishi, qo'llanish sohasi, afzalligi va kamchiliklari***

Hajmiy gidrouzatmalar hajmiy gidromashinalar yordami bilan mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallanganidir. Hajmiy nasos va gidrodvigateldan tuzilgan qurilma hajmiy gidrouzatmaning prinsipial asosi hisoblanadi. Agar nasos va gidrodvigatel qurilishi jihatdan bo'inmaydigan birikma tashkil qilsa, unda bunday sodda gidrouzatma hajmiy gidrouzatma deyiladi. Agar kuch gidrosistemi alohida

nasoslar, gidrodvigatellardan tashkil topgan bo'lib, gidroapparat elementlari, yordamchi qurilmalarga ega bo'lsa, bunday gidrosistemani ham hajmiy gidrouzatma deb atash qabul qilingan. Shunday qilib, hajmiy gidrouzatmalarga oddiy gidravlik sistemalar kiradi. Ular mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun xizmat qiladilar. Mashinalar va ishlab chiqarish jarayonlarida avtomatik boshqarish qo'llanishi bilan gidravlik uzatmalarning qiymati oshib bormoqda, chunki bu xildagi uzatma bilan boshqarish oson va uni ishonchli gidroapparatura qurilmalari yordamida suyuqlik oqimiga oddiygina ta'sir etib avtomatlashtirish mumkin.

Hozirgi metallga ishlov berish stanoklarining deyarli hammasi: eng oddiy bo'ylama randalash stanoklaridan boshlab, murakkab nusxa ko'chirish stanoklarigacha hajmiy gidrouzatma bilan ta'minlangan. Shuningdek, paxta zavodlaridagi gidroresslar ham gidrouzatmalar yordamida harakatga keladi. Dvigatelning chiqish zvenosiga qarab gidrouzatmalarni ilgari lab boradigan va aylanma harakat qiladigan gidrouzatmalarga ajratiladi. Shuning uchun gidrouzatmaning nomi gidrodvigatelning turiga qarab aniqlanadi. Gidrodvigatel ishini xarakterlaydigan kattaliklarning o'zgarishi suyuqlik sarfini va dvigatel bilan nasosni ulaydigan magistraldagi bosim kattaligini o'zgartirish yo'li bilan boshqariladi.

Gidrouzatmalar boshqarilmaydigan. qo'l bilan boshqariladigan va avtomatik boshqariladigan, ergashuvchi gidrouzatmalarga ajraladi. Mavjud mexanik, elektrik, pnevmatik, kombinatsiyalangan va boshqalarga nisbatan gidrouzatmalarning quyidagi ustunliklarini ko'rsatish mumkin;

1. Kichik gabaritlarda ham katta zo'riqish va quvvat uzatishi mumkin.
2. Kuch organlarining silliq harakat qilishi ta'minlangan, tezlik va yuklanish avtomatik boshqariladi.
3. Ilgarilama-qaytma va aylanma harakatlarni tez o'zgartirishiga imkon beradi.
4. O'zgarayotgan kuchlarni bosim orqali nazorat qilish manometrlar yordamida oson amalga oshiriladi.

Yuqoridagi ustunliklar bilan bir qatorda kamchiliklari ham bor:

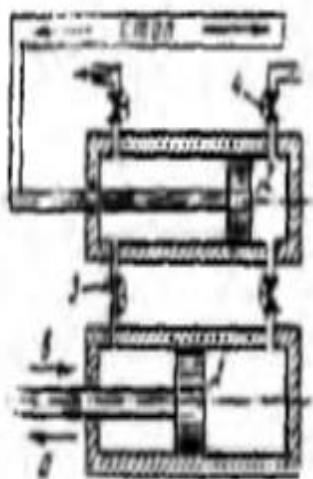
1. Gidravlik sarf yoki tezlik katta bo'lganda FIK past bo'ladi.
2. Havo tiqilib qolganda gidravlik zarbalar natijasida silkinish ro'y beradi.
3. Suyuqlikning ortib ketishi va siqilishi aniq koordinatsiyalashni qiyinlashtiradi.

### **Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi**

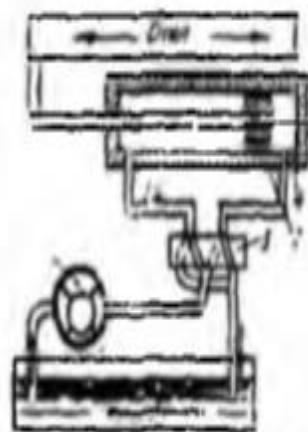
3.23-rasmda nasos porshen 1 ning ilgarilama-qaytma harakatini kuch silindridagi porshen 2 ning ilgarilama-qaytma harakatiga aylantiruvchi qurilmaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Porshen 1 strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda harakat qilganda suyuqlik kanal 3 bo'ylab keladi va porshen 2 ni bosib, stolni chapga strelka **b** bilan ko'rsatilgan yo'nalishga siljitadi. Porshen 2 ning boshqa tomonidagi silindrda bo'lgan suyuqlik kanal 4 dan chiqib ketadi. Porshen 1 strelka **a** yo'nalishi

bo'ylab harakat qilganda porshen 2 va u bilan bog'liq bo'lgan stol teskari yo'nalishda harakat qiladi.

3.24-rasmda nasos rotor 1 ning aylanma harakati kush silindri 4 dagi porshen 2 ning to'g'ri chiziqli harakatiga o'tkazilishi misol tariqasida keltirilgan. Taqsimlash qurilmasi 3 suyuqlikning porshen 6 o'ng va chap tomonidan navbat bilan berilishini boshqaradi va mos ravishda porshenning ishlayotgan tomonidagi suyuqlikning idishga qaytadan chiqib ketishini ta'minlaydi.

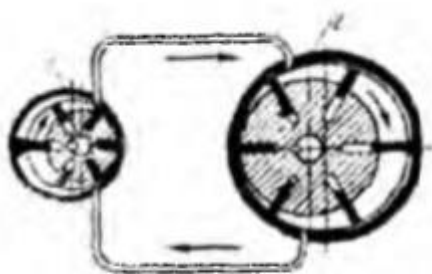


3.23 - rasm. Nasos va gidrodvigatelli  
porshenli hajmiy gidrouzatma

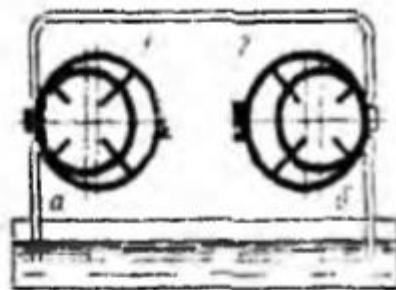


3.24 - rasm. Nasosi rotorli va  
gidrodvigatelli porshenli gidrouzatma

3.25-rasmda esa nasos rotor 1 ning aylana xarakatining gidrodvigatel rotor 2 ning aylanma xarakatiga o'zgartirish sxemasi berilgan. Bu sxemada gidrosistema ochiq bo'ladi: suyuqlik idishdan *a* truba bo'ylab so'rib olinadi va o'sha rezervuarga truba *b* bo'ylab chiqariladi. Shuningdek, hajmiy gidrouzatma sxemasi 3.26- rasmda ko'rsatilgan, unda nasos rotor 1 ning aylanma harakati gidrodvigatel rotor 2 ning aylanma harakatiga o'zgartiriladi. Bunda gidrosistema yopiq bo'ladi.



3.25 - rasm. Rotorli ochiq hajmiy  
gidrouzatma



3.26 - rasm. Rotorli yopiq hajmiy  
gidrouzatma

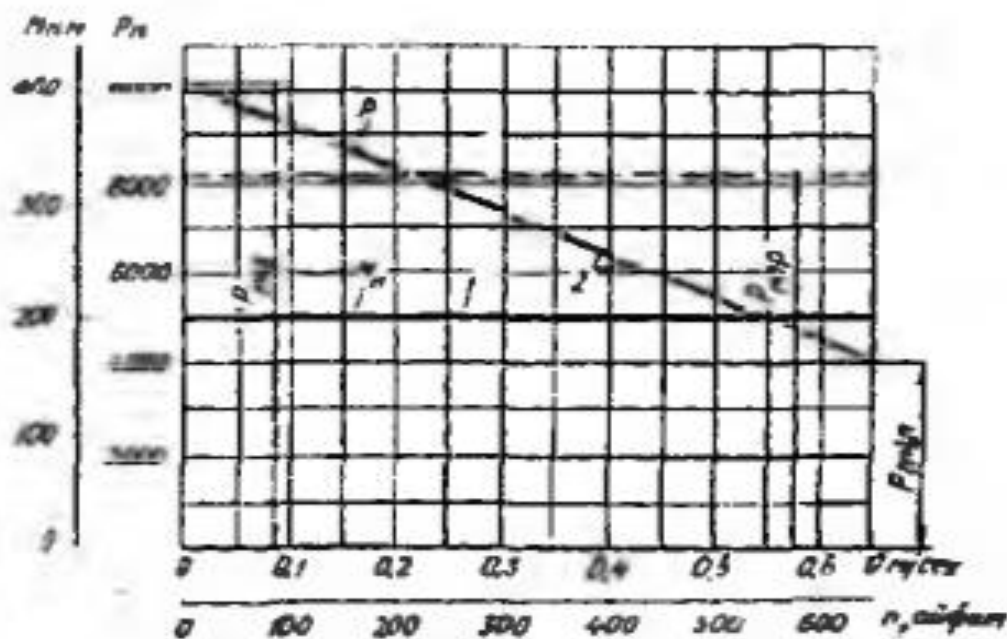
Ilgarilama-qaytma harakat qiladigan gidrouzatmalarda suyuqlikning potensial

energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda porshenli gidrosilindr sistemaning asosiy elementi hisoblanadi. Bir tomonlama harakat qiladigan kuch silindrlari faqat bir tomondan suyuqlik bosimi ta'sirida boiadi, teskari harakat esa, prujina ta'sirida amalga oshadi. Bunday silindrlarni ***bir tomonlama harakatlanuvchi*** deb atash qabul qilingan. Bular bilan bir qatorda ikki tomonlama va burilma harakatlanuvchi gidrosilindrlar ham qo'llaniladi. Burilma gidrosilindrlar ***kvadrantlar*** deyiladi. Turli xil gidrosilindrlar va rotorli gidrodvigatellar (gidromotorlar) ning sxemalari, qurilmalari va ishlash prinsiplari „Gidravlik dvigatellar" bobida ko'riladi.

### **Hajmiy gidrouzatmalarning xarakteristikalari va FIK**

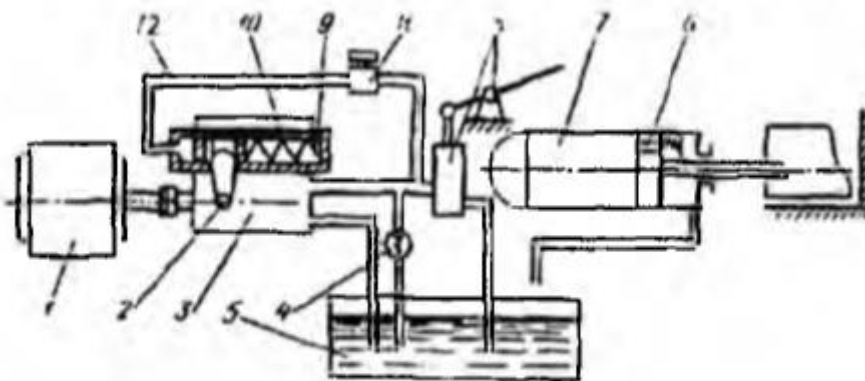
Hajmiy gidrouzatma ajoyib bir xossaga ega: yetaklovchi valdagi momentni o'zgarmas saqlagan holda. yuklanishning o'sishi bilan ish asboblardagi zo'riqishni yoki momentni kattalashtira oladi Bu xossa metallarni ishlash, yer qazish ishlari va boshqa hollarda mashinalardagi yuklanish katta oraliqda o'zgarib turishi mumkin bo'lgan va operator o'z vaqtida uning o'zgarishini hisobga olib, motorni yoki ish asboblarni yukning ortib ketishi yoki buzilishidan saqlashi zarur bo'lgan hollarda juda qimmatlidir.

. 3.29-rasmda 3.30-rasmdagi sxema bo'yicha qurilgan hajmiy gidrouzatmani tashqi xarakteristikasi tasvirlangan bunda tezlikni tartibga solish uchun nasos sarfi o'zgartiriladi. Bosimga bog'liq ravishda nasos sarfini tartibga soladigan 9,10 qurilmalar (3.30-rasmga qarang) shunday sozlangan bo'lishi mumkin, unda yetaklovchi valda moment ***Mn ning*** O'zgarmasligi ta'minlanadi.



**3.29 - rasn. Hajmiy sarfini boshqarishli hajmiy gidrouzatma**

3.29-rasmda moment  $Mn$  ning tezlikka bog'liqligi to'g'ri chiziq ko'rinishida berilgan bo'lib, tezlik o'qiga paralleldir. Biroq silindrda bosimning ortishi bilan ish organidagi qarshilik ortadi va moslagich 9 ning harakati tufayli ish organi harakatining tezligi kamayadi. Ish zvenosida zo'riqishning tezlikka bog'liqligini xarakterlovchi grafik yotiq chiziq 2 ko'rinishida bo'ladi. Chiziq 2 ning ordinata o'qidan kesgan bo'lagi  $P_{max}$  bo'ladi.



3.30 - rasim. Nasos sarfni boshqarishli hajmiy gidrozatna

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

Gidrogenerator turbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Hidrogenerator qutbli tizimga ega bo'lgan rotordan va bir xil taqsimlangan sterjenli cho'lg'amdan iborat statordan tashkil topadi.

Rotor o'z o'qi atrofida aylanganda qutblar magnit maydonini yuzaga keltiradi va bu maydon stator sterjenlari cho'lg'amini kesib o'tadi, natijada unda elektr yurituvchi kuch paydo bo'ladi. Hidrogenerator elektr tarmog'iga ulanganda stator cho'lg'ami boylab tok oqa boshlaydi va bu generatorda kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Rossiyada ishlab chiqariladigan generatorlarning markalanishi quyidagicha qabul qilingan:

$$SV \frac{1130}{250} - 48, \text{ bunda } SV - \text{sinxron vertikal: } 1130 - \text{stator uzagi (serdechnigi)}$$

diametri, sm; 250 – stator serdechnigi uzunligi, sm; 48 – qutblar soni.

Bundan tashqari gidrogeneratorning quyidagi markali ham qo'llaniladi. VGS –vertikal generator sinxron;

SVF – ko'proq sovutiladigan vertikal sinxron;

SVO – vertikal sinxron teskari aylanadigan (obratimiy);

SGK – sinxron gorizontal kapsulali.

Gidrogeneratorning aylanish tezligiga ko'ra quyidagi turlari mavjud:

a) 100 ayl/min gacha bo'lgan sekin yurar gidrogeneratorlar.

B) 100 – 200 ayl/min gacha bo'lgan o'rtacha tezlikli gidrogeneratorlar.

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

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

Gidrogeneratorning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

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

$$S = \frac{N \cdot \eta_{gen}}{\cos \varphi}; \quad (1)$$

Bunda, N – gidroturbina quvvati, kVt;

$\eta_{gen}$  – gidrogenerator f.i.k.;  $\eta_{gen} = 90 - 98,5\%$ .

Ba'zan yirik mashinalarning gabarit o'lchamlarni kamaytirish uchun  $\cos \varphi = 0,85 - 0,95$  ga teng qilib olinadi. Kapsulali gidroagregatlar uchun  $\cos \varphi = 0,98 - 1,0$ .

2. Gidrogenerator faol quvvati kVt, mVt

$$R = S \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

3. Gidrogenerator reaktiv quvvati, kvar, mvar. (var –reaktiv quvvat o'lchov birligi, vol't –amper reaktiv).

$$Q = S \cdot \sin \varphi. \quad (3)$$

To'liq quvvatni tarmoqdagi kuchlanish va tok kuchi orqali ham aniqlash mumkin.

$$S = I \cdot U \sqrt{3} \quad (4)$$

Bunda, U – kuchlanish, V, kV

I – statordagi tok kuchi, A, kA

Generatoridagi kuchlanish standart qiymatlarga ega. U = 3,15; 6,3; 10,5; 21kV

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

4. Me'yoriy aylanish chastotasi, ayl/min

$$n_0 \frac{P}{2} = 60 \cdot f \quad (5)$$

bunda,  $R$  – qutblar soni (generator rotorining)

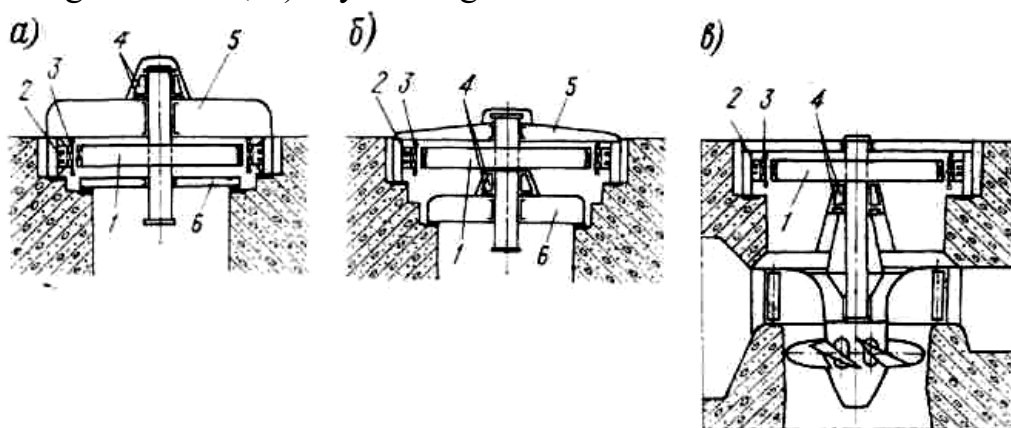
$f$  – tarmoqdagi tok chastotasi,  $f = 50\text{gs}$ . Bunday holda  $n_0 = 6000/R$  bo'lishi mumkin. Qutblar soni juft bo'ladi,  $n_0 > 24$  bo'lganda 4 karra sonlarga ega bo'ladi.

Gidrogenerator asosan ikki qismdan iborat; qo'zg'almas qism – stator, aylanadigan qism – rotor.

Gidrogenerator o'qining joylashuviga qarab vertikal, gorizontal va egilgan bo'lishi mumkin.

Vertikal gidrogeneratorlar tayanch podshipnik (podpyatnik) joylashishiga qarab ikki turga bo'linadi:

a) osma generatorlar; b) soyabonli generatorlar.



1-rasm. Vertikal gidrogenerator sxemasi:

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

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

Osma generatorlarda tayanch podshipnik generator ustida joylashadi va bu generatorlar aylanish chastotasi  $n_0 > 150$  ayl/min ga, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi. Soyabonli generatorlarda esa tayanch podshipnik generator ostida joylashadi, ularning aylanish chastotasi  $n_0 < 150$  ayl/min, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi.

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

### **Nazorat savollari**

1. Hidrogeneratorlarning turlarini aytib bering.
2. Hidrogeneratorlarning qanday parametrlari mavjud?
3. Osmo generatorlarni qabul qilish shartlarini aytib bering.
4. Generator qanday qismlardan iborat?
5. GESlarda transformatorlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
6. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulashning qanday sxemalari bor?
7. GESning yordamchi jihozlari va ularning vazifalarini aytib bering.