

**2.15-§. Nasoslar xarakteristikalarini qayta hisoblashda o'xshashlik formulalaridan foydalanish.**

Ko'p hollarda, ko'p quvvat sarf bo'lgani uchun, nasoslarni moslangan aylanish sonlarida sinab bo'lmaydi. Bunda agar ishlash sharoiti aylanish sonini o'zgartirishga imkon bersa, u berilgan aylanish sonida nasosning xarakteristikalarini tuzib, so'ngra mos aylanish sonidagi ishlash sharoitiga to'g'rilash mumkin. Nasosning bir aylanish sonidagi ishlashi, ikkinchi aylanish sonidagi ishlashiga o'xshash bo'lsa, ya'ni bu ikki holda ish g'ildirigidan chiqish kuch ushburshaklari o'xshash bo'lsa, nasos birinshi holda natura, ikkinchi holda esa model bo'lib xizmag qiladi. Shunday qilib, natura va modelning o'lchamlari bir xil bo'lgani uchun o'xshashlik formulalaridagi  $\lambda$  soni birga teng bo'ladi. Shuning uchun bu holda (13.13), (13.14), (13.15) formulalar quyidagicha yoziladi:

birinchi o'xshashlik munosabati

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (14.1)$$

ikkinchi o'xshashlik munosabati

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2, \quad (14.2)$$

uchinchi o'xshashlik munosabati

$$\frac{N_1}{N_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (14.3)$$

Bu formulalarni olishda FIK o'zgarimas deb qabul qildik. Haqiqatda ham, o'xshash nasoslarda gidravlik va hajmiy FIK deyarli o'zgar olmaydi. Sal'nik va podshipniklardagi FIK esa yuqorida aytilgandek juda kichik miqdor Shuning uchun qabul qilgan shartimiz nasoslarning xarakteristikalarini bir aylanish sonidan ikkinchi aylanish soniga o'tishda sezilarli xato bermaydi.

Olingan o'xshashlik munosabatlarini quyidagicha ta'riflanadi. Nasosning aylanishlar sonini o'zgartirganda uning xarakteristikalarini yangi o'zgarish soniga moslab, qayta hisoblash mumkin. Bunda:

- 1) sarflar aylanishlar sonlarining nisbatiga to'g'ri proporsional;

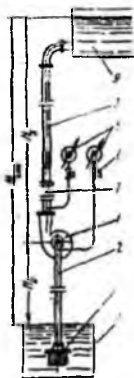
2) bosimlar aylanishlar sonlari nisbatining kvadratiga proporsional;

3) quvvatlar aylanishlar sonlari nisbatining kubiga proporsional.

Bu uchta ta'rif tajribada tasdiqlangan bo'lib, aylanishlar soni kichrayganda umumiy FIK oz miqdorda kamayadi.

## 2.16-§. Nasos qurilmasi

Nasos qurilmasi nasosning o'zi 1 dan tashqari, ta'minlovchi suv saqlagich 8 dan qabul qiluvchi sistema 9 gacha bir qancha qismlardan iborat bo'ladi (2.12-rasm). Nasos ishlaganda suyuqlik ta'minlovchi idishdan, tirkak klapan 4 va so'rish trubasi 9 orqali o'tib, nasosning ish g'ildiraklari orasiga kiradi. Nasosga kirish oldida vakuummetr 6 o'rnatilgan bo'lib, u so'rish trubasidagi siyraklanish darajasini kuzatishga yordam beradi. Nasosdan chiqishda sarfni o'zgartirish uchun xizmat qiluvchi berkitgich 7 va bosim o'lchagich manometr 5 o'rnatilgan bo'lib, suyuqlik bulardan o'tganidan so'ng haydash trubasi 3 orqali o'tib, qabul qiluvchi idishga tushadi. Tirkak klapan nasosni ishga tushirish oldidan qo'yilgan suyuqlik ta'minlovchi idishga oqib ketmasligi uchun o'rnatilgan bo'lib, turli iflosliklarning kirishidan filtr bilan himoyalangan. Ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathi bilan nasos o'rnatilgan sath orasidagi farq so'rish balandligi deyiladi va  $H_s$  bilan belgilanadi. Nasos o'rnatilgan sath bilan qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathlari farqi haydash balandligi deyiladi va  $H_h$  bilan belgilanadi. So'rish balandligi bilan haydash balandligining yig'indisi statik balandlik deyiladi va  $H_{st}$  bilan



2.12 - rasm Nasos qurilmasini tushuntirishga oid chizma

belgilanadi. So'rilish sathi geometrik balandlikka  $H_g$  teng ekanligini ko'ramiz. Nasos qurilmasida hosil qilingan bosim geometrik balandlik, so'rilish va qabul sathlaridagi bosimlar farqidan hosil bo'lgan bosim va dinamik bosimlar yig'indisidan iboratdir. Bu bosimni hisoblash formulasi nasoslarning asosiy parametrlari haqidagi bo'limda keltirilgan.

Nasos sistemasidagi qiyinchiliklardan biri nasosga kirish va chiqishdagi bosimlar farqi hisobiga nasosni o'q bo'yicha siljitishga intiluvchi kuchning paydo bo'lishi va unga qarshi kurashdir. Bu kuch nasosga kirish va chiqishdagi diametrlar ( $d_1$  va  $d_2$ ) orqali quyidagicha

hisoblanadi:

$$P_{oq} = p_2 \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_v^2) - p_1 \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_v^2) - p_2 \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) = (p_1 - p_2) \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_v^2),$$

bu yerda  $d_v$  - valning diametri..

Nasos agar ko'p bosqichli bo'lsa, tegishli bosqichlardagi kirish bosimlarini  $p_{1-1}, p_{1-2}, \dots, p_{1-n}$  chiqish bosimlarini esa  $p_{2-1}, p_{2-2}, \dots, p_{2-n}$  bilan belgilasak, o'qiy kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{oq} = \frac{\pi}{4} (p_{2-1} + p_{2-2} + \dots + p_{2-n})(d_2^2 - d_v^2) - \frac{\pi}{4} (p_{1-1} + p_{1-2} + \dots + p_{1-n})(d_1^2 - d_v^2) - \frac{\pi}{4} (p_{2-1} + p_{2-2} + \dots + p_{2-n})(d_2^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} \sum (p_{2-n} - p_{1-n})(d_1^2 - d_v^2).$$

Bundan ko'rinadiki, o'qiy bosim kirish va chiqishdagi bosimlar farqi va kirish kesimining ortishi bilan ortadi. Shu bilan birga suyuqlik sarfi ham ortadi. Bu esa nasos o'rnatilgan zaminga ta'sir qilish bilan birga ish g'ildiragini o'z holatidan siljitishga harakat qiladi. Bu kuch ush xil usul bilan muvozanatlanadi:

1) kuch kamaytirgich barabandan foydalanish (kuch kamaytirgich baraban uzaytirilgan silindr shaklidagi zichlagich bo'lib, oxirgi bosqichdagi ish g'ildiragi bilan kuch kamaytirgich kamera orasida joylashadi va val bilan birga aylanadi):

2) muvozanatlovchi disk bo'lib, u o'qiy bosimning o'zgarishini avtomatik ravishda sezadi va butun rotorning siljishi va zichlagich holatining o'zgarishiga ta'sir qiladi;

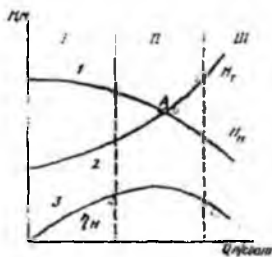
3) nasosning ikki tomoniga so'rish yo'lini joylashtirish. Bundan tashqari, rotor valini mustahkam asosga o'rnatilgan sharikli tigrak podshipniklarga o'rnatish yo'li bilan ham o'qiy bosim ta'sirida siljishini yo'qotish mumkin.

Nasos to'xtaganda haydash trubasidagi suyuqlik teskariga harakat qilmasligi uchun manometrdan keyin tigrak klapan ham o'rnatiladi.

## 2.17-§. Nasos bilan ta'minlangan quvurlarning hisobi

Biz gidravlika bo'limida (IX bob) da ko'rganimizdek, trubalarni hisoblashda uning xarakteristikasini tuzish yoki qarshilikni yengish uchun sarf bo'ladigan energiyani hisoblash zarur bo'ladi. Sarflanadigan energiya trubaning uzunligi va diametri, qarshilik koeffitsienti, mahalliy qarshiliklar va boshqalarga bog'liq (9.1). Bu sarfni yengish uchun

qancha bosim kerakligini hisoblash (9.1) yo‘li bilan suv to‘ldirilgan idishni qancha balandlikka ko‘tarish zarurligini yoki berilgan bosim yordamida qancha sarf olish mumkinligini hisoblash yo‘llari bilan tanishdik. Trubalardagi energiya sarfini yengish va tegishli sarf olish uchun nasoslardan ham foydalanish mumkin. Bunda albatta nasosning bosimi kerakli bosimdan kichik bo‘lmasligi kerak. Shuning uchun truboprovodda tegishli sarfni olish uchun yetarli bosimni hosil qilib bera oladigan nasosni tanlash nasosli trubalar hisobining asosini tashkil qiladi. Buni amalga oshirish uchun bir grafikning o‘ziga nasosning va trubaning bosim xarakteristikalarini chizamiz (2.13-rasm).



2.13. - rasm. Nasos bilan ta'minlangan trubalarni hisoblashga doir.

Rasmda 1 chiziq nasos xarakteristikasi bo‘lsa, 2 shiziq truboprovod xarakteristikasi va 3 chiziq nasos FIK grafigidir. Ko‘rinib turibdiki, xarakteristikalar joylashgan sohani uch qismga ajratish mumkin. Birinchi qismda nasosning bosimi trubaning shu sarfga tegishli bosimidan ortiq bo‘lib, bu qismda nasosning foydali ish koeffitsienti kam bo‘ladi. Ikkinchi qismda nasos bosimi bilan, trubada tegishli sarf olish uchun zarur

bo‘lgan bosimlar deyarli teng bo‘lib, bu qism xarakteristikalar kesishgan A nuqtani o‘z ichiga oladi. Shunday qilib, sohaning bu qismida nasos eng yaxshi ishlaydi va uning foydali ish koeffitsienti yuqori bo‘ladi, ya’ni uning bosimi trubada suyuqlikning kerakli sarfini hosil qilish uchun butunlay sarf bo‘ladi. A nuqtada esa nasos truba bilan eng yaxshi ishlaydi. Uchinchi qismda nasosning bosimi trubada tegishli sarf olish uchun zarur bo‘lgan bosimdan kichik bo‘ladi, ya’ni nasos kerakli sarfni ta’minlay olmaydi.

Bu tekshirishdan ko‘rinadiki, berilgan trubada tegishli sarfni olish uchun shunday nasos tanlab olish kerakki, ularning xarakteristikalari shu sarf qiymati atrofida kesishsin. Albatta, zapas kuch nuqtai nazaridan qaraganda xarakteristikalar kesishish nuqtasi A tegishli sarfdan bir oz chaproqda joylashishi kerak.

## 2.18-§. So‘rishni boshqarish

Nasoslar, odatda, truboprovod sistemasida hosil qilinishi zarur bo‘lgan eng ko‘p so‘rishga qarab tanlab olinadi. Lekin nasoslarni ishlatish vaqtida, ko‘pincha, haydash

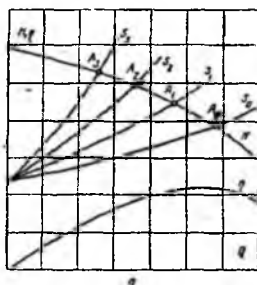
trubalariga kamroq sarf yuborish zarurati tug'ilib qoladi, ya'ni so'rishni ancha keng chegara oralig'ida o'zgartirib turish kerak bo'ladi. Yuqorida aytganimizdek, amaliy so'rish nasos va truba xarakteristikalarining kesishgan nuqtasida tanlab olinadi. Bundan ko'rinadiki, sarfni o'zgartirish uchun yo nasosning xarakteristikasini, yoki trubaning xarakteristikasini o'zgartirish kerak ekan. Amalda sarfni boshqarishning bir qancha usullari mavjud.

**1. Boshqarishning drossellash usuli** kurakli nasoslar uchun eng ko'p tarqalgan usuldir. Uning mohiyati berkitkichning ochilish darajasini kamaytirish yo'li bilan qo'shimcha qarshilik hosil qilish hisobiga haydash trubasidagi barqarorlashgan xarakteristikani o'zgartirishdan iborat. Trubaning bosimi bilan surish orasidagi bog'lanish  $H = \alpha Q^2$  ekanini hisobga olsak, avvalgi koeffisientni  $\alpha_0$  berkitkich surilganidan keyingi koeffisientini  $\alpha_1$  desak, u holda  $\alpha_0$  ga berkitkich hisobiga yangi  $\alpha_{ber}$  koeffisient qo'shilganini ko'ramiz:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha_{ber}$$

Shunday qilib, trubaning xarakteristikasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$H = H_{st} + \alpha_0 Q^2 + \alpha_{ber} Q^2$$



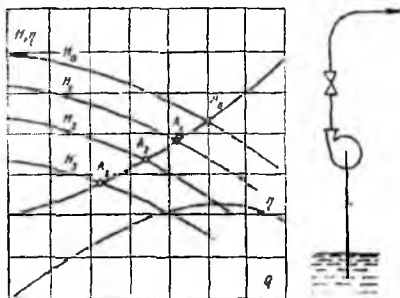
Koeffisient  $\alpha_{ber}$  ning qiymati ochilish darajasining ortishi bilan ortib boradi. 2.14-rasm da berkitkichning ochilish darajasiga qarab truba xarakteristikasining nasos xarakteristikasiga nisbatan holatining o'zgarib borishi ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, berkitkichni bekitish yo'li bilan so'rishni nolgacha  $Q_{max}$  dan o'zgartirib borish mumkin ekan.

2.14 - rasm. Drosselning ochilish darajasiga qarab sarfni boshqarishga doir sxema

Berkitkich bilan so'rishni boshqarish juda oson bo'lib uning yagona kamchiligi nasosning bir qism energiyasining berkitkich qarshiligi  $\alpha_{ber} Q^2$  ni yengishga sarf bo'lishidir.

**2. Nasosning aylanish sonini o'zgartirish usuli.** Agar biror moslangan aylanish soni  $n_0$  da nasosning bosimi  $H_0$ , so'rish  $Q_{max}$  bo'lsa, aylanish sonini kamaytirish yo'li bilan sarfni kamaytirib borish mumkin.

Aylanish sonini uzluksiz kamaytirish yo'li bilan ham sarfni uzluksiz o'zgartirib borish mumkin (2.15- rasm).



2.15- rasm. Aylanishlar sonini o'zgartirish yo'li bilan sarfni o'zgartirishga doir sxema

Nasos bilan dvigatel o'rtasiga turli boshqariluvchi qismlar qo'yish qurilmani murakkablashtirib va qimmatlashtirib yuboradi.



2.16-rasm. Bir qism sarfni qaytarish yo'li bilan sarfni boshqarishga doir sxema.

**3. Bir qism sarfni qaytarish usuli** (2.16 rasm) haydash trubasi bilan so'rish trubasini tutashtiruvchi qo'shimcha trubadagi berkitkichni ochish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu eshikchaning ochilish darajasi ortishi bilan haydash trubasiga ketayotgan sarf  $Q$  kamayadi. Boshqarishning bu usulini, energiyani tejash nuqtai nazaridan, so'rishning ortishi bilan quvvati kamayuvchi tezyurar nasoslarga qo'llash maqsadga muvofiqroqdir. Shuni nazarda tutish kerakki, qo'shimcha trubadagi berkitkichni ochish bilan nasosdagi sarf ortib, uning ishlash holati, kavitatsiya ko'rsatkichlari ortishi hisobiga yomonlashadi. Bu usul kamdan-kam qo'llaniladi.

**4. Ish g'ildiragi kuraklarining joylashish burchagini o'zgartirish usulini** ish vaqtida kuraklar qiyalik burchagini o'zgartirish mexanizmi bilan ta'minlangan o'qiy va diagonal nasoslardagina amalga oshirish mumkin. Bu usul bilan so'rishni uzluksiz o'zgartirib borish mumkin, lekin o'zgarish chegarasi juda kichik.

**5. Ishlayotgan nasoslar sonini o'zgartirish usuli** nasoslarni parallel ulanganda ishlayotgan nasoslar sonini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi (bunda

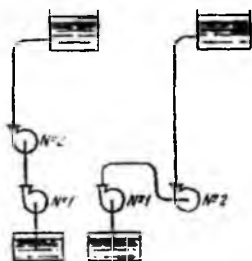
to'xtailgan nasosning haydash trubasidagi klapan yopilgan bo'lishi kerak). Bunday boshqarish usuli qulay, lekin sarf notekis (keskin ortib yo kamayib) o'zgaradi. Bu usulni drossellash bilan birga qo'llansa, yaxshi energetik ko'rsatkishga erishish mumkin.

## 2.19-§. Nasoslarni ketma-ket va parallel ulash

Ishlab chiqarishda ko'p hollarda yuqori bosim yoki sarf olish uchun bir necha nasosni birga ishlatishga to'g'ri keladi. Bunday ish yo bitta nasos kerakli bosimni, yoki sarfni yetkazib bera olmaydigan, yoki energiyani tejash uchun bitta nasos o'rniga bir necha nasos ishlatish zarur bo'lgan hollarda kerak bo'ladi. Bir necha nasosni bir yerga to'plab nasos stansiyasi tashkil qilish ham mumkin.

Bir necha nasosni birgalikda ishlatishni ikki xil usulda: ketma-ket va parallel ulash usullarida amalga oshirish mumkin.

### 1. Nasoslarni ketma-ket ulash



2.17-rasm. Nasoslarni ketma-ket ulashga doir sxema

Nasoslarni ketma-ket ulash turlicha amalga oshirilishi mumkin (2.17-rasm). Bunda birinchi nasosning chiqish naychasini ikkinchi nasosning kirish naychasiga ulanadi va birinchi nasos bilan ikkinchi nasos orasida ma'lum uzunlikdagi truba bo'lishi shart. Ko'pinsha, ikkita ketma-ket ulangan nasoslar bir xil bo'lishiga harakat qilinadi. 2.17-rasmda nasoslarni ketma-ket ulashning ikki xil

sxematik ko'rinishi tasvirlangan. Bu sxemalarga ko'ra ketma-ket ulangan nasoslarning sarflari teng bo'lib, umumiy bosim har bir nasos bosimlarining yig'indisiga teng. Bu sxema ketma-ket ulangan har bir nasos xarakteristikalaridan foydalanib, nasoslar gruppasining umumiy xarakteristikasini tuzishga imkon beradi.

2.18-rasmda keltirilgan xarakteristikalar grafigidan

$$H_{1+2} = H_1 + H_2.$$

Ikki nasos quvvatlarining yig'indisi ham ayrim quvvatlar yig'indilariga teng

$$N_{1+2} = N_1 + N_2 = \frac{\gamma Q H_1}{102 \eta_1} + \frac{\gamma Q H_2}{102 \eta_2}$$

Agar nasoslar gruppasining umumiy foydali ish koeffitsientini o‘rtacha foydali ish koeffitsienti bilan almashtirsak:

$$N_{1,2} = \frac{\gamma Q(H_1 + H_2)}{102\eta_w}$$

bunda

$$\eta_w = \frac{H_1 + H_2}{\frac{H_1}{\eta_1} + \frac{H_2}{\eta_2}}$$

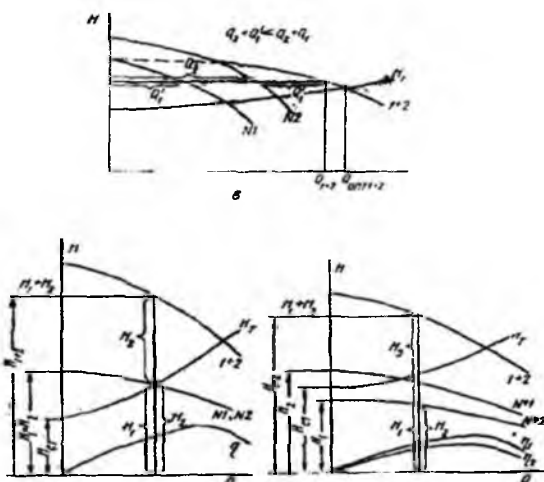
Agar bir nechta nasos ketma-ket ulansa, u holda

$$H = \sum_{i=1}^n H_i$$

Nasoslar bir xil xarakteristikaga ega bo‘lsa, so‘nggi formula boshqacha yoziladi:

$$H = nH_1$$

2.18-rasm, *a* da ikki bir xil nasosning 2.18-rasm, *b* da esa ikki xil nasosning ketma-ket ulanganidagi xarakteristikalari keltirilgan. Ikkinchi grafikdan ko‘rinadiki, ikkinchi nasosning bosimi hatto statik bosimni yengishga ham yetmaydi. Demak, ikkinchi nasosdan olinadigan bosim shu nasos ayrim ishlaganidagi bosimdan ancha katta bo‘ladi.



2.18-rasm. Nasoslarni ketma-ket ulashda ularning truboprovod bilan bliga ishlash xarakteristikasi

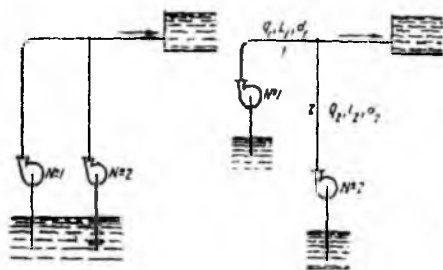
Demak, shuni nazarda tutish kerakki, nasoslarning chiqish nayshalari ma‘lum bosimga chidaydigan qilib hisoblangan bo‘lib, bu hol nasoslarni ketma-ket ulashga chegara



qo'yadi. Shuni aytish kerakki, ikki turli nasosni ketma-ket ulash mumkin, lekin bunda sarflar teng bo'lgani ushuncha ularning hisoblangan sarflari bir-biriga yaqin bo'lishi kerak. Aks holda nasoslardan biri ikkinchisiga to'sqinlik qilishi mumkin. Agar ikki nasos ketma-ket ulanganda ular juda yaqin joylashib qolsa, ta'minlovchi idishga ulangan nasos, ikkinchi nasosning so'rish ta'sirida bo'lgani uchun, juda kichik bosim hosil qiladi. Natijada ketma-ket ulash yaxshi samara bermaydi.

## 2. Nasoslarni parallel ulash

Bu usul bir nasha nasos yordamida baravar suv tortib, bitta trubaga quyishdan iborat (2.19-rasm).



2.19-rasm. Ikki nasosni parallel ulashga doir sxema

Bu holda har bir nasosning ishlashi qarshi bosimning kattaligiga bog'liq. Agar ikki nasos parallel ishlasa-yu, ulardan birining sarfi ham, bosimi ham katta bo'lsa, bu holda ikkinchi nasosning bosimi qaytarilib (boshqacha aytganda ikkinchi nasos bo'g'ilib), umumiy trubaga beradigan sarfi nolga teng bo'ladi. Ba'zi holda bosimi past nasosda suyuqlik

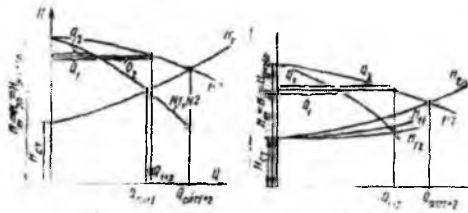
teskari tomonga (nasos ishlab turishiga qaramay) harakat qilib, so'rish trubasidan qaytib tushishi mumkin. Bosimi past nasosning bunday ishlashi teskari oqishda ishlash deyiladi. Shuning uchun nasoslarni parallel ulashda, ularning umumiy xarakteristikasini bilishdan tashqari, har bir nasosning xarakteristikasini bilish va uni qayerga joylashtirishni aniqlash zarur bo'ladi. Shunday nasoslarni parallel ulashning turli usullari bo'lishi mumkin.

1. Ikki, uch va bir qancha nasoslar birga ishlashi mumkin.
2. Birga ishlayotgan nasoslarning xarakteristikalari bir xil yoki har xil bo'lishi mumkin.
3. Nasoslar magistralga bir-biriga yaqin masofada tutashtirilgan (nasoslar orasidagi trubalarning qarshiligi juda kichik) yoki uzoq masofada tutashtirilgan bo'lishi mumkin.
4. Nasoslarning so'rish sharoiti bir xil yoki o'zgarib turuvchi (ta'minlovchi idishda suyuqlik bosim ostida bo'lib, bu bosim o'zgaruvchan) bo'lishi mumkin.

Barcha holda ham nasoslarning bosimi bir xil bo'lib, umumiy sarf xususiy sarflarning yig'indisiga teng bo'ladi.

Avval bir xil xarakteristikali ikkita bir xil nasosning yaqin joylashgan holini ko'ramiz. Agar bu ikki nasos bir-biriga ta'sir qilmasa, u holda

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2 = 2Q_1.$$



2.20-rasm. Nasoslarni parallel ulashda ularni truboprovodga ishlash sxemasi

Agar parallel ulangan ikki nasosdan birining berkitkichi yopilgan bo'lsa, sistema bitta nasosdek ishlaydi. Berkitkichning oshib borilishi bilan sarf ham ortib borib  $2Q_1$  ga tenglashadi. Bunda albatta optimal sarf ikki nasos optimal sarflari yig'indisidan kichik, chunki u truba

xarakteristikasining egriligiga bog'liq (2.20- rasm, a). Endi ikkita bir xil xarakteristikali nasos bir-biridan uzoq joylashgan holni ko'ramiz. Bunda ikki nasos trubalarining tutashgan joyidan birinchi nasosgacha uzunligi  $l_1$  diametri  $d_1$  bo'lgan truba ikkinchi nasosgacha, uzunligi  $l_2$  diametri  $d_2$  bo'lgan trubalar bo'lib (2.19- rasm), ularning xarakteristikalari tegishli ravishda  $H_{T_1}$  va  $H_{T_2}$  bo'lsin (2.20-rasm, b). Bunda avvalgi holdagi kabi sarflarni qo'shib, nasoslar gruppasining xarakteristikasi  $H_{1+2}$  ni hamda gidravlika bo'limida keltirilgan bo'yicha trubalar xarakteristikalarini qo'shib, trubalarning umumiy xarakteristikasi  $H_T$  ni bitta koordinata sistemasida quramiz. Natijada ikki bir xil nasos bir-biridan uzoq masofada joylashgan holdagi ish xarakteristikasini olamiz.

Bir necha bir xil xarakteristikali nasoslar birga ishlaganda avval ikkita nasosning umumiy xarakteristikasini tuzib olamiz. So'ngra ikki nasosning umumiy xarakteristikasini bitta nasos xarakteristikasidek qarab, uni ushinishi nasos xarakteristikasi bilan qo'shamiz. Shundan so'ng uch nasos umumiy xarakteristikasini to'rtinchi nasos xarakteristikasi bilan qo'shamiz va shu tarzda ishni davom ettirib, istalgancha nasoslar gruppasining umumiy xarakteristikasini tuzamiz. Bu yakunlovchi xarakteristika bilan trubalar sistemasi xarakteristikalari kesishuvidan sistemaning umumiy sarfi va bosimini topamiz. Ikki xil xarakteristikali ikki nasosning parallel ishlashini ko'rishda esa avvalo har bir nasosning ayrim-ayrim xarakteristikalarini tuzamiz. Bu holda ikkinchi nasosning

sarfi ortib borib, uning kamayib borayotgan bosimi birinchi nasosning bosimiga tenglashgunsha, birinchi nasos „bo‘g‘ilib“, sarfi nolga teng bo‘ladi. Bosimning bundan keyingi pasayishidan boshlab, birinchi nasos ham suyuqlik torta boshlaydi (2.20-rasm, v). Shuning ushun umumiy xarakteristikani olishda ikkinchi nasos ishlay boshlagandan boshlab, sarflar qo‘shilgani bilan umumiy sarf bu ikki nasosning ayrim ishlaganidagi sarflarining yig‘indisidan kichik bo‘ladi:

$$Q_{1+2} < Q_1 + Q_2.$$

Lekin birga ishlagandagi sarflar yig‘indisiga teng:

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2.$$

Biz ko‘rilgan sxemada ikki xil xarakteristikali nasoslar yaqin masofada bo‘lgan holni ko‘rdik. Ular o‘zaro uzoq joylashgan bo‘lsa, optimal sarfni topishdan oldin trubalar xarakteristikalarini qo‘shib olamiz. Amalda gidrosistemalarda parallel va ketma-ket ulangan nasoslar turli kombinasiyada uchrashlari mumkin. Bunday murakkab sistemalarning ishlashini tekshirish uncha qiyinchilik tug‘dirmasa ham juda ko‘p vaqt va diqqat talab qiluvchi grafik hamda hisoblash ishlari zarur bo‘ladi. Ayniqsa nasoslarning so‘rish balandligi turlicha bo‘lsa, ish murakkablashadi.

## 2.20-§. Kurakli nasoslarda kavitasiya. Chegaraviy so‘rilish balandligi

Yuqorida biz kurakli nasoslarda energiyaning sarf bo‘lishi haqida to‘xtalganimizda nasos ish g‘ildiraklarining kanallarida kavitasiya vujudga kelishi haqida gapirgan edik. Bunda kanalning botiq tomonida bosim ortib, qavariq tomonida kamayishi hisobiga uyurmali harakat vujudga keladi (2.7-rasm). Shunday qilib, ish g‘ildiragining ba‘zi qismlarida, asosan kirish qismida, absolyut bosim suyuqlikning to‘yingan bug‘lari bosimidan kamayib ketishi mumkin. Natijada suyuqlik oqimida pufakchalar paydo bo‘lib, ular ish g‘ildiragidan chiqishga yaqinlashgan sari, bosim ortgani sababli, yana erib ketadi. Natijada pufakchalar egallagan bo‘shliq birdan yopilishidan kichik gidravlik zarba hosil bo‘ladi. Bitta pufakchanning yopilishidan hosil bo‘lgan zarba kichik bo‘lsa ham, bunday pufakchalar soni juda ko‘p bo‘lgani uchun ish g‘ildiragi va nasos korpusiga katta zarar keltiradi. Kavitasianing asosiy zararlaridan biri – uning kuchayib ketishi natijasida nasosning moslashgan ishlash tartibi buzilishidir. Bunda so‘rilish tomonidagi vakuumni, chiqishdagi bosimni, sarf bo‘layotgan quvvatni ko‘rsatuvchi asboblarning strelkasi ko‘rsatishini “yo‘qotib” betartib harakat qila boshlaydi va nasos

siyuqlikni deyarli tortmay qo'yadi. Tashqaridan kavitatsiya hodisasi o'ziga xos shovqin paydo bo'lishi, nasosning va unga tutashgan trubalarning tebranishi bilan xarakterlanadi. Ikkinchi xil zarar – kavitatsiya kuchaygan joylarda metallning yemirilishidir. Ko'p bosqichli nasoslarda kavitatsiya hodisasiga asosan birinchi bosqichda bo'ladi. Tekshirishlar kavitatsiya hodisasiga asosiy sabab mexanik effektlar ekanligini, Gallerning tekshirishlari zarba chastotasi 2500 Gs ga, zarba kuchi 300 atm ( $29,4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ) ga teng ekanligini ko'rsatdi (Galler qo'llagan datshikning qabul qiluvchi qismining yuzasi 1,5 mm ga teng bo'lgan).

Yuqorida aytilganlar ko'rsatadiki, kavitatsiya hodisasining paydo bo'lishiga nasosning kirish qismida va ish g'ildiragiga kirishda bosimning kamayib ketishi sababdir.

Kirish qismida bosimning kamayishi ikki sababga ko'ra bo'lishi mumkin: aylanish sonining ortishi; so'rilish balandligining ortishi.

Birinchi holda aylanish sonining ortishi markazdan qoshma kuchning ortishiga sabab bo'lgani uchun ish g'ildiragi o'qida (demak, ish g'ildiragi kanaliga kirishda) bosimning kamayib ketishiga olib keladi.

Ikkinchi holda so'rilish balandligining ortishi nasosga kirishda bosimning kamayishi orqali ta'sir qilib, so'rilish balandligi ma'lum chegaradan o'tganda so'rilishning to'xtashiga olib keladi. Ana shu chegara qiymat chegaraviy so'rilish balandligi deyiladi. Chegaraviy so'rilish balandligini aniqlash uchun 2.12-rasmdan foydalanamiz. Ta'minlovchi idishdagi sathni birinchi kesim, nasosga kirishdagi sathni ikkinchi kesim deb, bu ikki kesimga Bernulli tenglamasini qo'llaymiz. Birinchi kesimda bosim  $p_1$  tezlik  $v_1$  ikkinchi kesimda bosim  $p_2$  (so'rilish bosimi), tezlik  $v_2$  (so'rilish tezligi), kesimlar sathining farqi  $H_s$  (so'rilish balandligi) deb quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + H_c + h_{1-2}.$$

Bundan so'rilish balandligini topamiz:

$$H_c = \frac{p_1}{\lambda} - \left( \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2} \right) \quad (14.4)$$

Albatta,  $h_{1-2}$  gidravlik yo'qotishlarning yig'indisidan iborat:

$$h_c = h_{1-2} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v_c^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \xi \frac{v_c^2}{2g},$$

bu yerda birinchi had ishqalanish qarshiligi bo'lib, surish trubasining uzunligi  $l_s$  va diametri  $d_s$  bog'liq; ikkinchi had maxalliy qarshiliklar yig'indisidir.

(14.4) tenglamadan ko'rinadiki, ta'minlovchi idishdagi bosimning ortishi so'rilish balandligi ortib, so'rilish bosimi, so'rilish tezligi va so'rish trubasidagi qarshilikning ortishi bilan kamayadi. Agar ta'minlovchi idishdagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'lsa,  $p_1 = p_a$  tezlik esa nolga teng, ya'ni  $v_1 = 0$  (ochiq idish), so'rilish bosimi esa, suyuqlikning to'yingan bug' bosimiga teng, ya'ni  $p_s = p_l$ , bo'lsa, u holda (14.4) tenglama quyidagicha yoziladi:

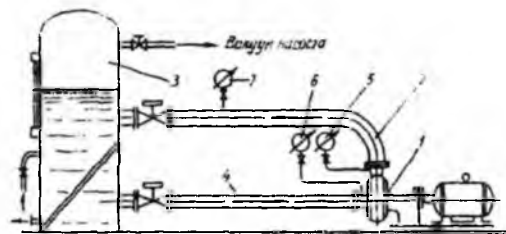
$$H_s \leq \frac{p_a}{\gamma} - \left( \frac{p_l}{\gamma} + \frac{v_s^2}{2g} = h_c \right) \quad (14.5)$$

Bunda tenglik belgisi  $H_s$  ning chegaraviy so'rilish balandligiga teng bo'lgan holini ko'rsatadi. Chegaraviy so'rilish balandligi so'rilish tezligi  $v_s$  surish trubasining qarshiligi  $h_s$  va to'yingan bug' bosimi  $p_l$  ni hisobga olmagan holda ham, dengiz sathida ( $20^\circ\text{S}$  temperaturada) 10 m dan oshmaydi. Amaliy tekshirishda chegaraviy so'rilish balandligi 6-8 m, so'rilish tezligi esa  $v_s = 1-1,5$  m/s bo'ladi.

## 2.21-§. Kavitatsiya xarakteristikasi

Sarf, bosim, quvvat va foydali ish koeffisientlarining so'rilish balandligiga bog'liqlik funksiyalarining grafigi nasosning kavitatsiya xarakteristikalari deb ataladi:

$$Q = f_1(H_c); H = f_2(H_c); N = f_3(H_c) \text{ va } \eta = f_4(H_c).$$



2.21-rasm. So'rilish trubasida kavitatsiya hodisasini tekshirish uchun qurilma sxemasi  
 qurilma yordamida nasos sinaladi. Bu qurilmada maxsus kavitsasion bak 3 o'rnatilgan bo'lib, unda vakuum nasos yordamida turli siyraklanish hosil qilish mumkin.

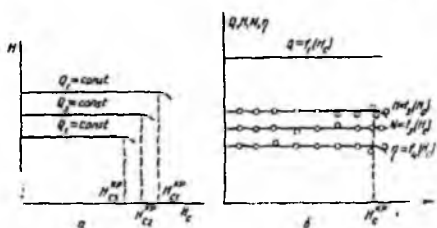
Sxemada tasvirlangan ventillar yordamida so'rish trubasi 4 va haydash trubasi 2 da nasos 1 yordamida o'zgarmas  $Q = \text{sonst}$  sarf oqimi vujudga keltiriladi va shu sarf

Bu grafiklar tajriba asosida tuziladi. Buning ushuni so'rilish bosimini kamaytirib borib yoki so'rilish balandligini oshirib borib, tegishli harj, sarf, bosim, quvvat, FIK larni o'lchanadi va ular yordamida grafik tuziladi. Buning uchun 2.21-rasmdagi sxemada tasvirlangan

o'tkazilayotgan sinash davomida o'zgarmas bo'lib qoladi. Sarf o'zgarmas bo'lishini haydash trubasiga o'rnatilgan manometr 7 ko'rsatkichi o'zgarmasligidan bilinadi. Nasosning so'rish bosimi  $H_s$  ni vakuummetr 5 va haydash bosimi  $H_h$  ni manometr 6 yordamida aniqlanadi. Kavitatsiya baki 3 da sekin-asta vakuumni oshirib borish yo'li bilan  $H_s$  ni o'zgartirib boriladi.  $H_s$  ning biror qiymatida  $H$ ,  $N$  va  $\eta$  larning keskin kamayib ketishi kuzatiladi.

$H_s$  ning bu nuqtaga tegishli qiymati (2.22-rasm) chegaraviy so'rilish balandligi deyiladi va  $H_c^{kr}$  bilan belgilanadi. Sarfni o'zgartirib borish yo'li bilan ortib boruvchi sarf uchun  $H = f_s(H_c)$  grafiklarini chizish mumkin. Sarf qancha katta bo'lsa, so'rish trubasida shuncha ko'p qarshilik bo'ladi va kavitatsiya uzilishi  $H_s$  ning kichik qiymatlari tomoniga suriladi (2.22-rasm, a). Kavitatsiya  $H_s$  ning  $H_c^{kr}$  dan kichikroq qiymatlaridan boshlanadi. Shuning uchun kritik so'rilish balandligiga 15—20% zapas kiritib, joiz so'rilish balandligi  $H_c^j$  ni belgilanadi. Agar so'rilish balandligi joiz so'rilish balandligi  $H_c^j$  kichik bo'lsa, nasosda kavitatsiya bo'lmaydi:

$$H_c \leq H_c^j.$$



2.22-rasm. So'rilish trubasida kavitatsiya hodisasiga doir grafiklar

So'rilish balandligi uchun chiqarilgan (14.5) formuladan foydalanib, sinash yo'li bilan topilgan so'rilish balandligidan geometrik so'rilish balandligiga o'tish mumkin.

### 2.22-§. Kavitatsiya zapasi

Ko'pincha, kavitatsiya ko'rsatkichi sifatida kavitatsiya zapasi deb ataluvchi kattalikdan foydalaniladi. So'rilish trubasidagi bosim bilan to'yingan bug' bosimiga tegishli bosim  $\left(\frac{P_1}{\gamma}\right)$  ning ayirmasi kavitatsiya zapasi deyiladi va  $\Delta H$  bilan belgilanadi:

$$\Delta H = \left(\frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g}\right) - \frac{P_1}{\gamma} \quad (14.6)$$

Nasosni bir xil sarf va aylanish sonlarida sinab, o'zgaruvchan kavitatsiya zapasida (buni berkitkish yordamida so'rilish qarshiligini o'zgartirish yo'li bilan bajarish mumkin) nasos parametrlarining 2.22- rasmdagi kabi  $\Delta H$  ga bog'liq grafiklarini tuzish mumkin. Bu grafiklar yordamida chegaraviy kavitatsiya zapasi  $\Delta H_{kr}$  topiladi.  $\Delta H_{kr}$  ga 1,1÷1,3 zapas koeffitsient kiritib, joiz kavitatsiya zapasi  $\Delta H_p$  ning qiymatini aniqlaymiz. Bunda nasosda kavitatsiya bo'lmaslik sharti deb quyidagi tengsizlik olinadi:

$$\Delta H \geq \Delta H_p \quad (14.7)$$

Nasosda kavitatsiya bo'lmasligi uchun mavjud kavitatsiya zapasi joiz zapasdan kichik bo'lmasligi kerak.

Ta'minlovchi idish sathida  $p_l = p_a$  va tezlik nolga tengligini nazarga olib, (14.4) dan ushbu tenglamani olamiz:

$$\frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left( H_c + \frac{v_c^2}{2g} + h_c \right)$$

Bu tenglikni (14.6) ga qo'llab quyidagini olamiz:

$$\Delta H = \frac{p_a}{\gamma} - H_c - h_c - \frac{p_l}{\gamma}, \quad (14.8)$$

Keltirilgan (14.7) tengsizlikdan foydalanib, (14.8) dan ushbuni olamiz:

$$\frac{p_a}{\gamma} - H_c - h_c - \frac{p_l}{\gamma} \geq \Delta H_p,$$

bundan 
$$H_c \leq \frac{p_a}{\gamma} - \Delta H_p - h_c - \frac{p_l}{\gamma}. \quad (14.9)$$

Bu formula atmosfera bosimi, temperatura, so'rilayotgan suyuqlik xossalarini hisobga oladi va so'rilish balandligi bilan joiz kavitatsiya zapasi orasidagi munosabatni ko'rsatadi. Joiz kavitatsiya zapasi  $\Delta H_p$  yoki joiz so'rilish balandligi  $H_c^p$  suvning temperaturasi va  $p_a$  ga bog'liq emas, (14.9) formulaga esa so'rilish tezligi kirmaydi.

### 2.23-§. S. S. Rudney formulasi va uning qo'llanilishi

O'xshashlik qonunlaridan foydalanib, nasosning kavitatsiya parametrlariga aylanish sonining o'zgarishi qanday ta'sir qilishini tekshirish mumkin. Atmosfera bosimi uchun

$$\frac{p_a}{\gamma} = 10,3m \text{ va sovuq suv uchun } \frac{p_l}{\gamma} \approx 0,3(t < 35^\circ C) \text{ ekanligini nazarda tutib, kritik so'rilish}$$

balandligi uchun ushbu tenglikni olish mumkin:

$$H_c^{kr} = 10 - \frac{v_c^2}{2g} - h_c$$

O'xshashlik munosabatlaridan foydalansak, ikki aylanish sonlarida chegaraviy so'rilish balandligi uchun quyidagi tenglikni olamiz:

$$\frac{10 - H_{c1}^{kr}}{10 - H_{c2}^{kr}} = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Bundan

$$H_{c2}^{kr} = 10 - (10 - H_{c1}^{kr}) \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (14.10)$$

Shuningdek, joiz so'rilish balandligi uchun:

$$H_{c2}^{kr} = 10 - (10 - H_{c2}^p) \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (14.11)$$

chegaraviy va ruxsatlangan kavitatsiya zapaslari uchun esa

$$\frac{\Delta H_{kr1}}{\Delta H_{kr2}} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (14.12)$$

$$\frac{\Delta H_{p1}}{\Delta H_{p2}} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (14.13)$$

Bundan ko'rinadiki, kavitatsiya ko'rsatkichlari joiz so'rilish balandligi  $\Delta H_c^p$  va kavitatsiya zapasi  $\Delta H_p$  nasoslarda o'xshash tartib bo'lganda ham o'zgaradi. Bu esa aytilgan ko'rsatkichlarning kamchiligi hisoblanadi.

Kavitatsiya ko'rsatkichlarini o'xshash tartiblarga qo'llashda tezyurarlik koeffitsienti  $n$ , dan foydalanish mumkin. (14.12) va (14.2) formulalardan ko'rinadiki

$$\frac{\Delta H_{kr1}}{\Delta H_{kr2}} = \frac{H_1}{H_2}$$

bundan ixtiyoriy  $\Delta H_{kr}$  uchun quyidagi formulani yozish mumkin:

$$\Delta H_{kr} = kH,$$

bu yerda  $k$  o'xshash tartiblar uchun o'zgarmasdir. Bu formuladan foydalanib (13.18) da  $H$  ni  $\Delta H_{kr}$  bilan almashtirsak, o'xshash tartiblar uchun o'zgarmaydigan koeffitsient keltirib chiqarish mumkin. Qulaylik uchun maxrajga  $\frac{\Delta H_{kr}}{10}$  kiritiladi. U holda ushbu koeffitsient kelib chiqadi:



$$c = \frac{n\sqrt{Q}}{\left(\frac{\Delta H_{kr}}{10}\right)^{3/4}} \quad (14.14)$$

Bu koeffisient tezyurarlik kavitasiya koeffisienti deb ataladi. Koeffisient  $s$  prof. S. S. Rudney tomonidan taklif qilingan bo‘lib bir qancha qulayliklarga ega. Birinchidan u o‘xshash tartiblar uchun bir xil. Ikkinchidan kurakli nasoslar uchun bu koeffisient kam o‘zgaradi. Nasoslar optimalga yaqin tartibda ishlaganda (agar kavitasion ko‘rsatkichi yaxshi bo‘lsa)  $s = 900 \div 1100$  ga teng. Juda yuqori kavitasiya sifatiga ega bo‘lgan nasoslar uchun  $s = 1300 \div 1500$  ga etadi. Bundan ko‘rinadiki, tezyurarlik kavitasiya ko‘rsatkichi faqat  $\Delta H_{kr}$  ni topishga yordam beribgina qolmay, balki nasosning kavitasiya sifatini baholashga ham yordam beradi.