

---

---

## 7-bob. DAMLI QUVURLARDA SUYUQLIK HARAKATI

### 7.1. Quvurlarning vazifasi va tafsiflanishi

Kundalik hayotimizda, texnikada quvurlarning keng qo'llanilishiga jahonda, mamlakatimizda ishlayotgan hamda qurilayotgan ko'p sonli quvurlar tarmog'i dalil bo'la oladi. Quvurlar, asosan, gaz, suv, neft va uning mahsulotlari, boyitilgan tog' jinslari konsentratlari, yoqilg'i aralashmalarini uzatishda qo'llaniladi. Quvurlarning qo'llanilish sohalari ancha keng. Masalan, melioratsiyada (drenaj — zax qochiruvchi quvurlar), sug'orishda (sun'iy yomg'ir hosil qiluvchi mashinalar), tibbiyotda (sun'iy qon tomirlari), issiqlik energetikasida (issiq suv va bug' uzatuvchi quvurlar) va sh.klarda.

Suyuq, gazzimon, qattiq mahsulotlarni va ularning aralashmalarini uzatishda quvur transporti xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida qo'llanilmoqda. Quvur suyuqlikni uzatishda foydalaniladigan eng arzon va sodda, miqdor va sifat jihatidan oson rostlanadigan moslama hisoblanadi.

Quvurlarning keng va turli-tuman sohalarda qo'llanilishi sababli, ularga keskin va goho zid talablar qo'yiladi. Quvurlarning qo'llanilishi sohasiga qarab, quvurlar qora va rangli metallardan, sopoldan, plastmassadan, temir-betondan, shishadan, kvarsdan, grafitdan va sh.k. materiallardan tayyorlanadi.

Quvurlar, o'zining uzunligi va diametri bo'yicha turlicha bo'ladi. Ishlab chiqarish texnikasida, ilmiy tadqiqot qurilmalarida va nazorat-o'lchov asboblari diametri eng kichik quvurlar (kapillarlar), gidroelektrostansiyalarining yerosti suv yo'llarida diametri bir necha metr va uzunligi bir necha yuz yoki ming kilometr bo'lgan magistral gaz, suv va neft quvurlari ishlatiladi. Quvurlarda haydaladigan suyuqlik turiga qarab, ular *suv, moy, mazut, neft, benzin* va sh.k. quvurlar deb ataladi.

Kichik diametrli quvurlar avtotransport va aviatsiya, robotlashtirilgan texnikada ishlatilsa, kapillarlar va arterial tomirlar esa qonni uzatishda ishlaydi. Quvurlar konstruksiyasiga va

ishlatilish sohasiga hamda bosimiga ko'ra, sodda va murakkab, mahalliy va magistral hamda bosimli hamda bosimsiz bo'ladi.

**Sodda quvur** suyuqlik oqib kirgan nuqtadan iste'molchigacha bo'lgan uzunlikda tarmoqlanmaydi. Ular o'zgaras diametrli yoki har xil diametrli va turli xil tekisliklarda yotgan hamda istalgan burchaklarga egilgan, ketma-ket ulangan quvurlardan tashkil topadi.

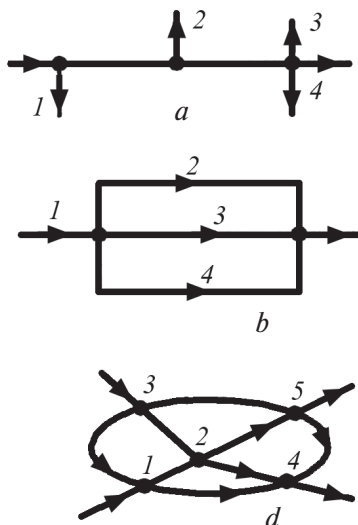
**Murakkab quvur** hech bo'lmaganda bitta tarmoqqa yoki qo'shimcha bitta quvur uloviga ega bo'ladi. Murakkab quvur asosiy magistral quvur va undan chiqqan tarmoqlardan tashkil topadi. Murakkab quvurning qismlarida suyuqlik bir tekis taqsimlanishi va iste'molchilarni ta'minlashi uchun, ularning ayrim qismlari birlashtirilib, bir butun tarmoq hosil qilinadi.

Murakkab quvurlar tasnifiga muvofiq quyidagi turlarga bo'linadi:

a) *tarmoqlangan* turi bu markaziy magistraldan suyuqlik tarmoqlarga uzatiladigan va ulardan ortiqchasi magistralga qaytib tushmaydigan quvur (2.17- a rasm). Ochiq yoki berk tarmoqli quvurlar bu turga misol bo'la oladi. Bu turdagi quvurlar ayrim kamchiliklarga ega. Masalan, tarmoq uzunligi bo'yicha quvurlarning diametri o'zgaruvchan va sarfi ham turlicha. Iste'molchilarning hammasi birdaniga tarmoqdan uziladi yoki ulanadi;

b) *parallel* turi bu markaziy magistralga parallel, bir va bir necha quvurlarga ega bo'lgan hamda ortiqcha suyuqlik markaziy magistralga qaytib tushadigan quvur (2.17- b rasm). Birinchi turdagi quvurlarda uchraydigan kamchiliklar parallel tarmoqli quvurlarda uchramaydi;

d) *halqasimon* turi bu yopiq tarmoq bo'ylab bir yoki bir necha magistralardan suyuqlik oladigan va ortiqchasini halqaga yoki magistralga qaytaradigan quvur (2.17- d rasm). Uchinchi



2.17-rasm. Quvur turlari: a—tarmoqlangan; b—parallel; d—halqasimon; 1—5—halqasimon quvurga ulanadigan quvur nuqtalari.

turdagi quvurlarda yuqoridagi kamchiliklarning eng oxirgisi uchramaydi. Quvur tarmog'ining biror qismi buzilganida, halokatga uchraganida yoki tiklash-ta'mirlash ishlari olib borilganida, quvurning shu qismi har ikki tomonidan berkitilib qo'yiladi, ammo tarmoqning boshqa qismlaridan iste'molchilar to'liq foydalanadi. Shuning uchun shaharlarda va boshqa aholi yashaydigan joylarda suv quvurlari halqasimon etib quriladi.

Murakkab quvurlardagi sarflar tranzit va yo'lakay sarflarga bo'linadi: tranzit sarfda magistral quvurdan uzatilgan modda miqdori o'zgarmas bo'ladi. Yo'lakay sarfda esa magistral uzunligi bo'ylab bir necha joydan suyuqlik tarmoqqa olinadi.

**Bosimli quvurlardagi** modda bosimi maxsus kompressor va nasos stansiyalari yoki suyuqlikning uzatilishida quvur trassasi joylashadigan yer relyefiga mos holda gidrodinamik bosim hosil qilinadi. Bosimli quvurlardagi suyuqlikning harakati ochiq o'zanlardagidan farq qiladi.

Bosimli quvurdagi moddaning tekis harakati uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi: *bosimli quvurlarning har bir metr uzunliklaridagi* bosim bir xil bo'ladi; bosimli quvurlarning har bir metr uzunliklaridagi dam isrofi va dam chizig'ining pasayishi ham bir xil bo'ladi; oqim bo'ylab dam chizig'ining qiyaligi o'zgarmas bo'ladi.

Bosimli quvurlar uchun oqim bo'ylab

$$(a\vartheta^2 / 2g) = const,$$

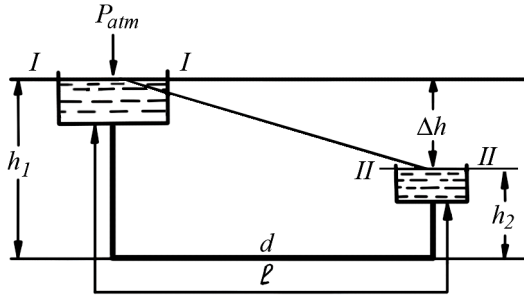
bu yerda,  $a = h_c$  — damning pasayishi.

Demak, bosimli quvurda suyuqlik tekis harakat qilgani uchun uning pyezometrik va dam chiziqlari o'zaro parallel bo'ladi va oqim uzunligi bo'yicha dam pasayishini ifodalaydi.

Quvurlar bilan suyuqlikni uzatishda nasoslar yordamida sun'iy hosil qilingan damlardan yoki suv bosimi minoralari hamda yerning baland-u pastligi hisobiga paydo bo'ladigan nivelir balandligidan foydalaniladi. Bu usullar gidrotexnik inshootlarga, xalq va qishloq xo'jaligiga suv yetkazib berishda hamda sug'orishda keng qo'llaniladi.

## 7.2. Quvurlar hisobi va ularni loyihalash

Quvurdagi suyuqlik damining isrofiga qarab, quvurlar gidravlik qisqa va gidravlik uzun bo'ladi hamda ularning loyihalari va hisobi bir-biridan mutlaqo farq qiladi.



2.18-rasm. Sodda quvur.

Mahalliy qarshiliklar hosil qiluvchi ko'p sonli elementlari bo'lgan, uncha uzun ( $L < 200$  m) bo'lmagan quvurni **qisqa quvur** deyiladi. Qisqa quvurlarda mahalliy isrof quvur uzunligi bo'ylab ishqalanishda isrof bo'lgan damning taqriban 5—10 % ini tashkil etadi. Quvur uzunligi ( $L > 200—500$  m) bo'ylab ishqalanishni yengishga isrof bo'lgan dam qiymati mahalliy qarshiliklarda isrof bo'lgan damga nisbatan juda katta bo'lgan quvurni **uzun quvur** deyiladi. Uzun quvurlarda mahalliy qarshiliklar hisobga olmaydigan darajada kichik bo'ladi.

Uzun quvurlarni loyihalashdan avval, quvur trassasi bo'ylab topografik qidiruv ishlari olib boriladi. Natijalarga mos keluvchi quvurning bo'ylama kesimi quriladi va butun uzunligi bo'ylab baland nuqtalari belgilanadi (2.18-rasm).

Uzun quvurning oxiridagi suyuqlik sarfi va dami berilgan bo'ladi. Quvur qurilishida ishlatiladigan quvur diametri va uning boshlang'ich nuqtasidagi suyuqlik dami hisoblab topilishi shart.

Buning uchun quvurning gidravlik hisob-kitobiga zarur bo'lgan Bernulli tenglamasi, o'zgarmas sarf tenglamasi, Darsi—Veysbax tenglamasidan foydalaniladi. Masalan, Shezi tenglamasi:

$$\vartheta = C \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} \quad (2.61)$$

dan foydalanib, suyuqlikning sarf tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = \vartheta S = CS \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} = CSR^2 \sqrt{\frac{h_w}{\ell}} = K \sqrt{i}; \quad (2.62)$$

$$K = CSR^2 = CS\sqrt{\frac{\pi^2 d^5 g}{8\lambda}},$$

bu yerda,  $K$  — quvurning sarf tavsifi;  $\lambda$  — gidravlik qarshilik ko'effitsiyenti;  $d$  — quvur diametri.

Quvurning sarf tavsifining qiymatlari yuqoridagi formulaga muvofiq hamma turdagi quvurlar uchun hisoblangan va maxsus jadval (Shevelev jadvali)ga kiritilgan. Quvurning gidravlik hisob-kitobini soddalashtirish va mahalliy qarshiliklarni yengishni osonlashtirish maqsadida ayrim tuzatma ko'effitsiyenti 5—10 % ga kattalashtiriladi.

Quvur qancha uzun bo'lsa, uning ehtiyot foizining zaxirasi shuncha kichik bo'ladi. Masalan, 10 % ehtiyotlik qiymati bilan §5.2.dagi (2.37) tenglama qo'llanilsa, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$h_w = 1,1\ell(Q^2 / K^2). \quad (2.63)$$

*Imkonli dam* tushunchasi kiritilsa, jami isroflarni qo'shib, suyuqlik damini hisoblaydigan Bernulli tenglamasi boshqacha ko'rinishda yoziladi:

$$H = \frac{\alpha_1 v^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v^2}{2g} + \sum h_w = \frac{v^2}{2g}(a_1 - a_2) + \sum h_w, \quad (2.64)$$

bu yerda,  $H = \left(h_1 + \frac{p_1}{\rho g}\right) - \left(h_2 + \frac{p_2}{\rho g}\right)$  — suyuqlikning imkonli dami bu quvurda isrof bo'lgan damlarning yig'indisini ifodalaydi;  $\frac{v^2}{2g}(\alpha_1 - \alpha_2)$  — suyuqlik oqimining kinetik energiyasining

pasayishi hisobiga isrof bo'lgan dam qiymati;  $\sum h_w$  — quvurda isrof bo'lgan jami dam qiymati.

Ko'pchilik holatlarda suv daryo, ko'l yoki suv omborlaridan quvur orqali so'rib olinadi va katta idishlarga yoki kanallarga haydaladi. Bunday holatlarda havzaning va quyiladigan joyning yuzasi quvurning yuzasiga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun oqim kinetik energiyasi o'zgarmaydi. Shuning uchun tenglamadagi kinetik energiyani e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Unda imkonli dam quvurdagi jami damning pasayishiga teng va u gidravlik qarshilikni yengishga sarflanadi:

$$H = \sum h_w . \quad (2.65)$$

Aksincha, quvur uzun, uning kirish va chiqishidagi tezlik dami, quvur uzunligi bo'yicha ishqalanishni yengishga isrof bo'lgan damga nisbatan hisobga olmaydigan darajada kichik bo'lganida, ta'minlovchi va qabul qiluvchi quvurlar o'lchamlaridan qat'i nazar, (2.65) tenglamadan foydalanish mumkin. Lekin suyuqlik sath ostidan atmosferaga oqib chiqadi. Suyuqlik sath ostidan atmosferaga oqib chiqqanida Bernulli tenglamasi-ning quyidagi shakllaridan foydalanish mumkin:

$$H = \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad \text{yoki} \quad H = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi + 1\right) \frac{v^2}{2g} .$$

Tenglamalardagi bir soni sath ostidan suyuqlikning oqib chiqishidagi mahalliy isrof koeffitsiyenti hisoblanadi. Aksincha atmosferaga suyuqlik oqib chiqqanida esa bir soni quvurning chiqishida oqimda qolgan kinetik energiyani hisobga oluvchi son bo'lib, turbulent oqimdagi Koriolis koeffitsiyenti ( $a = 1$ )ning qiymatini ifodalaydi.

Demak, uzunligi  $\ell$  va diametri  $d$  o'zgarmas, eng sodda quvurda turbulent harakatlanayotgan suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasini quyidagi shaklda qo'llash mumkin:

$$H = \frac{v^2}{2g} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right) = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4 2g} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right). \quad (2.66)$$

Maxsus jadvallarda keltirilgan oqimning ishqalanish va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining qiymatlarini tenglamaga kiritib, uni sodda quvurlarni hisoblash formulasi shakliga keltirish mumkin, ya'ni:

$$H = 0,0827 \frac{Q^2}{d^4} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right).$$

### 7.3. Sodda quvurlarning gidravlik hisobi

Amaliyotda quvurlarni hisoblash uchun qurilajak quvurning muayyan parametrlari talab qilinadigan shartga muvofiq berilgan bo'ladi. Masalan, quvur uzunligi, diametri, sarfi, bosimi va sh.k. oldindan beriladi.

Ma'lumki, sodda quvurlarning uzunligi bo'yicha uning diametri o'zgarmaydi va tarmoqlanmaydi. Shuning uchun sodda

quvurning hisobida uning uchta parametri beriladi va to‘rtinchisi aniqlanishi talab etiladi: sarf  $Q$  hisoblanishi kerak bo‘lganida quvurning diametri  $d$ , undagi dam  $H$  va quvur uzunligi  $\ell$  beriladi, aksincha holatlardagi bog‘lanishlar  $H=f(d, Q, \ell)$ ,  $d=f(Q, \ell, H)$  va sh.k.

Quvur hisobida ikki xil usul qo‘llaniladi:

- **birinchi usul** — quvurdagi jami qarshiliklarni hisobga oluvchi to‘liq usul;

- **ikkinchi usul** — sarf xususiyatlari e‘tiborga olinadigan (2.37) va (2.66) tenglamalari bo‘yicha hisoblanadigan mahalliy qarshiliklarning tuzatma koeffitsiyentlaridan foydalaniladigan qisqa hisob usuli.

Sodda quvurning to‘liq va qisqa hisobini qarab chiqamiz:

*1-masala.* Berilganlari: quvur uzunligi  $\ell$ , diametri  $d$  va quvurning boshlang‘ich  $h_1$  va oxirgi  $h_2$  nuqtalaridagi geodezik belgilari hamda suyuqlik sarfi  $Q$  bo‘lsin. Bosimli suv minorasi hosil qilgan  $H_m$  balandligi yoki nasos hosil qilgan  $H_n$  — dam aniqlanishi talab etilsin.

*Yechish.* To‘liq hisob (birinchi usul) uchun (2.66) tenglamadan foydalanamiz. Suyuqlik harakatining muayyan tartibi uchun Reynolds soni  $Re = 4Q/\pi vd$  hamda quvur g‘adirbudurligi  $\Delta$  dan aniqlanadigan  $\lambda$  va  $\xi$  koeffitsiyentlari qiymatlari topiladi.

Qisqa hisob (ikkinchi usul) uchun (2.63) tenglamadan foydalanamiz. Suyuqlikning sarf xususiyatining qiymati aniq diametrdagi quvurlar uchun maxsus jadvaldan olinadi. Suv bosimli minoraning balandligi yoki nasosning hosil qilgan dami quyidagidan topiladi:

$$H_{s.b.m.} = H_n = H - h_1 + h_2. \quad (2.67)$$

*2-masala.* Berilganlari: quvur uzunligi  $\ell_1$ , diametri  $d$ , suv bosimli minoraning dami  $H_{s.b.m}$  yoki nasos dami  $H_n$ , quvur boshlanishidagi va oxiridagi geodezik belgilar joylashgan nuqtalar balandliklari  $h_1$  va  $h_2$  shartlari uchun suv sarfi topilsin.

*Yechish. Birinchi usul.* To‘liq hisob uchun (2.41) tenglamadan foydalanib  $Q$  ni topamiz:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \ell / d + \Sigma \xi}}. \quad (2.68)$$

$\lambda$  va  $\xi$  — koeffitsiyentlar Reynolds sonining funksiyalari bo‘lganligi uchun  $Q$  ni to‘g‘ridan to‘g‘ri hisoblab bo‘lmaydi. Masala shartidan  $\lambda$  va  $\xi$  ni aniqlab bo‘lmaydi, chunki koeffitsiyentlar noma‘lum qiymatlar va qidirilayotgan  $Q$  bilan ham bog‘langan. Faqat masala yechimini ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib topish mumkin. Birinchi yaqinlashishda qarshilikning kvadratik qonuni o‘rinli deb qabul qilinsa, unda  $\lambda$  va  $\xi$  koeffitsiyentlari Reynolds soniga bog‘liq bo‘lmaydi.

**Ikkinchi usul.** Bu usuldagi hisob uchun (2.62) tenglamadan foydalanib hisob olib boriladi:

$$Q = \vartheta S = CS \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} = CSR^2 \sqrt{\frac{h_w}{\ell}} = K \sqrt{i}.$$

Masala shartiga mos berilgan quvur diametriga to‘g‘ri keluvchi sarf qiymatlari maxsus jadvaldan topiladi.

Imkoni bo‘lgan dam (2.63) nisbatdan aniqlanadi:

$$H = H_{s.b.m.} + h_1 - h_2.$$

Unda suyuqlik sarfining mahalliy isrofini hisobga olib, 10 % xaxira bilan  $Q$  ni hisoblaymiz:

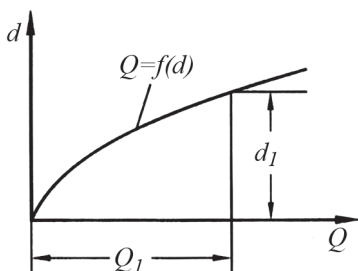
$$Q = K \sqrt{\frac{H_{s.b.m.} + h_1 - h_2}{1,1 \ell}}. \quad (2.69)$$

**3-masala.** Berilganlari: nasos dami  $H_n$  yoki suv bosimli minora dami  $H_{s.b.m.}$ , suyuqlik sarfi  $Q$ , quvur uzunligi  $\ell$  hamda geodezik belgilar balandliklari  $h_1$  va  $h_2$  bo‘lgan shartlar uchun suv quvurining diametri  $d$  hisoblab topilsin.

*Yechish.* **Birinchi usul.** Masala yechimini topish uchun aniq bo‘lgan Reynolds tenglamasi tarkibiga diametr qiymati kiradi va shu bilan birga (2.66) yoki (2.67) tenglamalar esa istalayotgan diametrga nisbatan, logarifmik shaklga keltirib bo‘lmaydigan yuqori darajadagi tenglamalar ekanligi hisobga olinadi.

Masalani ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib yechiladi. Unda, qarshilikning kvadratik qonuni o‘rinli deb qabul qilinsa,  $x$  koeffitsiyenti  $d$  diametrning funksiyasi bo‘lib qoladi. Shunda (2.66) tenglamasini quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:





2.19-rasm. Berilgan sarf asosida quvur diametrini hisoblash grafigi.

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \ell / d + \Sigma \xi}} = f(d), \quad (2.70)$$

bu yerda,  $\lambda = f_1(d)$ .

O'zgarmas  $H$  dam ostidagi quvurning  $d$  diametri bilan  $Q$  sarf orasidagi bog'lanish  $Q = f(d)$  grafigini millimetrli qog'ozda (2.19-rasm) quramiz. Grafikdan talab etilgan sarfga mos keluvchi quvurning  $d$  diametrini aniqlash mumkin.

**Ikkinchi usul.** Birinchi usuldagiday  $K=f(d)$  bog'lanish grafigini  $K = \sqrt{\pi^2 g d^5 / 8 \lambda}$  formuladan foydalanib quramiz.

Keyin ifodadan  $K = Q \sqrt{1,1 \ell / H}$  qiymati hisoblab topiladi va grafikdan unga mos keluvchi quvur diametri topiladi. Dam qiymati  $H = H_{s.b.m.} + h_1 - h_2$  ifodadan masala shartiga muvofiq hisoblanadi. Grafik qurmasdan Shevelev jadvalidan  $K$  qiymatiga mos keluvchi quvur diametrini aniqlash mumkin.

Kichik diametrli quvurlar qurilishi uchun ham mablag' sarflansa-da, lekin quvur diametri qancha kichik bo'lsa, undagi damning isrofi shuncha ko'payadi. Bu kamchilik quvur hisobida chetda qolmasligi kerak.

Iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq quvur diametrini hisoblashda V.S. Yablonskiy formulasidan foydalanish mumkin:

$$d_{i.s.} = \sqrt{4Q / \pi \vartheta} = 1,13 \sqrt{Q}. \quad (2.71)$$

V.S. Yablonskiy formulasida iqtisodiy jihatdan eng qulay diametrga mos keluvchi suyuqlik oqimi tezligi  $d = 1,0$  m.ga yaqin.

Mashinasozlikda gidravlik qisqa quvur bilan ish ko'riladi. Masalan, gidrouzatmalar avtomobil va traktorning ta'minlash sistemasida, metallga kesib ishlov beruvchi dastgohlarning moylash sistemasida, nasoslarning suruvchi quvurlarida va sh.k.larda keng qo'llaniladi.

## 7.4. O'zgaruvchan diametrli sodda quvur hisobi

O'zgaruvchan diametrli sodda quvur ketma-ket ulangan quvurlardan tashkil topadi. Bu quvurlar bir yoki turli chiziqda yotishi mumkin (2.20-rasm). Masalan, quvur uch xil diametrli va uzunlikdagi qismlardan tashkil topgan bo'lsin. Shu shart uchun Bernulli tenglamasini yozish mumkin:

$$h_1 - h_2 = H = h_{w_1} + h_{w_2} + h_{w_3}, \quad (2.72)$$

bu yerda,  $h_{w_1}$ ,  $h_{w_2}$ ,  $h_{w_3}$  — quvurning birinchi, ikkinchi va uchinchi qismlardagi dam isroflari;  $h_1$ ,  $h_2$  — suyuqlik sathlarining boshlang'ich va oxirgi balandliklari.

Yuqorida o'rganilgan hisoblash usulidan foydalanamiz.

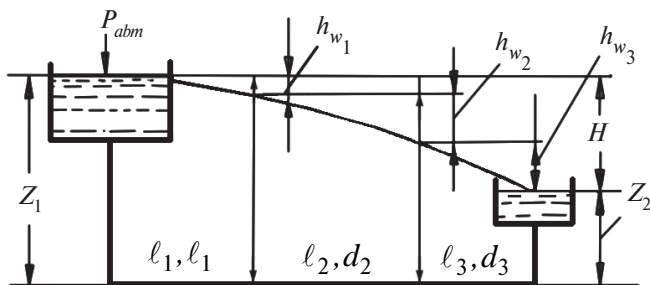
**Birinchi usul.** Quvur birinchi qismidagi dam isrofi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$h_{w_1} = \lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1} \frac{\vartheta_1^2}{2g} + \sum \xi_1 \frac{\vartheta_1^2}{2g} = \left( \lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1} + \sum \xi_1 \right) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d_1^4}, \quad (2.73)$$

bunda,  $\lambda_1$  va  $\xi_1$  — gidravlik va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari;  $\ell_1$  va  $d$  — quvurning uzunligi va diametri;  $\vartheta$  va  $Q$  — oqim tezligi va sarfi.

(2.73) shakldagi tenglamalarni quvurning qolgan qismlari uchun ham yozib va ularni (2.72) tenglamaga qo'yib, hosil qilamiz:

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left[ \left( \lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1^5} + \lambda_2 \frac{\ell_2}{d_2^5} + \lambda_3 \frac{\ell_3}{d_3^5} \right) + \sum \xi_1 + \sum \xi_2 + \sum \xi_3 \right]. \quad (2.74)$$



2.20-rasm. O'zgaruvchan kesimli quvur chizmasi.

Tenglamaga jadvallardan olingan va hisoblab topilgan qiymatlarni kiritib, umumiy dam isrofi hisoblanadi.

**Ikkinchi usul.** Quvurning istalgan qismidagi dam isrofini (2.37) tenglamadan foydalanib hisoblash mumkin:

$$h_{w_i} = Q^2 \frac{\ell_i}{K_i^2}. \quad (2.75)$$

Unda umumiy dam isrofini quyidagi shaklda yoziladi:

$$H = Q^2 \left( \frac{\ell_1}{K_1^2} + \frac{\ell_2}{K_2^2} + \frac{\ell_3}{K_3^2} \right) \quad (2.76)$$

yoki

$$H = Q^2 \sum \frac{\ell_i}{K_i^2}. \quad (2.77)$$

*Demak, turli diametrli quvurlar ketma-ket ulanganida, quvurning butun uzunligi bo'ylab isrof bo'lgan to'la dam qiymati, ularning har bir qismida yo'qotilgan dam qiymatlarining yig'indisiga teng ekan.*

(2.74) va (2.77) tenglamalardan ko'rinadiki, o'zgaruvchan kesimli quvurning birinchi va ikkinchi masalalari yechimi ham xuddi o'zgarmas kesimli quvurnikiga o'xshash bo'lar ekan.

Uchinchi masala yechimini topish uchun quvurning har bir qismining uzunligi va diametrini aniqlashda esa, ayrim noaniqliklar paydo bo'ladi, chunki har bir tenglamada bir qator noaniq sonlar bor, ularning soni quvur qismlari soniga teng. Masala yechimini topish uchun, faqat bitta quvurdan tashqari, hammasining o'lchamlari berilishi kerak yoki yuqorida keltirilgan grafik usulidan foydalanib hisoblashlarni bajarish kerak.

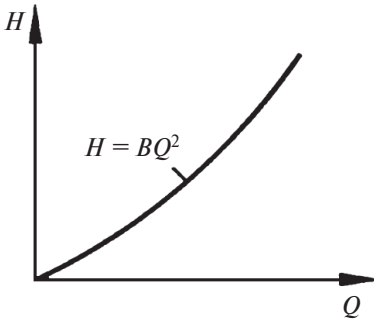
Hisoblashlarni soddalashtirish uchun quvurning *tavsif koeffitsiyenti* tushunchasi kiritiladi.

Unda (2.77) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

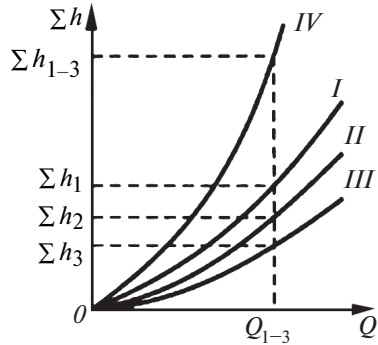
$$H = BQ^2, \quad (2.78)$$

bu yerda,  $\sum \ell_i / K_i^2 = B$  — quvurning gidravlik qarshiligi qiymatini baholaydigan tavsifiy koeffitsiyent.

Demak, (2.78) tenglamadan ko'rinadiki, **o'zgaruvchan diametrli quvur** uchun umumiy dam isrofi sarf funksiyasi ekan, ya'ni  $H = f(Q)$ . Bu bog'lanishning grafigi *parabola* shaklida bo'ladi (2.21-rasm). Diametri o'zgaruvchan va ketma-ket



2.21-rasm. Quvurdagi dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligi.



2.22-rasm. Ketma-ket ulangan quvurdagi dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligi.

ulangan quvurning istalgan bir xil diametrliligi uchun tavsifiy koeffitsiyenti  $B$  hisoblanadi va bog'lanish funksiyasidan foydalanib, quvur uchun *gidravlik tavsif grafiklari* quriladi (2.22-rasm).

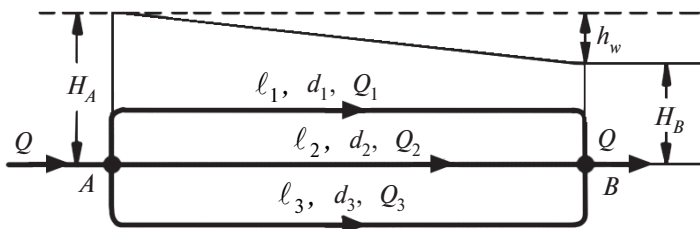
### 7.5. Murakkab quvurning gidravlik hisobi haqida umumiy tushunchalar

Turmushda va ishlab chiqarish amaliyotida turli xil konstruksiyadagi quvurlar ishlatiladi. Ular o'zining sodda yoki murakkabligi, kalta yoki uzunligi va sh.k. parametrlari bilan bir-biridan farq qiladi. Murakkab quvur tarkibiga bir necha tarmoqlangan quvur elementlari kiradi. Murakkab quvur ko'pchilik holatlarda magistral shaklda quriladi. Shuning uchun uning hisobi murakkab va qiyin bo'lgani sababli, u to'g'risida ayrim tushunchalar va soddaroq misollarni keltiramiz. Masalan, parallel ulangan quvurlar hisobini qarab chiqamiz (2.23-rasm).

Murakkab quvur hisobi uchun uning qismlarining uzunligi  $\ell$ , diametri  $d$  va quvur o'tadigan yerning eng muhim nuqtalaridagi topografik belgilari  $A$  va  $B$  berilgan bo'lsin. Murakkab quvurning har bir parallel shoxobchasida yo'qotilgan dam qiymati bir xil va u Bernulli tenglamasidan aniqlanadi:

$$H = H_A - H_B.$$

Suv tirsaklaridagi isroflar hisobga olinmasa, unda quvurdagi  $H$  dami, uning  $A$  va  $B$  nuqtalari oralig'idagi qarshiliklarni



2.23-rasm. Parallel ulangan quvurlar chizmasi.

yengishga sarflanadi.  $A$  va  $B$  nuqtalari oralig'ida uchta shoxobcha joylashgani va ular parallel bo'lgani (2.23-rasm) sababli, ular-dagi dam isrofi o'zaro teng bo'ladi, ya'ni:

$$H = h_{w_1} = h_{w_2} = h_{w_3}$$

yoki

$$h_{w_1} = \frac{Q_1^2 \ell_1}{K_1^2}; \quad h_{w_2} = \frac{Q_2^2 \ell_2}{K_2^2}; \quad h_{w_3} = \frac{Q_3^2 \ell_3}{K_3^2}.$$

Bu ifodalardan sarf kattaligini topamiz va ularni to'la sarf tenglamasi ( $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ )ga kiritamiz, keyin undan to'la dam isrofini topamiz:

$$Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{H}{\ell_1}}; \quad Q_2 = K_2 \sqrt{\frac{H}{\ell_2}}; \quad Q_3 = K_3 \sqrt{\frac{H}{\ell_3}}.$$

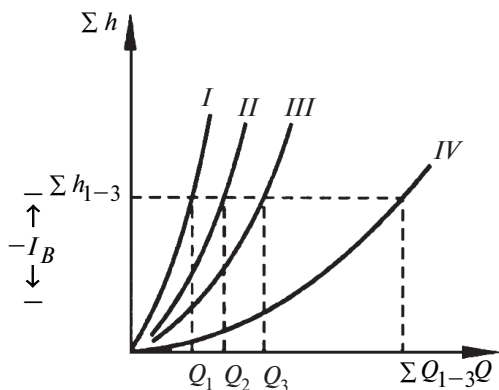
$$Q = H \left[ \left( K_1 / \sqrt{\ell_1} \right) + \left( K_2 / \sqrt{\ell_2} \right) + \left( K_3 / \sqrt{\ell_3} \right) \right]; \quad (2.79)$$

$$H = \frac{Q^2}{\left[ \left( K_1 / \sqrt{\ell_1} \right) + \left( K_2 / \sqrt{\ell_2} \right) + \left( K_3 / \sqrt{\ell_3} \right) \right]^2}, \quad (2.80)$$

bunda

$$\frac{1}{\left( K_1 / \sqrt{\ell_1} + K_2 / \sqrt{\ell_2} + K_3 / \sqrt{\ell_3} \right)^2} = \frac{\ell_1}{K_1^2} + \frac{\ell_2}{K_2^2} + \frac{\ell_3}{K_3^2} = \sum \frac{\ell_i}{K_i^2} = B.$$

Ma'lum bo'lgan (2.78) tenglama topildi. Uni quvurning gidravlik tavsifini ifodalovchi grafik ko'rinishida qo'llash mumkin. Parallel ulangan quvur uchun gidravlik tavsif grafigini ko'rishda hamma parallel ulangan shoxobchalardagi suyuqlik sarflari yig'ilishini va dam isrofi sifatida faqat bittagina shoxobchadagi isrofdan foydalanish mumkinligini hisobga olish kerak. Shuning uchun avval (2.78) tenglama asosida har bir shoxob-



2.24-rasm. Parallel ulangan quvurlarda dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligining grafigi.

cha uchun tavsif grafiklari ko'riladi, so'ngra ularning (chizmaning gorizont tekisligida qo'shib, parallel shoxobchali quvurning) umumlashgan gidravlik tavsifi ko'riladi (2.24-rasm).

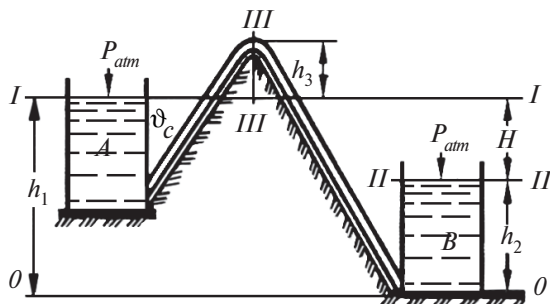
Demak, har qanday quvurning umumiy gidravlik tavsif grafigini ko'rish uchun, eng avvalo, quvur qismlari uchun gidravlik tavsif grafiklarini ko'rish shart, so'ngra esa ularning yig'indisidan umumlashgan gidravlik tavsif grafigi qurilar ekan.

### 7.6. Sifonli quvur haqida tushuncha

Sifonli quvur yoki sifondan (yunoncha «quvurcha» so'zidan olingan) suyuqlik o'z oqimi bilan quyida joylashgan idishga nisbatan balandroqdagi *A* rezervuaridan sizilib, suyuqlikning erkin sirti (I—II kesim)ga nisbatan balandroqqa ko'tariladi, so'ngra *B* rezervuariga og'irlik kuchi ta'sirida oqlb tushadi (2.25-rasm).

Sifon sodda quvurlar turiga mansub bo'lib, shoxobcha va parallel qismlarga ega bo'lmaydi. Sifonli quvurning eng asosiy xususiyatlaridan biri — uning ko'tarilayotgan va pastga qarab tushayotgan quvur qismlari ichidagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo'ladi.

Sifonni ishga tushirish uchun, avval, u suyuqlikka to'ldiriladi, ya'ni o'qlanadi. Sifon sifatida kichik o'lchamdagi shlang yoki po'lat quvur ishlatilsa, uning bir uchi suyuqlikka botiriladi va ikkinchi uchidan yoki eng baland nuqtasidan undagi havo surib chiqariladi. Shunda yuqoriga ko'tariluvchi quvur



2.25-rasm. Sifonli quvur chizmasi.

qismida suyuqlik eng baland nuqtasigacha ko‘tariladi va undan oshib o‘tadi hamda pasayuvchi qismini to‘ldira boshlaydi. Sifonning ikkinchi uchi keskin ochilganida, suyuqlik birdan harakatga kelib qo‘shimcha vakuum hosil qiladi va sifon ishga tushadi. Eng sodda usuli bu — sifon suyuqlikka to‘ldirilgandan so‘ng, uning bo‘sh uchi keskin pasaytiriladi. Bu usul temir-beton nov ariqlarning istalgan joyidan suv olib, ekinlarni sug‘orishda ko‘p ishlatiladi. Sifon quvurlar va umuman olganda hamma turdagi quvurlarning so‘rish balandligi 6—7 m.dan oshmaydi.

Ko‘p miqdordagi suyuqlikni uzatishga mo‘ljallangan katta o‘lchamli sifonli po‘lat quvurlardagi havo maxsus havo nasosi yoki ejektor bilan surib chiqariladi. Suyuqlik bug‘ining sifon ichida ko‘p hosil bo‘lishi, quvurning eng baland qismida suyuqlikning uzilishiga olib keladi, shunda butun sifon qurilmasi ishlamay qoladi.

Sifonli quvurning gidravlik hisobi, umuman olganda, sodda quvurnikidan katta farq qilmagani uchun hamma hisoblar Bernulli tenglamasi asosida olib boriladi.

### 7.7. Bosimli quvurdagi gidravlik zarb

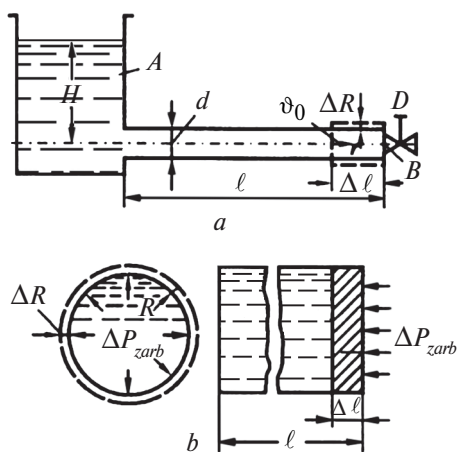
Bosimli quvurdagi suyuqlikning tezlik qiymatini vaqt davomida o‘zgarishi hisobiga gidrodinamik bosimning keskin ortib yoki pasayib ketish hodisasiga *gidravlik zarb* deyiladi. Quvurlarda harakatlanayotgan suyuqlik yo‘li keskin to‘silishi hisobiga bosimning keskin ortib ketish hodisasi kuzatiladi. Suyuqlik harakatining keskin to‘xtab qolishiga surilma qopqoq (zadvijka)ning tez berkitilishi, to‘satdan nasos yoki turbinaning

to'xtab qolishi, turli-tuman halokat (avariya)lar va sh.k.lar sabab bo'la oladi. Katta tezlikda va ko'p miqdordagi suyuqlik harakatlanganida gidravlik zarb uchun magistral quvurlarda ancha xavflidir. Xususan, quvurdagi bosimning keskin ortishi, uning ulangan joylari (chok, flanes, o'tish nuqtalari)ning teshilishi yoki quvur devorlarining yorilishi hamda nasos va kompressorlarning darz ketib, ishdan chiqishi bilan tugaydi.

Gidravlik zarb bu suyuqlik harakatining nobarqarorligini xususiy holi bo'lib, uning nazariyasini N.E. Jukovskiy 1898-yili yaratgan. Bu qonuniyat quvurda tez kechadigan davriy jarayonligini hamda suyuqlik va quvur devorining elastik deformatsiyasiga bog'liqligini isbotlagan.

Faraz qilaylik, gidrodinamik bosimi  $P_1$ , uzunligi  $\ell$ , diametri  $d$  bo'lgan gorizontaal quvurda o'rnatilgan  $D$  surilma qopqoq orqali suyuqlik o'rtacha  $\vartheta_0$  tezlik bilan harakatlanib o'tayotgan bo'lsin (2.26-a rasm). Agar quvurdagi  $D$  surilma qopqoq ilkidan yopilsa, uning oldida suyuqlik keskin harakatdan to'xtaydi. Qopqoqning old qismidagi quvur bo'ylab biror  $\Delta\ell$  uzunlikda yuqori bosimli soha hosil bo'ladi. To'silgan suyuqlik zarralarining kinetik energiyasi keskin kamayadi, aksincha potensial energiyasi ortadi, natijada o'tish sohasidagi bosim qiymati  $\Delta P_{zarb}$  kattalikka ortadi. Bu ortiqcha  $\Delta P_{zarb}$  bosim

suyuqlikni siqishga, suyuqlik esa quvur devorini kengaytirishga energiyasini sarflab ish bajaradi (2.26-b rasm). Chunki real suyuqlik siqilganda (oz miqdorda bo'lsa-da), uning quvurdagi hamma massasi birdaniga keskin to'xtamaydi, aksincha, past bosimli qismiga tomon, oqimga qarama-qarshi yo'nalishda,  $\Delta P_{zarb}$  bosimli suyuqlik massasi biron tezlik bilan harakatlanadi.  $\vartheta$  ni zarb to'qlinining tarqalish tezligi deyiladi va suyuqlik yo'li to'silgandan so'ng, bu



2.26-rasm. Gidravlik zarb hodisasini tushuntirishga (a) va bosimini hisoblashga (b) doir chizmalar.



to‘lqin quvurning boshlang‘ich uchiga  $t = \ell / \vartheta$  vaqtda yetib boradi. Bu jarayonda suyuqlik muvozanatda bo‘la olmaydi. Bosim  $\Delta P_{zarb}$  ta‘sirida suyuqlik zarralarining harakati quvurdan rezervuar tomon to‘xtamaydi va  $t = 2\ell / \vartheta$  vaqtda quvurda boshlang‘ich bosim tiklanadi. Shunday bo‘lsa-da, suyuqlik zarralarining harakati quvurdan rezervuar tomon to‘xtamaydi va unga qarshi quvurdagi bosimni kamaytiruvchi yangi to‘lqin qopqoqdan rezervuar tomon tarqala boshlaydi. Bu to‘lqin berkilgan quvur devoriga siqilib kengayib borayotgan suyuqlikni ortda qoldirib,  $t = 3\ell / \vartheta$  vaqtdan so‘ng rezervuarga yetib boradi. Shu to‘lqin yana  $t = 4\ell / \vartheta$  da rezervuarga qaytib, boshlang‘ich holatni tiklaydi.  $t = 4\ell / \vartheta = T$  ni gidravlik zarb davri deyiladi.

Zarb to‘lqini oqimidagi kinetik energiya  $E_k = m\vartheta^2 / 2$  shu quvur devorlarini kengaytirishga  $A_1$  ish va suyuqlikni siqishga  $A_2$  ish sarflanishini N.E. Jukovskiy isbotlagan:

$$E_k = A_1 + A_2. \quad (2.81)$$

Oqimning kinetik energiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E_k = \frac{m\vartheta_0^2}{2} = \rho \ell \frac{\rho d^2}{4} \frac{\vartheta_0^2}{2} = \rho \ell \pi r^2 \frac{\vartheta_0^2}{2}. \quad (2.82)$$

N.E. Jukovskiy (2.82) tenglamani quvur devorining kengayish ishiga va suyuqlikni siqishga sarf bo‘lgan ishlar yig‘indisiga tenglashtirib, undan zarb bosimi  $P_{zarb}$  va zarb to‘lqinining tarqalish tezligi  $\vartheta_{zarb}$  aniqlanadigan tenglamalarni berdi:

$$P_{zarb} = \frac{\sqrt{\rho \vartheta_0^2}}{\sqrt{2 \left( \frac{r}{E\delta} + \frac{1}{2\varepsilon} \right)}} = \frac{\sqrt{\rho^2 \vartheta_0^2}}{\sqrt{\rho \left( \frac{2r}{E\delta} + \frac{1}{\varepsilon} \right)}} = \rho V_0 \vartheta_1 = m\vartheta_1, \quad (2.83)$$

bu yerda,  $\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\frac{2r\rho}{E\delta} + \frac{\rho}{\varepsilon}}} -$  suyuqlikning tezligi;  $(2.84)$

$E$  — quvur devorining elastik moduli;  $\varepsilon$  — suyuqlikning hajmiy elastiklik moduli;  $\delta$  — quvur devorining qalinligi.

Demak, gidravlik zarbni susaytirish yoki so‘ndirish uchun quvurdagi qopqoqning yopilish vaqtini uzaytirish kerak ekan.

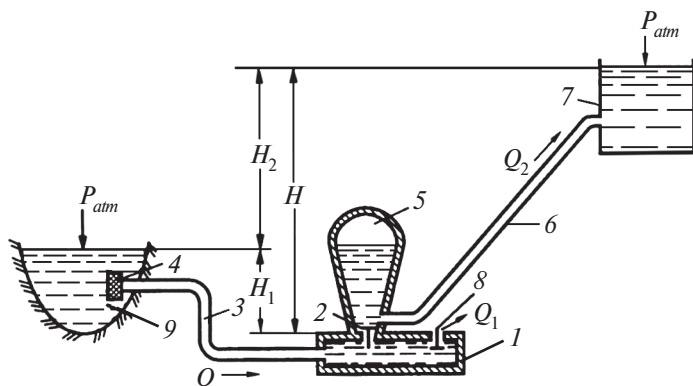
Gidravlik zarbga qarshi turli usullar ishlab chiqilgan va ular katta magistral quvurlarda qo'llaniladi. Masalan, quvurdagi bosimni bir xil tutishda, rostlangan maxsus saqlash klapanlari bosim ortganida ochiladi; zarb bosimini to'ldiruvchi kompensatsiyalovchi qurilmalar havo qalpog'i, tenglashtiruvchi rezervuarlar, gidroakkumulatorlar, quvurning oraliq nuqtalarida o'rnatiladigan teskari klapanli qurilmalar, belgilangan bosimdan, uning kattaligi ortganida, pardalar yirtilib suyuqlikni tashqariga chiqarib yuboradigan diafragma saqlash qurilmalari, ayrim holatlarda zarb bosimining ta'sirini kamaytirish maqsadida quvurga turli xil qo'shimcha moslamalarni kiritmasdan faqat zaif bo'g'inlarning mustahkamligi orttiriladi.

### 7.8. Gidravlik zarbning amaliyotdagi tatbiqi

Gidravlik zarb ta'sirida suyuqlik bosimining keskin ortib ketishi quvur, nasos, kompressorlar uchun juda ham xavfli hisoblanadi. Olimlar va ixtirochilar o'zlarining aql-zakovati bilan bu hodisadan samarali foydalanish sohasini topishgan. Masalan, 1796-yili suvni yuqoriga ko'tarib berish mashinasi — gidravlik zarb ixtiro etildi.

Gidravlik zarb eng sodda moslama bo'lib, suvni biror gorizontal  $H$  balandlikdan, undan ancha  $H_2$  balandlikda joylashgan havzaga ko'tarishda gidravlik zarb hodisasidan foydalaniladigan qurilmadir (2.27-rasm). Gidravlik zarb ishchi kamera (1), qattiq zarba beruvchi klapan (8), so'ruvchi klapan (2), havo qalpog'i hosil qiluvchi idish (5) va uzatuvchi quvur (suv ko'taruvchi) (6), yuqorida  $H_2$  joylashgan havza (7), zarb qurilmasini suv bilan ta'minlovchi quvur (3) havzaga yoki boshqa biror manbaga filtr (4) dan tashkil topgan. Bu manbalardagi suv zaxirasi (9) yetarli darajada ko'p bo'lishi va qabul etuvchi (7) basseyn suv beruvchi havza (9) dan ancha balandlikda joylashishi shart.

Gidravlik zarbni ishga tushirish uchun qurilmadagi ikkala klapan ham boshlang'ich holatida yopiq, havo qalpog'i (5) dagi ortiqcha bosim  $P = \rho g H$  ga teng hamda ta'minlovchi havza (9) dagi suv tinch (harakatsiz) bo'lishi kerak. Gidravlik zarbni ishga tushirish uchun avvalo, zarb klapani (8) ni ochish kerak. Shunda suv klapani (8) orqali katta miqdordagi suv oqib chiqadi va ta'minlovchi quvurdagi (3) suv tezligi noldan farqli



2.27-rasm. Gidravlik zarb chizmasi.

biror aniq  $\vartheta_{chegar}$ . chegaraviy qiymat, ya'ni yuqori basseynning eng katta dami  $H$  qiymatidan biroz ko'proq bo'lishi kerak. Bu dam qiymati ta'minlovchi quvur sistemasidagi gidravlik qarshilikka va yuqori basseynning eng katta dami  $H$  qiymatiga mos kelishi shart. Jami damlar isrofi gidravlik qarshiliklardan katta bo'lishi zarur.

Gidravlik zarb ishga tushish oldidan tezlik dami bilan birgalikda zarb klapanining ostidan ta'sir etuvchi gidrodinamik bosim ham ortadi. Bu bosim ta'sir kuchining qiymati ( $\delta$ ) klapan og'irligidan katta bo'lganida u yopiladi va gidravlik zarb paydo bo'ladi. So'ruvchi quvurdagi bosim keskin ortadi va natijada so'ruvchi (2) klapan ochiladi. Bosim ostidagi suv havoy qalpog'i (5) ga o'tadi, so'ngra qalpoq ostidagi suv havoy qalpog'iga o'tadi, so'ngra qalpoq ostidagi havoni siqib so'ruvchi quvur (6) orqali qabul qiluvchi (7) basseynga quyiladi.

Zarb klapanining yopilishi bilan ta'minlovchi quvur (3) da oqim to'liqini boshlanadi, natijada undagi suyuqlik harakatining tezligi va bosimi kamayadi. Muayyan vaqtdan so'ng, ta'minlovchi quvurdagi bosim shu darajada pasayadiki, shunda so'ruvchi klapan (2) yopiladi va zarb klapani (8) avtomatik ravishda ochiladi. Sikl qaytadan boshlanadi.

Gidravlik zarb qurilmasi suvni porsiyalab (bo'lib-bo'lib), avtomatik uzatib ishlaydi, havoy qalpog'i esa so'ruvchi quvurdagi suv oqimining uzilib-uzilib oqishi (pulsatsiya)ni kamaytirib, yuqoridagi basseynga bir me'yorda suvning uzatilib turishini ta'minlaydi. Suv havzasidan uzatilayotgan suv miqdorining anchagina qismi zarb klapani orqali tashqariga oqib chiqadi. Tashqariga oqib chiqqan suv boshqa maqsadlarda ishlatiladi.

Zarb qurilmasini ishga tushirishga zatvorni ochishga sarf bo'ladigan quvvat quyidagidan topiladi:

$$N_{zat} = \rho g Q (H_1 + \sum h_{w1}). \quad (2.85)$$

Zarb qurilmasining foydali quvvati quyidagicha ifodalanadi:

$$N_{to'l} = \rho g Q (H_2 + \sum h_{w2}), \quad (2.86)$$

bu yerda,  $H_2$  — foydali so'rish balandligi;  $\sum h_{w2}$  — so'rish sistemasidagi isroflar.

Sistemadagi isroflar hisobga olinmasa, gidravlik zarb qurilmasining foydali ish koeffitsiyentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = N_{to'l} / N_{sarf} = Q_2 H_2 / (Q H_1). \quad (2.87)$$

Zarb qurilmasining foydali ish koeffitsiyenti, asosan yuqori va pastki havzalardagi suyuqlik sath balandliklari nisbatiga, ya'ni damlar  $H/H_1$  ga bog'liq bo'ladi.

Gidravlik zarb qurilmalarini sug'orish va suv ta'minotida hamda dasht va tog joylardagi o'tloqlarga suv chiqarishda qo'llash mumkin.

### *Nazorat savollari*

1. Quvurlar tavsifi va tasnifini ayting.
2. Quvur vazifalari, ishlatilishi haqida misollar keltiring.
3. Sodda va murakkab quvurlar ta'rifini bayon eting.
4. Quvurni hisoblashda unga qo'yiladigan maqsad — vazifa va talablarni ayting.
5. Quvurning diametri qanday formula bilan hisoblanadi?
6. Sodda quvur hisobi nimalarni o'z ichiga oladi?
7. Quvur parametrlarining o'zaro bog'lanishini ifodalovchi formulani yozing va uni ishlatishni tushuntiring.
8. Quvur hisobida tavsifiy koeffitsiyent va grafik usuli ma'nosini tushuntiring.
9. Quvurning gidravlik tavsifi va umumlashgan gidravlik tavsifi deb nimaga aytiladi?
10. Sifonli quvurni tavsiflang va hisobining xususiyatini tushuntiring.
11. So'rish balandligi nima va u eng ko'pi bilan qancha bo'la oladi?
12. So'ruvchi quvurlar uchun so'rish balandligining nazariy va amaliy ahamiyatini tushuntiring.
13. Gidravlik zarbni kim kashf qilgan. Uni ta'riflang va suyuqlik quvurida paydo bo'ladigan zarb bosimini hisoblaydigan formulani yozing.