

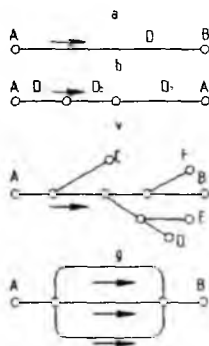
IX BOB. QUVURLARNI GIDRAVLIK HISOBLASH

Quvurlarning geometrik o'lchamlari (diametiri, uzunligi) ni ma'lum sarfga moslab hisoblash yoki berilgan bosimda o'lchamlari berilgan quvurlarning sarflarini hisoblash quvurlarni gidravlik hisoblash deyiladi.

Gidravlik hisoblash vaqtida quvurlarning uzunligi yoki hisoblashning gidravlik shartlariga qarab, ular ikki turga bo'linadi: uzun va qisqa quvurlar.

Uncha uzun bo'lmagan va mahalliy qarshiliklari sezilarli bo'lib, umumiy qarshilikning kamida 5 – 10% ni tashkil etadigan quvurlar *qisqa quvurlar* deb ataladi. Bularga misol qilib, nasoslarning so'rish quvurini, benzobakdan karbyuratorga benzin o'tkazuvchi quvurni avtotraktor va boshqa qurilmalar dvigatellarining moy o'tkazuvchi quvurlarini, gidrouzatmalardagi tutashtiruvchi quvurlar va hokazolarni keltirish mumkin.

Ancha uzoq masofaga cho'zilgan va gidravlik qarshiliklarda majmuida asosiy qismni ishqalanish qarshiligi tashkil qilgan quvurlar uzun quvurlar deb ataladi. Bunday quvurlarda mahalliy qarshiliklar alohida hisoblanmaydi va ishqalanish qarshiligining 5 – 10% iga teng deb qabul qilinadi. Bularga vodoprovod quvurlari, neft va gazlarni tarqatuvchi quvurlar va boshqalar misol bo'ladi.



9.12-rasm. Quvurlarni klassifikatsiyalashga doir chizma

Quvurlar ishlash sxemasiga qarab ikki turga bo'linadi *sodda quvurlar* (9.12-rasm, a, b); *murakkab quvurlar* (9.12-rasm v, g). Sodda quvurlar hech qanday tarmoqlarga ega bo'lmagan quvurlardir. Murakkab quvurlar esa bir necha tarmoqlarga ega bo'lgan quvurlardir.

Bundan tashqari, quvurlar tupik va yopiq quvurlarga ajraladi. Bir yo'nalishda suyuqlik oqadigan quvurlar tupik quvurlar deyiladi. Suyuqlikning biror va undan ortiq yo'nalish bo'yicha berish mumkin bo'lgan quvurlar yopiq quvurlar deyiladi. Yopiq quvurlar ishonchli bo'lib, uning ayrim qismlari buzilib, tamirlash davomida ham suv ta'minoti to'xtamaydi.

Yuqorida aytilganlardan tashqari tranzit sarfli quvurlar ham mavjud bo'lib, ularda suyuqlik yo'l bo'yicha o'zgarmay qolishi yoki tekis taqsimlanib borishi mumkin.

9.1. Sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi

Quvurlarni hisoblashda biz yuqorida keltirilgan ishqalanish va mahalliy qarshiliklar uchun chiqarilgan formulalardan foydalanamiz. Shuning uchun biz suyuqlik quvurda qaysi tartibda oqishini ham bilishimiz kerak.

Avvalo o'zgarmas diametrli sodda quvur olamiz. Bunday quvur ketma-ket joylashgan bir qancha to'g'ri quvur bo'laklaridan tashkil topgan deb qarash mumkin. (9.13-rasm). Bularda bosimning pasayishini barcha qarshiliklarning yig'indisi ko'rinishida hisoblaymiz

$$H = H_{h_1} + H_{M_1} + H_{l_1} + H_{M_2} + \dots + H_{l_n} + H_{M_n}.$$

Yuqorida keltirilgan formuladan foydalanib quyidagi

$$H = \lambda \frac{l_1}{D} \frac{g^2}{2g} + \zeta_1 \frac{g^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{D} \frac{g^2}{2g} + \zeta_2 \frac{g^2}{2g} + \dots + \lambda \frac{l_n}{D} \frac{g^2}{2g} + \zeta_n \frac{g^2}{2g}.$$

munosabatni chiqaramiz. Bu formula bo'yicha bosimning pasayishini hisoblash murakkab va ko'p vaqtni oladi, chunki quvur juda ko'p bo'laklarga ajratilgan bo'lishi mumkin. Oxirgi munosabatda tezlikni sarf orqali ifodalab $\left(g = \frac{4Q}{\pi D^2}\right)$ va o'xshash

hadlarni guruhlab, quyidagini olamiz:

$$H = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \frac{\lambda}{D} \frac{g^2}{2g} + (\zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n) \frac{g^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l_i}{D} \frac{g^2}{2g} + \sum \zeta_i \frac{g^2}{2g} + \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i Q^2 + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \zeta_i Q^2$$

Yoki

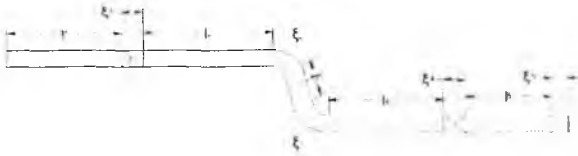
$$H = \left(\frac{8\lambda}{g\pi^2 D_5} \sum l_i + \frac{8}{g\pi^2 D_4} \sum \zeta_i \right) Q^2.$$

Qavs ichidagi miqdorni a bilan belgilasak, u holda

$$H = \alpha Q^2. \quad (9.2)$$

O'lichov birligi $s^2 m^5$ bo'lgan α miqdor quvurning solishtirma qarshiligi deb ataladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i + \frac{8}{g\pi^2 D^5} \sum \zeta_i \quad (9.3)$$



9.13-rasm. Sodda quvurning sxemasi.

α miqdor quvurning uzunligi, diametri, mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlariga bog'liq bo'lib, kvadrat qarshilik sohasida o'zgarmas bo'ladi.

(9.3) dagi birinchi hadning yig'indi oldidagi miqdorini

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^3} = A_r \frac{c^2}{m^5}$$

ko'rinishda, ikkinchi hadning yig'indi oldidagi miqdorni

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^4} = A_m \frac{c^2}{m^5}$$

ko'rinishda belgilaymiz va ularni o'zaro quyidagicha aytamiz A_l – solishtirma ishqalanish qarshiligi (ya'ni 1 m quvurning ishqalanish qarshiligi) va A_m – solishtirma mahalliy qarshilik (quvurning shakli o'zgartirgan qismining $\zeta = 1$ bo'lgandagi qarshiligi).

U holda

$$\alpha = A_r \sum l_i + A_m \sum \zeta_i$$

Bu yerda A_l va A_m – umumlashgan parametrlar bo'lib, quvurlarni hisoblashda maxsus jadvallardan olinadi.

Bazi umumlashgan parametrlar bir oz boshqacharoq ko'rinishda olinadi. Bu holda mahalliy qarshilikni ekvivalent uzunlik bilan almashtirsak

$$H = \lambda \frac{l + l_{av}}{D} \frac{Q^2}{2g} = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} (l + l_{av}) Q^2$$

hosil bo'ladi. Oxirgi tenglikka

$$A = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^3}{8\lambda}}$$

belgilashni kiritamiz va uni quvurning sarf xarakteristikasi deb ataymiz. U holda

$$H = \frac{l + l_{\text{ekv}}}{A^2} Q^2 \quad (9.4)$$

Bu belgilashdan ko'rinib turibdiki

$$A^2 = \frac{1}{A_c}$$

A^2 ning turli hollardagi miqdori ham A_l va A_m kabi jadvallardan olinadi.

Yuqorida ko'rganimizdek $\frac{H}{l} = J$ ekanligini hisobga olsak, (9.4) dan prof.

B.A.Baxmetov formulasini olamiz

$$Q = A\sqrt{J}$$

Uzun quvurlar uchun bosimning pasayishi osonroq hisoblanadi va ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$H = A_c l Q^2 \text{ yoki } H = \frac{1}{A^2} Q^2.$$

Ko'p hollarda quvurlarni hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q = K\sqrt{H} \quad (9.5)$$

va K ni sarf koeffitsiyenti deb ataladi.

(9.5) va (9.4) bilan solishtirsak, sarf koeffitsiyenti uchun ushbu munosabatni olamiz:

$$K = \frac{A}{\sqrt{l + l_{\text{ekv}}}} \quad (9.6)$$

uzun quvurlar uchun esa

$$K = \frac{A}{\sqrt{L}} \quad (9.7)$$

(9.5) formulani boshqacha ham yozish mumkin:

$$H = \frac{1}{K^2} Q^2 \quad (9.8)$$

bu holda $\frac{1}{K^2} = \alpha$ bo'ladi. Suyuqlik kvadratik qonunga bo'ysunganda λ va ζ Rey-nolds soniga bog'liq bo'lmagani uchun yuqorida aytganimizdek K^2 va A_c lar uchun quvurning

diametri va g'adir-budirligiga qarab jadval ko'rishida ifodalanadi, A_m esa bu jadvalda faqat diametrga bog'liq.

Laminar soha uchun yuqoridagi formulalardagi quvurning qarshiligi α va qarshilik koeffitsiyenti K (9.3) formula yordamida hisoblab topiladi. Bunda λ Puazeyl formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

8-jadval.

Quvurlarni hisoblash uchun umumlashgan parametrlar
(kvadratik qarshilik qonuni uchun)

Quvurning ichki diametri, D, mm	Quvurning absolyut g'adir-budurligi						$A_m \frac{c^2}{m^6}$
	$\Delta = 0,2 \text{ mm}$		$\Delta = 0,5 \text{ mmm}$		$\Delta = 1,0 \text{ mmm}$		
	$K^2 \frac{m^3}{c^2}$	$A_1 \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^5}{c^2}$	$A_1 \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^5}{c^2}$	$A_1 \frac{c^2}{m^6}$	
50	0,000132	7570	0,000100	10000	0,0000776	12900	13200
75	0,00113	886	0,000863	1160	0,000686	1460	2610
100	0,00516	194	0,00397	252	0,00319	313	826
125	0,0160	62,6	0,0125	800	0,0105	95,2	338
150	0,0434	23,1	0,0341	29,3	0,0276	36,2	163
200	0,197	5,08	0,155	6,45	0,128	7,81	51,5
250	0,643	1,58	0,504	1,98	0,416	2,40	21,1
300	1,65	0,607	1,41	0,709	1,09	0,917	10,2
400	7,41	0,135	5,98	0,167	4,97	0,201	3,23
500	23,7	0,0422	19,3	0,0518	16,1	0,0620	1,32

Kvadratgacha bulgan sohada esa λ (silliqlik quvurlar uchun) Blazius formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

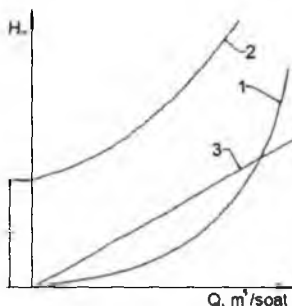
Quvurlarni hisoblashni osonlashtirish uchun (9.2) yoki (9.5) formula bo'yicha jadval tuzib olish mumkin. U holda bosim pasayishining turli qiymatlariga tegishli sarf miqdorlarini shu jadvaldan olish mumkin bo'ladi.

(9.2) tenglama (9.5) bilan birgalikda sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi deyiladi. Bu tenglama bosim va sarf orasidagi bog'lanishni grafik

ko‘rinishda ifodalashga imkon beradi. Ko‘rinib turibdiki, bu grafik koordinatalar boshidan o‘tuvchi kvadratik parabola ko‘rinishida ifodalanadi (9.14-rasm, 1 grafik). Agar quvurning hisoblash tekisligidan qancha balandda joylashgan H_g ni hisobga olsak, u holda H va Q o‘rtasidagi munosabat koordinatalar boshidan H_g balandlikda joylashadi (9.14-rasm, 2 grafik). U holda umumiy bosim H va H_g ning yig‘indisidan iborat bo‘ladi:

$$H_y = H_g + H = H_g + \alpha Q^2 \quad (9.9)$$

Harakat laminar bo‘lsa, u holda H grafigi to‘g‘ri chiziqqa aylanadi (8.14-rasm, 3 grafik).



9.14-rasm. Quvurning xarakteristikasi.

$H - Q$ grafigi yordamida berilgan bosim uchun sarfni topish mumkin. Buning uchun ordinata o‘qidan berilgan bosimga tegishli kesmani olib, uning uchidan abstsissa o‘qiga parallel chiziq o‘tkazamiz. Bu chiziqning xarakteristikasi bilan kesishgan nuqtasidan abstsissa o‘qiga tushirilgan perpendikulyar undan quvurda berilgan bosimda sarfning miqdoriga to‘g‘ri keladigan kesma ajratadi. Agar quvurdan o‘tishi kerak bo‘lgan sarf ma‘lum bo‘lib, bosimni topish kerak bo‘lsa, sarfni topish uchun qo‘llangan usulni teskari tartibda bajaramiz.

9.2. Quvurning iqtisodiy tejamli diametrini topish haqida tushuncha

Quvurlar sistemasini loyihalashda berilgan uzunlikdagi quvurdan suyuqlikni oqizib, berilgan sarfni olish uchun kerak bo‘lgan bosimni hisoblash masalasi muhim o‘rin tutadi. Quvurning asosiy tenglamasidan ko‘rinadiki, berilgan uzunlik va sarfga diametr ortishi bilan qarshilik koeffitsiyenti kamayib boradi, demak, shu sarfni ta‘minlovchi bosim ham kamayadi. Bu o‘z navbatida suvni quvurdan oqizish uchun sarf bo‘ladigan energiyani kamayishiga olib keladi, ya‘ni suyuqlikni quvurdan haydovchi

nasos kamroq elektroenergiyasi sarflaydi. Ikkinchidan, quvur diametrining ortishi unga sarf bo'ladigan kapital mablag'ning ortishiga olib keladi (diametri katta quvurga ko'proq metal sarf bo'ladi). Shunday qilib, quvurning eng qulay diametrini tanlash masalasi texnik-iqtisodiy hisoblash, ya'ni quvurlar sistemasini yaratishga sarf bo'ladigan mablag' (quvurlar, nasos stansiyasi va h.) ning qiymati va undan foydalanishdagi harajatlar (elektr energiyasi, odamlar xizmati va h.) qiymatini solishtirish yo'li bilan hal qilinadi.

Bu masala xususiy holda shunday hal qilinadi: quvurlarning standart diametrlarini hisobga olgan holda diametrning turli variantlari uchun butun sistemaning (uning o'z harajatini o'zi qoplashini vaqtini nazarga olib) bir yillik qiymati (amortizatsiyaga bo'ladigan harajat) A hisoblanadi. So'ngra quvur diametrining har bir varianti uchun uni foydalanishiga sarf bo'lgan harajat M ni hisoblab chiqiladi, bunga elektr energiya, odamlarni ishlatish, doimiy harajatlar va hokozolar kiradi. Quvurning yillik harajati M amortizatsiya A ekspluatatsiya E harajatlarning yig'indisiga teng. Quvurning yillik harajatining minimal qiymatiga to'g'ri kelgan diametri eng tejimli diametr D_{op} bo'ladi.

9.15-rasmda $A = f_1(D)$, $E = f_2(D)$ va $M = f_3(D)$ larning grafigini chizish yo'li bilan D_{op} ni topish yo'li ko'rsatilgan. Agar D_{op} ikki standart diametri orasiga to'g'ri kelib qolsa, tegishli diametr uchun D_{op} ga eng yaqin standart diametr (iloji bo'lsa ikki diametrning kichigi) olinadi. (9.15-rasmda eng tejimli diametr uchun D_3 ni olish kerak). Quvurning diametri D topilgandan keyin, Q va l ma'lum bo'lgan holda bosimni topish qiyin emas. Yuqorida ko'rsatilgan usul juda murakkab va qiyin bo'lgani uchun undan odatda katta va murakkab quvur sistemalarini loyihalashda foydalaniladi. Odatdagi hisoblashlarda ko'rilayotgan quvurga o'xshash quvurlar uchun

juda ko'p texnik-iqtisodiy hisoblar davomida aniqlangan optimal tezlik v_{opt} yoki

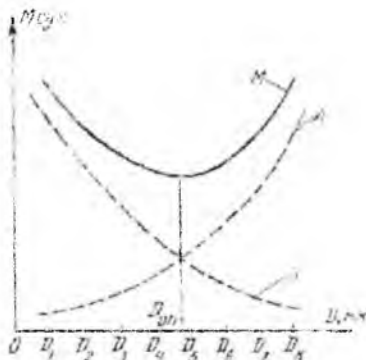
optimal qiyalik l_{opt} ning qiymatini berish yo'li bilan aniqlanadi. Suyuqlikning sarfini Q va V ma'lum bo'lgan holda diametrini topish qiyin emas.

$$Q = \varrho_{opt} \frac{\pi D^2}{4} \quad (9.10)$$

bundan

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{opt}}}$$

(9.11)



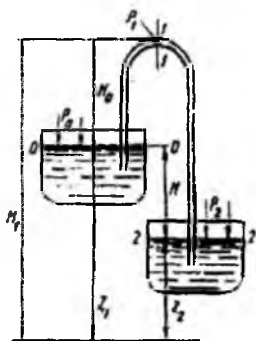
9.15-rasm. Tejamli qulay diametrni hisoblashga oid chizma.

Ba'zi hollarda taqribiy hisoblash uchun sodda formulardan ham foydalanish mumkin. Quvurdagi bosimning katta-kichikligiga qarab turli materiallardan qilingan quvurlar ishlatish mumkin. Masalan, bosim 1 MH/m^2 gacha bo'lganda vodoprovod quvurlari uchun cho'yan quvurlar, katta bosimlar uchun esa po'lat quvurlardan foydalaniladi. Bundan shuni hisobga olish kerakki, GOST da cho'yan quvur uchun ichki diametr, po'lat quvur uchun esa tashqi diametr qabul qilingan.

9.3. Sifon quvur

Bir qismi suyuqlik bilan ta'minlovchi idishdan yuqorida joylashgan sodda quvur sifon quvur deb ataladi (9.16-rasm). Sifonni sodalashtirib ikki (ta'minlovchi va qabul qiluvchi) idishlarni tutashtiruvchi U ko'rinishdagi quvur sifatida tasvirlash mumkin. Bu holda uning egilgan qismi idishlardagi suyuqlik sathlaridan H balandlikda bo'lib, undagi suyuqlik idishdagi suyuqliklar sathlarining farqi H hisobiga oqib turadi. Shuni aytish kerakki, suyuqlik sifonda avval birinchi idish sathidan H balandlikka ko'tarilib, so'ngra ikkinchi idishga tushadi. Bunday quvurning o'ziga xos xususiyati shundaki, unda bosim ko'tariluvchi qismida ham, pastga tushuvchi qismida ham atmosfera bosimidan pastdir. Sifon quvurlardan asosan neft mahsulotlarini sisternalardan quyib

olish, suv sig'irlarini bo'shatish, do'nglik yerlarda vodoprovod o'tkazish va hokazolardan foydalaniladi. Suv ta'minotida ba'zan maxsus sifonlar ishlatiladi. Sifon ishlay boshlashi uchun avval uni suyuqlik bilan to'ldirish kerak. Sifon sifatida kichik o'lchamli shlanglar ishlatilsa, uni to'ldirish oson bo'lib, bu suyuqlikka botirish yoki pastki uchidan havoni so'rib olish yo'li bilan amalga oshiriladi. Agar sifon mahkamlangan metall quvurdan iborat bo'lsa, uning yuqori nuqtasida havoni so'rib olish uchun maxsus jo'mrak o'rnatiladi.



9.16- rasm. Sifon quvur.

Havoni nasoslar yoki ejetorlar yordamida so'rib olish mumkin. Sifonlarni hisoblash boshqa quvurlarni hisoblashdan farq qilmaydi. Masalan, sifonning ikkita kesimi uchun Bernuli tenglamasini yoziladi. Bu kesmalar 0-0 va 2-2 bo'lsa, u holda

$$z_1 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{0-2} \quad (9.12)$$

bo'ladi. $p_0 = p_2 = p \text{ atm}$, va $v_1 = v_2 = 0$ deb hisoblasak, bu tenglama quyidagicha

yoziladi:

$$z_1 = z_2 + h_{0-2} \quad (9.13)$$

yoki $z_1 - z_2 = H$ ekanligini nazarga olib, h_{0-2} qarshilikni hisoblash uchun esa ishqalanish va mahalliy qarshiliklar formulasidan foydalanib, oxirgi tenglamani ushbu ko'rinishga keltiramiz:

$$H = \alpha Q^2 \quad (9.14)$$

Shunday qilib, sifonlarda sarf oddiy quvurlardagidek qarshilik va sathlar farqi orqali aniqlanadi. Uning ko'tarilishi balandligi H_0 esa sarfga ta'sir qilmaydi. Lekin bu qonun H_0 ning ma'lum chegarasigacha bo'ladi. H_0 ning ortib borishi bilan sifonning yuqoridagi $I-I$ kesimida absolyut bosim p_1 kamayib boradi. Bu bosim to'yingan bug' bosimiga tenglashishi bilan kavitatsiya boshlanadi. Bu avval sarfning kamayishiga so'ngra, bug'larning to'planishiga (bug' tiqini hosil bo'lishiga) va suyuqlik oqimining to'xtashiga olib keladi. Shuning uchun sifonlarni hisoblashda va qurishda uning yuqori nuqtasidagi bosim p_1 juda kamayib ketmasligini nazarda tutish kerak. Agar sifonning sarfi, uning o'lchamlari ma'lum bo'lsa, absolyut bosim p_1 ni hisoblash mumkin. Buning uchun $0-0$ va $I-I$ kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{q_0^2}{2g} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{q_1^2}{2g} + h_{0-1} \quad (9.15)$$

Agar tezliklar kichikligi uchun ularni nolga tenglasak:

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} - H_1 - h_{0-1} \quad (9.16)$$

bo'ladi. Bosimning mumkin bo'lgan minimum qiymati ma'lum bo'lsa, p_1 ni unga tenglashtirib oxirgi tenglamadan H_1 ni oshirish uchun yana bir usulni qo'llash mumkin. Buning uchun sifonning pastga ketgan uchida mahalliy qarshiliklar (eshikcha va h.) yordamida umumiy qarshilikni oshirish kerak. Bu holda albatta sarf kamayadi.

9.4. Quvurlarni ketma-ket va parallel ulash

Ketma-ket va parallel ulangan quvurlarni hisoblash sodda quvurlarni hisoblashga qaraganda murakkab bo'lib, u qaysi tartibda ulanganiga bog'liq. Shuning uchun bu ikki ulash usulini alohida ko'rib chiqamiz.

Ketma-ket ulash. Bir necha har xil diametrli quvurlardan tashkil topgan quvurni ko'ramiz. Ular ketma-ket ulangan bo'lib, qarshiliklari $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, uzunliklari L_1, L_2, \dots, L_n bo'lsin (9.17-rasm).

Bu quvurlarning har birida sarflar teng bo'lishi uzilmaslik tenglamasidan ko'rinadi. U holda quvurlardagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan aniqlanadi.

$$\begin{aligned}
 H_1 &= \alpha_1 Q^2 \\
 H_2 &= \alpha_2 Q^2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 H_n &= \alpha_n Q^2
 \end{aligned}$$

Ko‘rilayotgan quvurda esa qarshiliklarni qo‘shish printsipiga asosan quyidagicha hisoblanadi.

$$H = H_1 + H_2 + \dots = H_n = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n)Q^2. \quad (9.16)$$

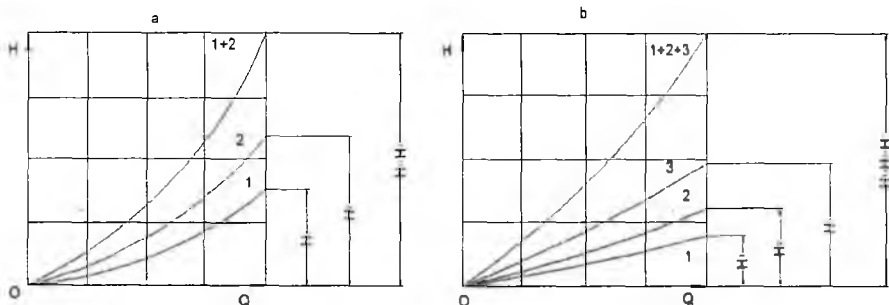
Shunday qilib, quvurlar ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik xususiy qarshiliklar yig‘indisidan iborat.

$$\alpha = \sum_1^n \alpha_n \quad (9.17)$$

Bu ikki (9.16) va (9.17) tenglama quvurlarni ketma-ket ulashda xarakteristika tuzish uchun asos bo‘ladi.

Avval ketma-ket ulangan ikkita quvurni ko‘ramiz. Bu quvurlarning xarakteristikalari 9.18-rasm, a da 1 va 2 grafiklar orqali ifodalangan. Ikki quvurning xarakteristikasini tuzish uchun (9.16) tenglamaga asosan bir xil sarfda ikki quvurdagi bosim kamayishlarini qo‘shamiz, ya‘ni bir xil abstsissalarda ikkala egri chiziqning ordinatalarini qo‘shamiz.

Ketma-ket ulangan uchta quvurning umumiy xarakteristikasini tuzish uchun avval 1,2,3 quvurlarning xarakteristikasini tuzib olamiz (9.18-rasm, b). So‘ngra bir xil abstsissada ularning ordinatalarini qo‘shib, bir chiziq bilan tutashtiramiz n ta ketma-ket ulangan quvurning umumiy xarakteristikasini tuzish ham shu usulda bajariladi. Ko‘rilayotgan holda kirishdagi va chiqishdagi tezlik bosimlari har xil bo‘lgani sababli, quvur uchun talab qilinadigan bosim formulasida (9.9) dan farqli ravishda, kirishdagi va chiqishdagi tezlik damlarining farqi qatnashadi:



9.18 - rasm. Ketma-ket ulangan quvurlarning xarakteristikasi

$$H = z_A - z_B + \frac{\alpha_A \vartheta_A^2 - \alpha_B \vartheta_B^2}{2g} + \sum H_n + \frac{P_B}{\gamma} = H_g + cQ^2 + \alpha Q^2 \quad (9.18)$$

bu yerda

$$c = \frac{1}{2g} \left(\frac{\alpha_A}{\omega_A^5} - \omega \frac{\alpha_B}{\omega_B^5} \right)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

$$H_g = z_A - z_B + \frac{P_B}{\gamma}$$

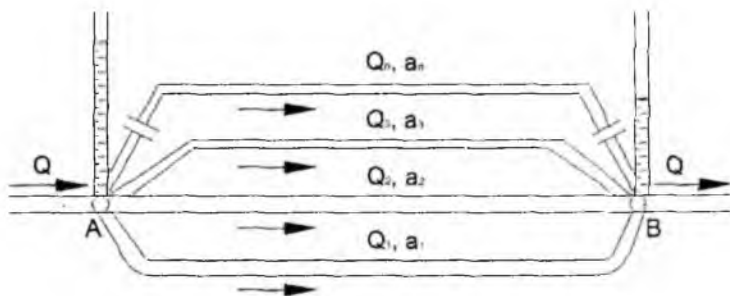
ω_A, ω_B - kirish va chiqishdagi kesim yuzalari.

Parallel ulash. Endi bir qancha parallel ulangan sodda quvurlardan tashkil topgan murakkab quvumi ko'ramiz (8.19-rasm). Sodda quvurlarning sarflari $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, qarshiliklari $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ bo'lsin. Umumiy sxemadan ko'rinib turibdiki, murakkab quvurning sarfi sodda quvurlar sarflarining yig'indisiga teng.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum Q_n \quad (9.19)$$

Har bir sodda quvurdagi bosimning kamayishi ham, murakkab quvurdagi bosimning kamayishi ham A va B nuqtalardagi to'la bosimlarning ayirmasiga teng:

$$H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n = H. \quad (9.20)$$



9.19-rasm. Quvurlarni parallel ulash.

Har bir quvurdagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$H_1 = \alpha_1 Q_1^2$$

$$H_2 = \alpha_2 Q_2^2$$

.....

.....

.....

$$H_n = \alpha_n Q_n^2$$

Bulardan sarflarni topib, (9.19) ga qo'yamiz:

$$Q = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_3}}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{\sqrt{H_n}}{\sqrt{\alpha_n}}. \quad (9.21)$$

va (9.20) dan foydalanib, quyidagi munosabatni olamiz:

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}} \right) \sqrt{H}. \quad (9.22.)$$

Bu tenglikdan murakkab quvur uchun bosim kamayishi tenglamasini chiqaramiz:

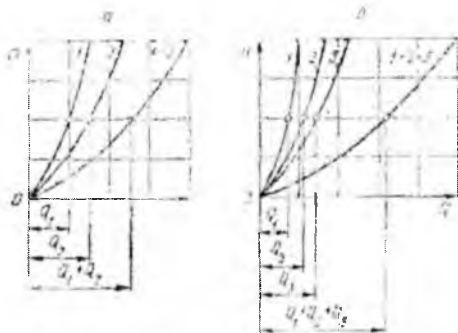
$$H = \frac{Q}{\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}} \right)^2}. \quad (9.23)$$

Shunday qilib, parallel ulangan murakkab quvurning qarshiligi uchun quyidagi formulani olamiz:

$$\alpha = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} \right)^2}. \quad (9.24)$$

Parallel ulangan quvurning xarakteristikasini tuzish uchun (9.19) va (9.20) tenglamalardan foydalanamiz. Avval ikki parallel quvurdan iborat murakkab quvurni

ko'ramiz (9.20-rasm, a) Parallel quvurlarning xarakteristikalari 1 va 2 grafiklar ko'ri-
nishida ifodalangan.



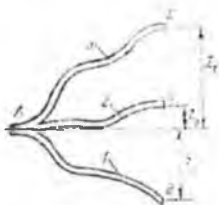
9.20-rasm. Parallel ulangan quvurlarning xarakteristikasi.

Murakkab quvurning xarakteristikasini hosil qilish uchun (9.20) ga asosan bosimning biror qiymatida birinchi va ikkinchi quvurlarda sarflarni qo'shamiz, ya'ni ordinata o'qining biror qiymatida 1 va 2 ga to'g'ri kelgan abstsissa o'qining kesimlarini qo'shamiz. Bu ishni bosimning barcha qiymatlari uchun bajarib, murakkab quvur uchun xarakteristika hosil qilamiz. Uchta parallel quvurdan tashkil topgan murakkab quvurning xarakteristikasi ham 1, 2, 3 quvurlarning xarakteristikalarini tuzishdan boshlanadi. Bu holda ham bir xil bosimda 1 quvurning sarfiga avval 2 quvur sarfini, so'ng 3 quvur sarfini qo'shish yo'li bilan murakkab quvurning xarakteristikasini tuzamiz. n ta parallel quvurdan tuzilgan murakkab quvurning xarakteristikasi ham xuddi shu usulda hosil qilinadi.

9.5. Murakkab quvurlar

Murakkab quvurlar quvurlar xilma-xil usullarda tutashtirilgan bo'b, ular ketma-ket, parallel ulangan va tarmoqlarga ajralgan bo'laklardan tashkil topgan bo'ladi. Biz yuqorida ketma-ket va parallel ulangan quvurlardan tashkil topgan bo'laklarni ko'rdik. Endi quvurning tarmoqlangan bo'lagini ko'ramiz. Asosiy quvur A nuqtadan uchta 1, 2, 3 tarmoqlarga ajralsin (9.21-rasm). Ularning oxirgi nuqtalarining balandliklari z_1, z_2, z_3 , bosimlari p_1, p_2, p_3 , sarflari Q_1, Q_2, Q_3 bo'lsin. U holda bu sarflarning yig'indisi asosiy quvurdagi sarfga to'g'ri keladi:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



9.21-rasm.Quvurlarning tarmoqlarga bo'linishi.

Har bir tarmoq uchun Bernulli tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{p_A}{\gamma} = z + \frac{p_1}{\gamma} + H_1$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + H_2$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + H_3$$

Bu tengliklarda p_1, p_2, p_3 , larni atmosfera bosimiga teng deymiz va $\frac{p_A}{\gamma} = H_A$ ekanini hisobga olib hamda 1, 2, 3 quvurlar uchun (9.2) formuladan foydalanib, quyidagilarni yozamiz:

$$H_A = z_1 + \alpha_1 Q_1^2; \quad H_A = z_2 + \alpha_2 Q_2^2; \quad H_A = z_3 + \alpha_3 Q_3^2 \quad (9.25)$$

Yoki $H_A - z_1 = H_1$ ekanligini hisobga olib va $z_2 - z_1 = z_{1-2}$, $z_3 - z_1 = z_{1-3}$ belgilashlarni kiritib, oxirgi tengliklarni o'zgartiramiz:

$$H_1 = \alpha_1 Q_1^2; \quad H_1 - z_{1-2} = \alpha_2 Q_2^2; \quad H_1 - z_{1-3} = \alpha_3 Q_3^2 \quad (9.26)$$

Bu tenglamalardan 1, 2, 3 quvurlardagi sarflarni topib va qo'shib umumiy harjni topamiz:

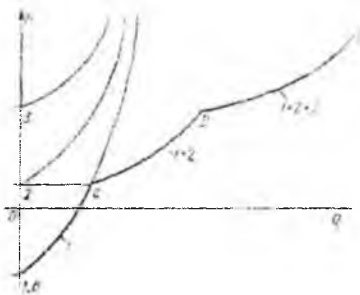
$$Q = \left(\frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) \quad (9.27)$$

yoki

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) H_1 \quad (9.28)$$

bu yerda $z'_{1-2} = \frac{z_1 - z_2}{H_1}$, $z'_{1-3} = \frac{z_1 - z_3}{H_1}$ bo'lib, ular uchun $z'_{1-2} < 1$, $z'_{1-3} < 1$ tengsizliklar o'rinlidir.

Agar uchala quvurning ham ikkinchi uchi bir xil balandlikda bo'lsa ($z_1 = z_2 = z_3$), u holda $z'_{1-2} = 0$; $z'_{1-3} = 0$ va H_1, H_2, H_3 lar teng bo'ladi hamda sarf uchun quvurlar parallel ulangan hol uchun chiqarilgan munosabatini olamiz. Endi yuqorida keltirilgan formulalarga asosan tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika hosil qilish mumkin (9.22-rasm). Buning uchun ularning xarakteristikalarini quvurlarni parallel ulash dagi kabi qo'shamiz. Natijada 9.22-rasmda tasvirlangandek siniq egri chiziq *BSDE* ni olamiz. Bu chiziq tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika bo'lib, u 2 va *BSDE* ni olamiz.



9.22-rasm. Tarmoqlarga bo'lingan quvurning xarakteristikasi.

Bu chiziq tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika bo'lib, u 2 va 3 quvurlarning ikkinchi uchi balandligida *C* va *D* nuqtalarda sinadi. Agar suyuqlik *A* nuqtadan *B*, *C*, *D* nuqtalarga qarab emas, teskari yo'nalishda oqsa unda 1, 2, 3 quvurlarning xarakteristikalari (sarflar Q_1, Q_2, Q_3 manfiy bo'lgani uchun) *H* o'qining chap tomonida (ya'ni Q o'qining manfiy yo'nalishida) qo'shiladi. Bordiyu, bu quvurlarning ba'zilaridan oqim o'nga, boshqalarida chapga bo'lganda ham o'nga oqayotgan suyuqlik uchun xarakteristika *H* o'qidan o'ngga chapga oqayotganlari uchun esa xarakteristika chapga quriladi va so'ng qo'shiladi.

Quvur sistemasi bir qancha qismlardan iborat bo'lib, ular ketma-ket va parallel ulangan quvurlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda bu qismlarning har biriga ketma-ket va parallel ulash qoidalarini qo'llab, xarakteristikalarini yoki tenglamalarini tuzib olamiz. So'ngra bu qismlarning har birini ayrim quvur sifatida qarab va parallel yoki ketma-ket

ulash qoidasidan foydalanib sistema uchun xarakteristika yoki tenglama tuzamiz. Bu qoidaga asosan har qanday murakkab quvurlar sistemasini hisoblash mumkin.

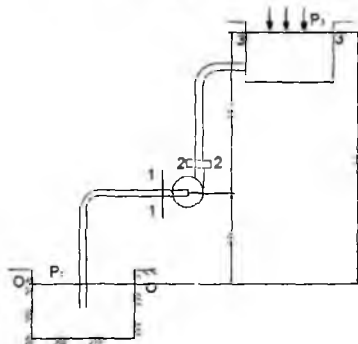
9.6. Nasosdan ta'minlanuvchi quvur

Yuqorida biz turli usulda ulangan quvurlar sistemasini ko'rdik, biroq ularning suv bilan ta'minlanishi qanday amalga oshirilishi haqida to'xtalib o'tmadik. Bunday hol balandlikka o'rnatilgan katta idishdan ta'minlanuvchi quvurlar sistemasini uchun yoki nasosdan ta'minlanuvchi sistemalarning qismlari uchun o'rinli. Sanoat va qishloq xo'jaligida quvurlarni nasos orqali ta'minlash hollari ko'p uchraydi. Bu holda quvurlar sistemasidagi bosim ustiga nasos hosil qilgan bosimni ham qo'shish kerak bo'ladi. Shu maqsadda nasosdan ta'minlanuvchi sodda quvurlarni (9.23-rasm) ko'ramiz.

Nasos pastki idishdan p_0 bosimli suyuqlikni so'rib, yuqoridagi p_1 bosimli idishga chiqarib bersin. Nasos o'qining pastki sathidan balandligi H_1 geometrik so'rish balandligi deyiladi va bu balandlikkacha suyuqlik harakat qilayotgan quvur so'rish quvuri deyiladi. Suyuqlikning yuqori sathining balandligi H_2 zo'riqish geometrik balandligi deyiladi va suyuqlikni bu balandlikka ko'tarishda qatnashuvchi quvur haydash (nagnetatelnaya ili napornaya) quvuri deyiladi.

So'rish quvuri uchun ($0 - 0$ va $1 - 1$ kesimlar uchun) Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_0}{\gamma} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{0-1}$$



9.23-rasm. Nasosdan ta'minlanuvchi quvurga oid chizma.

Bu tenglamadan ko‘rinadiki, nasosning suyuqlikni H_1 balandlikka ko‘tarish, unga kinetik energiya berishi va gidravlik qarshiliklarni yengishi birinchi idishdagi p_0 bosimdan foydalanish hisobiga amalga oshiriladi. Shuning uchun bu bosimdan shunday foydalanish kerakki, nasosga kirish oldidan suyuqlikda kavitatsiya hodisasini vujudga keltirmaydigan darajadagi chegirma bosim (p_1) saqlanib qolsin. Bu nasoslarning so‘rish quvurlarini nihoyatda aniq va puxta hisoblash kerak. (9.29) tenglama so‘rish quvurlarini hisoblashda asosiy tenglama hisoblanadi. Bunda hal qilinishi kerak bo‘lgan masalalar sifatida quyidagilarni keltirish mumkin.

1) barcha o‘lchamlar va sarf berilgan. Suyuqlikning nasosga kirish oldidagi bosimni hisoblash kerak.

Bu masalani yechishda nasosga kirishdagi suyuqlik bosimini (p_1) hisoblab, uni kavitatsiya hosil qilmaydigan minimal bosim bilan taqqoslash yo‘li bilan bajariladi.

2) eng kichik (kavitatsiya hosil qilmaydigan) joiz bosim berilgan. Boshqa parametrlarning eng katta joiz qiymatlari ($H_{1\max}$, Q_{\max} , d_{\min}) ni hisoblash talab qilinadi.

Agar p_0 atmosfera bosimiga teng bo‘lsa, u holda so‘rish quvuridagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo‘ladi. p_0 bosimning ortishi bilan so‘rish quvuridagi bosim ortadi. Bu esa geometrik so‘rish balandligining ortishiga yordam beradi.

Haydash quvuridagi suyuqlikning harakati (2 – 2 va 3 – 3 kesimi uchun ham Bernulli tenglamasini yozish mumkin.

$$\frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = H_2 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{2-1} \quad (9.30)$$

Agar haydash quvurining ikkinchi uchidan biror idish bo‘lsa, u holda (9.30) tenglamaning o‘ng tomonida tezlik bosim bo‘lmaydi, lekin bunday harakat vaqtida bosimning kengayishga sarf bo‘lishini hisobga olish kerak. (9.30) tenglamaning chap tomoni nasosdan chiqishdagi solishtirma energiyani ko‘rsatadi. Nasosga kirishdagi solishtirma energiyani (9.29) tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{p_0}{\gamma} - H_1 - h_{0,1} \quad (9.31)$$

Bu oxirgi tenglama va (9.30) dan foydalanib suyuqlikning nasosdan o‘tganda oladigan energiyasini hisoblash mumkin. Bu energiya suyuqlikka nasos orqali beriladi va u suyuqlikni tegishli balandlikka ko‘tarish uchun sarflangan energiyani ifodalab, H_{nas} ko‘rinishida belgilanadi va quyidagicha hisoblanadi:

$$H_{\text{nac}} = \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 g_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 g_1^2}{2g} \right) = H_1 + H_2 + \frac{p_3 - p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_3 g_3^2}{2g} + h_{0-1} + h_{2-3}$$

yoki

$$H_{\text{nac}} = H_g + \frac{p_3 - p_0}{\gamma} + cQ^2 + \alpha Q^2 \quad (9.32)$$

bu yerda H_g - suyuqlikning pastki sathdan yuqori sathga ko'tarilish balandligi; sQ^2 – yuqori sathdagi tezlik bosimi; αQ^2 – so'rish va haydash quvurlardagi qarshiliklar yig'indisi; V_3 – yuqori sathdagi tezlik. Agar pastki va yuqori sathlardagi bosimlar p_0 va p_3 atmosfera bosimiga teng bo'lsa, u holda

$$H_{\text{nac}} = H_g + cQ^2 + \alpha Q^2 = H_g + \frac{\alpha_3 g_3^2}{2g} + \alpha Q^2$$

bo'ladi. Bu formuladan ko'rinadiki, suyuqlikka nasosning bergan bosimi suyuqlikni yuqori sathda harakat qildirish uchun zarur bo'lgan bosim H_3 ga teng bo'ladi:

$$H_{\text{nac}} = H_3 \quad (9.33)$$

Bu qoidani nasoslar barqaror ish tartibining hamma hollari uchun qo'llash mumkin. Nasosning ishlash xarakteristikasi uning aylanish soniga bog'liq bo'lib, bu son nasosning quvvatiga bog'liq bo'lmagan hollar uchun to'g'ridir. Agar nasos yopiq sistemada ishlasa, ya'ni pastki va yuqori idishlar bo'lmay, so'rish va haydash quvurlari tutashtirilgan bo'lsa, u holda (9.32) formula o'rnida quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$H_{\text{nac}} = H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} = H_3$$

ya'ni zarur bosim bilan nasos hosil qilgan bosim teng bo'ladi. Bu holda yopiq sistemada albatta qo'shimcha kengayuvchi kesim va tenglashtiruvchi idishlar bo'lib, ular odatda suyuqlikning nasosdan chiqish kesimi bilan tutashtirilgan bo'ladi.

9.7. Elektrogidravlik o'xshashlik (analogiya) haqida tushuncha

Biz yuqorida quvurlarni hisoblash uchun (9.4) va (9.5) tenglamalarni chiqardik va ularni quyidagi ko'rinishlarda ifodaladik:

$$H = \lambda \frac{8(l + l_{\text{ekv}})}{g\pi^2 D^5} Q^2 \quad (9.34)$$

$$Q = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^5}{8\lambda(l + l_{\text{ekv}})}} H \quad (9.35)$$

Laminar harakat vaqtida bu formulalarda qovushoqlik ishqalanish koeffitsiyenti λ quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64\nu}{gD} = \frac{16\nu\pi D}{Q},$$

u holda

$$H = \frac{128\nu}{gD^2} = \frac{l + l_{\text{ekv}}}{\pi D^2} Q$$

yoki

$$H = \alpha \frac{L}{\omega} Q = BQ \quad (9.36)$$

bu yerda $L = l + l_{\text{ekv}}$; $\omega = \frac{\pi D}{4}$; $\alpha = \frac{32\nu}{gD^2}$.

B - hisoblash yo'li bilan aniqlanadigan koeffitsiyent. (9.36) tenglama fizikaning elektr bo'limida o'tkazgichlarning bir qismi uchun Om qonuniga juda o'xshab ketadi. Agar bosim H ni kuchlanish U ga, α ni solishtirma qarshilik ρ ga, sarf Q ni tok kuchi I ga qiyoslasak, u holda (9.36) ni Om qonuni

$$U = \rho \frac{L}{S} I = RI \quad (9.37)$$

ga qiyoslash mumkin.

(9.36) bilan (9.37) ning o'xshashligidan foydalanib elektrogidravlik o'xshashlikni tuzish mumkin. Bu o'xshashlikka asosan o'tkazgichlardan tok o'tkazib, uning kuchlanishi U ni voltmeter va tok kuchi I ni ampermetr yordamida aniqlash mumkin. Bunda voltmeter quvurlardagi difmanometrni, ampermetr esa sarf o'lchash asbobi o'rnini bosadi (9.24-rasm). Tok manbai sifatida esa energiya manbai nasosni ifodalash mumkin.

9.24-rasmda 1-manba (a - rasmda nasos, b - rasmda batareya), 2 - (a - rasmda difmanometr, b - rasmda voltmeter, 3 - (a - rasmda sarf o'lchash asbobi, b - rasmda ampermetr) ifodalangan bo'lib, quvur va o'tkazgich uzunliklari L orqali ifodalangan. Shu usul bilan quvurlarni ketma-ket (9.24-rasm) va parallel (9.25-rasm) ulashni o'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash bilan taqqoslash mumkin. Quvurlarni ketma-ket ulashda (9.24-rasm) umumiy qarshilik.

$$H_k = B_k Q$$

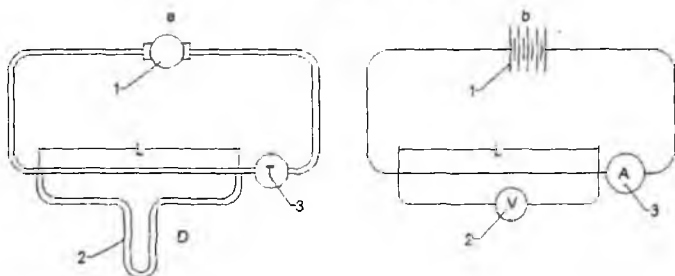
$$H_k = H_1 + H_2 + H_3 \quad (9.38)$$

va

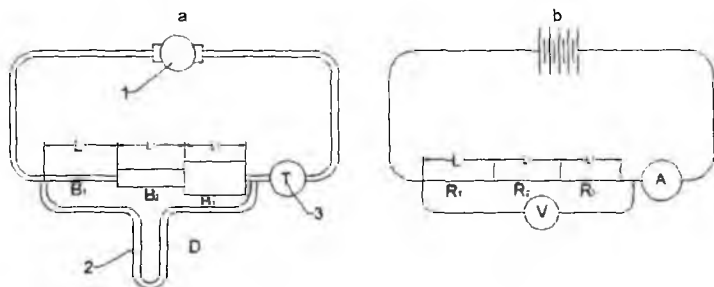
$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

bo'lib, (9.38) da

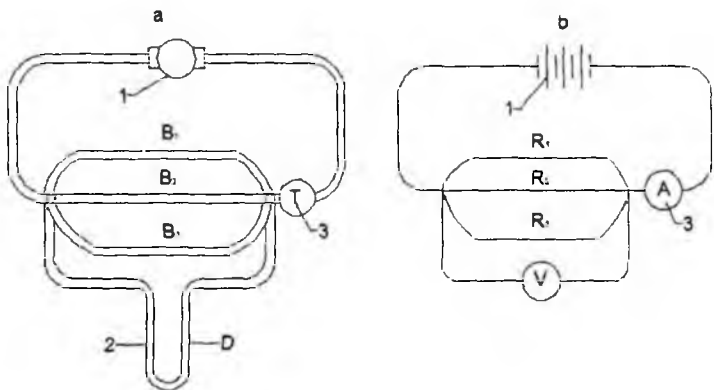
$$B_k = B_1 + B_2 + B_3$$



9.24.-rasm. Quvurlar va tok o'tkazgichlarni ketma-ket ulashda o'xshashlik.



9.25-rasm. Suyuqlik va tok o'tkazgichlarda o'xshashlikka doir chizma.



9.26-rasm. Quvurlar va tok o'tkazgichlarni parallel ulashdagi o'xshashlik.

O'tkazgichlar uchun esa

$$U_k = R_k$$
$$U_k = U_1 + U_2 + U_3 \quad (9.39)$$

va

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

bo'lib, (9.39) da

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3$$

Quvurlarni parallel ulashda esa (1.99-rasm) umumiy qarshilik

$$H = B_n Q_n \quad (9.40)$$

$$H = H_1 = H_2 = H_3$$

va

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

bo'lib, (9.40) da

$$\frac{1}{B_n} = \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_3}$$

o'tkazgichlar uchun esa

$$U = R_n I_n \quad (9.41)$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

va

$$\frac{1}{I_n} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \frac{1}{I_3}$$

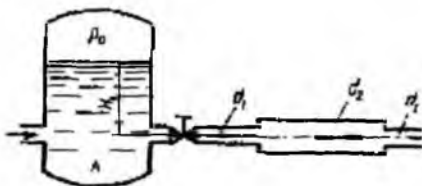
bo'lib, (9.41) da

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Bu qonuniyatlar quvurlarni va o'tkazgichlarni parallel hamda ketma-ket ulashdagi o'xshashlikni ko'rsatadi.

Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:

Masala. Berilgan quvurlar tizimi orqali, rezervuardan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfining miqdorini aniqlash lozim bo'lsin (9.27-rasm).



9.27-rasm.

Quvurlarning diametrlari, uzunligi va materiali ($\Delta; \lambda$) ma'lum bo'lib, quyidagi qiymatlarga ega bo'lsin:

$d_1 = 150 \text{ mm}; d_2 = 200 \text{ mm}; d_3 = 250 \text{ mm}; l_1 = 20 \text{ m}; l_2 = l_3 = 15 \text{ m}; \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,02$
 $H = 3,0 \text{ m};$

Jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti $\xi = 0,4;$

Yechimi: Masalani yechish uchun Bernulli tenglamasidan foydalanamiz. Bernulli tenglamasidan foydalanish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1) Kesimlarni tanlaymiz:

I-I va II-II

2) Taqqoslash tekisligini o'tkazamiz:

0-0,

3) Oqim uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f$$

4) Tenglamalardagi hadlarni aniqlaymiz:

$$z_1 = H; P_1 = P_a; V_1 = 0; \alpha_1 = \alpha_2 = 1$$

$$z_2 = 0; P_2 = P_a; V_2 = ?$$

5) Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yamiz:

$$H + \frac{P_a}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

bu yerdan:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Endi quvurlar tizimida yo'qolgan dam – h_f miqdorini aniqlaymiz:

Ma'lumki,

$$h_f = \sum h_o + \sum h_M$$

Quvur uzunligi bo'ylab yo'qolgan dam Darsi-Veysbax formulasi bo'yicha:

$$\sum h_o = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} = \frac{\lambda_1 V_1^2}{d_1 2g} + \frac{\lambda_2 V_2^2}{d_2 2g} + \frac{\lambda_3 V_3^2}{d_3 2g}$$

Uzilmaslik tenglamasidan

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2 = V_3 \omega_3$$

$\xi_1 = \frac{\omega_2}{\omega_1} V_3; V_2 = \frac{\omega_3}{\omega_1} V_3$ ekanligidan foydalanib, hamda $V_3 = V_2$

$$\sum h_o = \left[\frac{\lambda_1}{d_1} \left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \right)^2 + \frac{\lambda_2}{d_2} \left(\frac{\omega_3}{\omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_3}{d_3} \right] \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

yoki

$$\sum h_o = \xi_1 \frac{V_2^2}{2g}$$

Mahalliy qarshiliklarda damning yo'qolishi ko'rilayotgan misolda, quyidagi joylarda sodir bo'ladi: quvurning kirish qismida – (ξ_1); keskin kengayishda – (ξ_2); keskin torayishda – (ξ_3); berkitgichda – (ξ_4).

U holda

$$\sum h_M = \xi_1 \frac{V_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{V_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{V_3^2}{2g} + \xi_4 \frac{V_4^2}{2g}$$

Uzilmaslik tenglamasidan va $V_3 = V_2$ ekanligidan foydalanib

$$\sum h_M = \xi_1 \frac{V_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{V_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{V_3^2}{2g} + \xi_4 \frac{V_4^2}{2g} \quad (4)$$

Yoki

$$\sum_1 h_M = \xi_M \frac{V_2^2}{2g}$$

Jadvaldan mahalliy qarshilik qiymatlarini olib, ξ_M ni hisoblaymiz. (3) va (4) tenglamalarini (2) qo'yib tizimda yo'qolgan dam uchun quyidagi ifodani olamiz

$$h_f = \xi_M \frac{V_2^2}{2g} + \xi_1 \frac{V_2^2}{2g} = (\xi_M + \xi_1) \frac{V_2^2}{2g}$$

Yoki

$$h_f = \xi_S \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

bu yerda: ξ_s – tizimning qarshilik koeffitsiyenti.

(5) ifodani (2) ga qo‘yib

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \xi_s \frac{V_2^2}{2g}$$

bu yerdan

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\xi_s}} \sqrt{2gH}$$

Yoki

$$V_2 = \varphi \sqrt{2gH} ;$$

bu yerda φ – tezlik koeffitsiyenti.

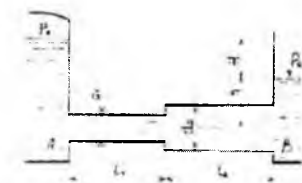
U holda quvurlar tizimi orqali oqib chiqayotgan sarf

$$Q = \mu \omega_3 \sqrt{2gH} = 0,17 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

bu yerda μ – sarf koeffitsiyenti.

Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Suv bir rezervuardan ikkinchisiga ketma-ket ulangan ikkita quvurlar orqali uzatiladi. Quvurlarning diametri va uzunligi mos ravishda $d_1 = 150 \text{ mm}$; $l_1 = 25 \text{ m}$; $d_2 = 200 \text{ mm}$; $l_2 = 35 \text{ m}$; gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,03$. Agar $H_1 = 3,0 \text{ m}$; $H_2 = 10 \text{ m}$; $P_M = 20 \text{ kPa}$ bo‘lsa, quvurdagi suv sarfi – Q ni aniqlang. Pezometrik va dam (napor) chiziqlarini chizing (9.28-rasm).



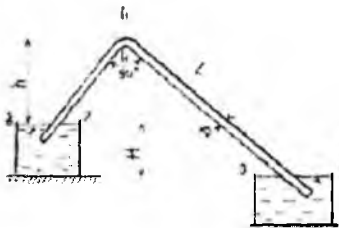
9.28-rasm.

2. Rezervuarga quyilayotgan sarf $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Rezervuarda o‘zgarmas suv sathini aniqlash uchun quvur orqali suv atmosferaga oqib chiqadi. Agar quvur uzunligi $\lambda = 0,025$ bo‘lib, rezervuarga kelayotgan va chiqayotgan sarf bir xil bo‘lishi uchun H -miqdorni aniqlang (9.29-rasm).



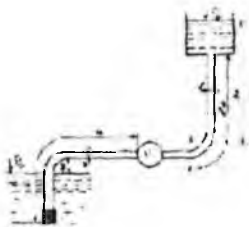
9.29-rasm.

3. Magistral kanaldan novga harorati $t = 20^{\circ}\text{C}$ suv po'lat sifon orqali uzatiladi. Sifonning diametri $D = 30$ mm: uzunligi m , sarfi $Q = 0,5$ l/s, $h = 4,0$ m bo'lsa, kanal va novdagi suvlar sathining farqini aniqlang (9.30-rasm).

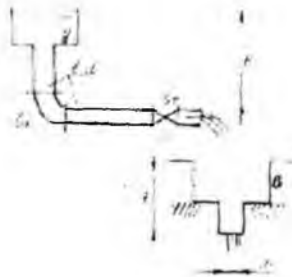


9.30-rasm.

4. Markazdan qochma nasos harorati $t = 20^{\circ}\text{C}$ suvni diametri $d = 100$ mm va uzunligi m li po'lat quvur orqali $N = 30$ m balandlikka uzatmoqda. Agar $x-x$ kesimdagi bosim $P_x = 0,2$ mPa bo'lsa quvurdagi suv sarfini aniqlang (9.31-rasm).



9.31-rasm.



9.32-rasm.

5. Suv A-rezervuardan B-rezervuarga diametri $d = 80$ mm va uzunligi $l = 10$ m quvur orqali uzatiladi. B-rezervuardan suv naycha orqali (sarf koeffitsiyenti $\mu = 0,82$) atmosferaga oqib chiqmoqda. Agar B-rezervuardagi suyuqlik sathi $h = 2,0$ m bo'lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0,03$; burilish va jo'mrakning qarshilik koeffitsiyentlari: $\xi_1 = 0,4$; $\xi_2 = 3,0$ bo'lsa, A-rezervuarda qanday dam (napor) H bo'lishi kerak (9.32-rasm).

IX bob bo'yicha nazorat savollari

1. Sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi
2. Quvurlarni ketma-ket va parallel ulash
3. Murakkab quvurlar
4. Quvurlarning tarmoqlarga bo'linishi.
5. Nasosdan ta'minlanuvchi quvur