
5-bob. SUYUQLIK HARAKATINING TARTIBI

5.1. Suyuqlikning harakat turlari

Suyuqlik oqimi o'ta murakkab bo'lsa-da, uni ikki turga ajratish mumkin. Ilmiy tadqiqotlar natijalaridan ma'lumki, suyuqlik ikki xil tartibda harakat qiladi. 1839-yili G. Xagen va 1880-yili D.I. Mendeleev suyuqlik harakatining tartibini o'rgangan bo'lsa-da, 1883-yili ingliz fizigi O. Reynolds suyuqlik harakatining tartibini va dam isrofini laboratoriya sharoitida o'rgangan hamda mukammal natijalar asosida xulosalar chiqargan.

Suyuqlik harakati tartibini o'rganishga mo'ljallangan Reynolds qurilmasi (2.6-rasm) katta hajmli idishi (1), gorizontal shisha quvur (7), ventil (8), rangli suyuqlik to'ldirilgan kichik hajmli idish (4) va unga ulangan ventil (5), kapillar nay (6), tashqi manbadan suv uzatuvchi quvur (2) va unga o'rnatilgan ventil (3) hamda oqova suv idishi (9) dan tashkil topgan.

Suyuqlik oqimining tezligini o'zgartirishga mo'ljallangan ventil (8) shisha quvurning ikkinchi uchi yaqiniga qo'ndirilgan. 90° burchakka egilgan kapillar shisha nay 6 orqali rangli suyuqlik katta shisha quvur soplasi (10) ning o'qiga joylanadi. Idishlar (6 va 7) avval, rangsiz va rangli suyuqliklar bilan to'ldiriladi, keyin ular muvozanatga kelishi uchun hamma ventillar berkitiladi va 5—10 min kutiladi. So'ngra birin-ketin (8, 5, 3) ventillar sekin-asta ketma-ket ochiladi va suyuqlikning ma'lum tartibli harakati kuzatiladi (harakat turi tanlanadi). Agarda suyuqlik sarfini aniqlash zarurati bo'lsa, idishning hajmini va suyuqlikning idishni to'ldirish vaqtini bilgan holda hisoblab topiladi.

O. Reynolds o'z tajribasida quvur (7) da harakatlanayotgan suyuqlik tezligining aniq qiymatlarini, quvur diametrini va suyuqlik turini bilgan holda quyidagilarni isbotlagan:

- oqimning katta bo'lmagan tezliklarida quvur (7) o'qiga kiritilgan rangli suyuqlik, boshqa suyuqlikka (masalan, suvga) aralashmasdan, aniq ko'rinadigan ingichka nay bo'lib, oqim o'qi bo'ylab oqadi;

- shisha quvurga pyezometr yoki Pito naylari ulansa, ular oqim bosimi va tezligi muayyan vaqt davomida o'zgarmasligini,

harakatda tebranish (pulsatsiya) bo'lmashligini ko'rsatadi, ya'ni suyuqlik oqimi qatlamlardan tuzilganligini bildiradi;

- suyuqlik oqimining tezligi quvur (7) da orttirilsa, rangli su-yuqlik chizig'i harakati to'liqinsimon tus oladi, so'ngra uning ayrim qismlarida uzilishlar paydo bo'ladi va biror aniq tezliklar qiymatida esa mutlaqo bo'lakchalarga ajraladi, keyin o'rganilayotgan suyuqlik oqimiga butunlay aralashib ketadi hamda rangli suyuqlik quvurning butun hajmi bo'ylab tarqalib, hamma suyuqlik massasi bir xil rangga kirib oqadi;

- suyuqlik zichligiga teng bo'lgan mayda, qattiq, suyuqlikda erimaydigan zarrachalarni aralashtirilsa, bu zarrachalar suyuqlikning elementar naychasi chizadigan murakkab egri chiziqli trayektoriyalarni chizadi.

Demak, suyuqlikning qatlam-qatlam harakatidan uyurmali, aylanma va murakkab harakatlarga o'tilar ekan. Quvur (7) ga pyezometr va Pito naylari o'rnatilsa, ular suyuqlik oqimidagi pulsatsiyali tezlik va bosimni ko'rsatadi. Agar ventil (8) ni sekin-asta yopib, oqib o'tayotgan suyuqlikning harakat tezligini quvur (7) da kamaytirilsa, unda oqim avvalgi turdagi oqish tartibiga qaytadi.

Birinchi tartibdagi harakat — *laminar harakat*. Kichik tezliklarda oqimdagi suyuqlikning ayrim naychalari bir-biriga nisbatan parallel harakatlanadi. Suyuqlikning bu tartibdagi harakatining o'qidagi oqim laminar (lotin. *lamina* — tasma va yo'l-yo'l) bo'ladi. Oqim tezligi orttirilsa, uning radiusi bo'ylab laminar harakat buzilib, boshqa turga o'tib oqadi.

Laminar harakatni nazariy tadqiqotlarga tatbiq qilish ancha qulaydir. Bu hodisani ingichka kapillar naylarda, qon tomirlarida hamda qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqlik (surkama moylar, neft, mazut va sh.k.) quvurlaridagi harakatlarda kuzatiladi.

Ikkinchi turdagi harakat — *turbulent* (lot. *turbulentus* — tartibsiz) — harakatining tartibsizligi bilan farqlanadi va katta tezliklarda kuzatiladi. Turbulent harakat o'zining murakkabligiga qaramasdan, bu oqim harakat tartibining muayyan qonuniyatlari bor. Suyuqlik oqimida ayrim laminar, o'tkinchi va turbulent tartiblarda harakatlanayotgan qatlamlar mavjud. Bunday tartibdagi suyuqlik oqimi gidrotexnika va gidromeliorativ amaliyotda juda ham ko'p uchraydi. Masalan, suvning quvurlarda, kanallarda, daryolardagi va sh.k. harakatlari.

Ko'ndalang kesimi yumaloq bo'lgan quvurlarda o'tkazilgan tajribalarda olingan natijalarni umumlashtirib, Reynolds quyidagi xulosaga kelgan:

- oqim tartibini hal etuvchi faktorlarga suyuqlik harakati-ning o'рта tezligi quvur diametri, suyuqlik zichligi va qovushqoqligi asosiy hisoblanadi.

Bu bog'lanishlar qonuniyati asosida O. Reynolds aniqlagan: suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimining o'lchami va zichligi qancha katta bo'lsa, uning qovushqoqligi shuncha kichik bo'ladi hamda suyuqlik harakati tezligi ortgan sayin laminar tartibdagi harakatdan turbulentga shunchalik tezroq o'tiladi.

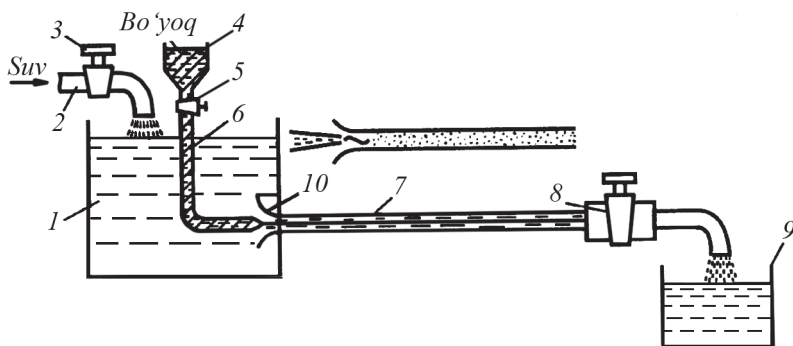
Birinchi tartibli harakat turidan boshqa turlarga o'tishda suyuqlik tezliklari o'zgaradi va bu o'zgarish tezligi turlicha bo'lishi mumkin. Suyuqlik harakat tartibining o'zaro almashinuv chegarasidagi tezligini **kritik tezlik** deyiladi.

O. Reynolds tajribada olingan natijalar asosida aniqlaganki, laminar tartibdagi suyuqlik harakatidan turbulentga o'tish nuqtalaridagi tezliklarning kritik qiymati turg'un bo'lmas ekan. Shuning uchun suyuqlik harakat tartibini tavsiflovchi sifatida o'lchamsiz parametr kiritgan, uni Reynolds kriteriyasi yoki soni Re deyiladi:

$$Re = \vartheta \rho d / \mu = \vartheta d / \nu, \quad (2.27)$$

bu yerda, $\nu = \mu / \rho$ — kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Nemis olimi Shiller tadqiqotlar asosida laminar tartibdagi oqimdan turbulent tartibdagi oqimga o'tishda Reynolds sonining



2.6-rasm. Suyuqlik harakati tartibini tadqiq qilish qurilmasining chizmasi.

eng kichik qiymati 2320 ga tengligini aniqlagan va uni kritik son deb qabul qilgan:

$$Re_{kp} = 2320. \quad (2.28)$$

Unda, kritik tezlik qiymatini (2.27) tenglama asosida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vartheta_{kr} = Re_{kr} v / d = 2320v / d. \quad (2.29)$$

2320 soni mutlaqo qat'iy son emas. Uning qiymati juda keng oraliqda o'zgarishi mumkin va faqat (2.27) tenglamasiga kirgan qiymatlarga bog'liq bo'lib qolmasdan, boshqa turdagi ta'sirlarga, ya'ni quvurning g'adir-budurligiga, quvurning tit-rashiga, tezlikning keskin o'zgarishiga va sh.k. bog'liq.

Ta'sirlar qiymati nolgacha yaqinlashtirilsa, suyuqlikning laminar tartibdagi harakatidan turbulentga o'tishini kechiktirish va Re_{kp} qiymatini 11000—13000 ga yetkazish mumkin. Reynolds kritik sonining quyi va yuqori qiymatlari taqqoslansa, uning yuqori qiymati eng kichigidan taqriban 6 marta katta, ya'ni $(11000 + 13000) : 2 : 2320 = 6$ ekan.

Demak, quyi va yuqori qiymatlar o'rtasida juda katta oraliq sohasi mavjudligiga ko'ra, suyuqlik bu sohada shart-sharoitga qarab laminar yoki turbulent tartibdagi harakatda bo'lishi mumkin. Lekin laminar tartibdagi harakat bu oraliqda turg'un bo'lmasdan, u tezda turbulent tartibdagi harakatga o'tishi mumkin. Bu sohani **o'tish sohasi** deyiladi. Amaliy gidravlik hisob-kitoblarda, odatda, Reynolds sonining yagona kritik qiymati 2320 dan foydalaniladi va $Re_{kr} < 2320$ bo'lganida suyuqlik oqimining harakat tartibi *har doim laminar*, $Re_{kr} < 2320$ esa — *turbulent* bo'ladi. Demak, gidravlik hisob-kitoblarga bu usulda yondashish ularning mustahkamlik chegarasini ta'minlar ekan.

Ko'ndalang kesimi faqat yumaloq bo'lgan quvurlar uchun Reynolds sonining kritik qiymati aniqlanib qolmasdan, geometrik shakli turlicha bo'lganlari uchun ham topiladi. Gidravlik radius va diametr o'zaro quyidagicha, ya'ni $d = 4R$ bog'langan bo'lgani uchun oqim harakat tartibini aniqlovchi ifodani Reynoldsning kritik soni orqali yozish mumkin:

$$Re_{kr} = \vartheta 4R / v \quad \text{yoki} \quad \vartheta R / v = Re / 4. \quad (2.30)$$

Unda, har qanday shakldagi kesim uchun kriteriya $2320/4 = 575$ ga teng bo'ladi. Agar $\vartheta R / \nu < 575$ bo'lsa, oqim tartibi laminar, aksincha, $575 < \vartheta R / \nu$ esa turbulent bo'lar ekan.

5.2. Gidravlik qarshilik

Suyuqlik quvur bo'ylab harakatlanishida gidravlik qarshilik hisobiga uning dami tushadi. Suyuqlik damining pasayishi oqimning harakat tartibiga bog'liq bo'ladi. Suyuqlikning quvur uzunligi bo'ylab uning devoriga ishqalanishi va mahalliy qarshiliklar (quvurning keskin burilishi, kengayishi, torayishi, quvurga o'rnatilgan surilma qopqoq, zadviyka, ventil, har xil cho'kmalar, qasmoq va sh.k.)ni yengishga energiya sarflanishi hisobiga dam pasayadi.

Faraz qilaylik, suyuqlik ichki devori silliq quvurda harakatlanayotgan va mahalliy qarshilik $h_m = 0$ va $h_w = h$ bo'lsin. Unda, Bernulli tenglamasini oqimning biror masofada yotgan kesimlari uchun yozamiz:

$$h + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_w. \quad (2.31)$$

Keltirilgan 2.6-rasmdan oqim o'qiga nisbatan pyezometrlarning ko'rsatgan balandliklarini aniqlab va ayrim belgilashlardan so'ng (2.31) ni qayta yozamiz:

$$H_1 - H_2 = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{p_{ishq}}{\rho g} = h_w, \quad (2.32)$$

bu yerda, $H_1 = p_1 / \rho g$ va $H_2 = p_2 / \rho g$; $h_1 = h_2$; $\vartheta_1 = \vartheta_2$ teng deb olingan. (2.32) ni pyezometrlar o'rnatilgan oraliq masofaga bo'lsak, **pyezometrik qiyalik** hosil bo'ladi:

$$(H_1 - H_2) / l = h_w / l = tga, \quad (2.33)$$

bu yerda, h_w — dam balandligi.

Dam balandligi bu muayyan masofani suyuqlik o'tish davomida yo'qotilgan energiya qiymatidir. Chunki suyuqlik oqimi zarralarining tezligi ishqalanish hisobiga kamayadi.

(2.31) dan h_w ni topsak, suyuqlik oqimi zarralari tezligining kamayishi hisobiga oqim energiyasi pasayadi, ya'ni energiya isrof bo'ladi. Isrof bo'lgan energiya ishqalanishni yengishga sarflanadi, natijada suyuqlik oqimining harorati ortadi.

Quvurning ichki devori sirtidagi g'adir-budurlik ortsa (1932-yili Nikuradze aniqlagan, keyinchalik G.A. Murin va A.P. Zegjda takroriy tajribada tasdiqlagan), gidravlik qarshilik koeffitsiyenti kattalashuvi natijasida damning isrofi ham ortadi. Ma'lum bo'lganki, gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, nafaqat, Reynolds soniga bog'liq bo'lmasdan, quvurning absolut g'adir-budurlikiga ham bog'liq ekan.

Ekvivalent g'adir-budurlik (Δ_e) – bu quvur ichida joylashgan turlicha balandliklardagi o'simtalar va notekisliklarning o'rtacha qiymatidir. Nisbiy g'adir-budurlik ($\epsilon = \Delta_e/d$) bu absolut g'adir-budurlikning quvur o'lchamiga nisbatiga teng katalikdir. Ekvivalent g'adir-budurlik Δ_e tushunchasi bu quvurda harakatlanayotgan suyuqlik oqimiga ta'sir ko'rsatmaydigan shartli g'adir-budurlik shaklidir (2.1-jadval). Reynolds soni ortganida oqimning laminar qatlami yupqalashadi va sirt gidravlik g'adir-budur bo'lib qoladi. Aksincha, Reynolds soni kichiklashsa, turbulent oqim kuchayadi va sirt gidravlik silliq bo'ladi. Demak, *oqim turiga qarab, sirt gidravlik silliq yoki g'adir-budur bo'lishi mumkin ekan.*

Gidravlik qarshilikka g'adir-budurlikning ta'sirini tavsiflash uchun nisbiy g'adir-budurlik Δ_e/d tushunchasidan foydalanadi. Unga teskari bo'lgan d/Δ_e ni sirtning nisbiy silliqqligi deb qabul qilingan.

Demak, turbulent oqim uchun gidravlik qarshilik koeffitsiyenti λ Reynolds soni va sirtning nisbiy silliqqligi d/Δ_e ning funksiyasi $\lambda = f(\text{Re}_d, d/\Delta_e)$ ekan.

Laminar yoki turbulent oqimlar energiyalarining kamayishiga nafaqat g'adir-budurlik darajasi ta'sir qilib qolmasdan devorga eng yaqin laminar qatlam(parda) δ g'adir-budurlik balandligiga bog'liq bo'ladi. Agar $\Delta < \delta$, ya'ni g'adir-budurlik balandligi laminar qatlamdan kichik bo'lsa, turbulent oqim energiyasi isrof bo'lmaydi. Bunday quvurlarni gidravlik silliq quvur deyiladi (2.33- a rasm). Aksincha $\Delta > \delta$ bo'lganida, ya'ni g'adir-budurlik balandligi laminar qatlamdan katta bo'lsa, unda turbulent oqim energiyasi g'adir-budurlikning qarshiligini

yengishga sarf bo‘ladi. Bunday quvurlarni *gidravlik g‘adir-budur quvur* deyiladi.

2.1-jadval

Quvurlar uchun ekvivalent g‘adir-budurlik qiymatlari

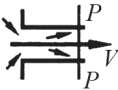
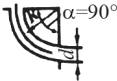

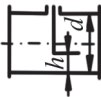


T/r	Quvur turi	Quvur holati	Δ_e, mm
1.	Butunligicha yotqizilgan po‘lat quvur	Yangi, ishlatilmagan	0,02—0,1
		Mumlangan	0,04 gacha
		Ishlatilgan, suv quvuri	1,2—1,5
		Ko‘p yil ishlatilgan, tozalangan	0,04
2.	Yaxlit kavsharlangan	Yaxshi holatda, yangi yoki eski	0,04—0,1
3.	Po‘lat quvur	Yangi, mumlangan	0,05
		Bir tekis zang qatlamli	0,15
4.	Cho‘yan	Yangi quvur	0,25—1,0
		Usti asfalt bilan qoplangan	0,12—0,3
		Ishlatilgan, suv quvuri	1,4
5.	Betonli	O‘rta holatda ishlatish mumkin	2,5
6.	Asbest-sementli	Yangi quvur	0,05—0,1
7.	Sopolli	Glazurlangan	1,4

Quvurning ekvivalent g‘adir-budurligi turli materiallardan tayyorlanganida har xil bo‘ladi (2.2-jadval). Ko‘ndalang kesimi yumaloq bo‘lgan quvurlarda J . Puazeyl suyuqlikning laminar harakatini o‘rganib, damning pasayishini aniqlash uchun quyidagi formulani bergan:

$$h_w = \frac{32\nu\vartheta\ell}{gd^2}, \quad (2.34)$$

bu yerda, $\nu = \mu / \rho$ – kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; ℓ va d – quvur uzunligi va diametri; ϑ – suyuqlik harakatining tezligi.

**Materiallari va mahalliy qarshiliklari turlicha bo'lgan
quvurlardagi mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari**

Mahalliy qarshilik turlari	Fason qismlar eskizlari	Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti
Quvurning kirishiga: uchi o'tkir uchi egrilangan		0,5 0,05–0,2
Tirsak: R>2d bo'lganda R(3–7)d bo'lganda		0,5 0,3
Burchakli burum, 90°		1,1
Quvurga o'rnatilgan yumaloq qopqoq: to'la ochiq 3/4 qismga ochiq		0,07 0,26 2,06
O'rtacha ochiq ventil		1–3
Suv quvuri kirishiga o'rnatilgan to'rli so'ruvchi klapan		5–10

Darsi — Veysbax laminar va turbulent oqimlarni o'rganib, Reynolds soni va gidravlik qarshilik koeffitsiyenti orqali suyuqlik damining pasayishini hisoblash formulasini chiqargan. Darsi — Veysbax formulasini hosil qilish uchun (2.32) ning o'ng tomonini surat va maxrajini 2ϑ ga ko'paytiramiz va ixchamlab yozamiz:

$$h_w = \frac{64\ell\vartheta^2}{Re_d 2gd} = \lambda \frac{\ell\vartheta^2}{2gd}, \quad (2.35)$$

bu yerda, $\lambda = 64/Re_d$ — o'lchamsiz gidravlik qarshilik koefitsiyenti bo'lib, Reynolds sonining funksiyasi hisoblanadi va suyuqlik tezligiga to'g'ri mutanosibdir.

Ko'ndalang kesimi yumaloq bo'lmagan quvurlar va ochiq o'zanlar uchun Darsi — Veysbax formulasini hosil qilish uchun (2.35) dagi diametrni *gidravlik radius* ($d = 4R$)ga almashtirib qayta yozamiz:

$$h_w = \frac{64\ell\vartheta^2}{Re_d 8Rg} = \lambda \frac{\ell\vartheta^2}{8Rg}. \quad (2.36)$$

Ayrim almashtirishlardan so'ng (2.36) formulani sarf moduli (tavsifi) va miqdori orqali quyidagicha yoziladi:

$$h_w = Q^2 \ell / K^2 = \ell i = \frac{8\mu\vartheta}{\rho g r^2} = \lambda \frac{32v\vartheta}{gd^2}, \quad (2.37)$$

bu yerda, $K = SC\sqrt{R} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{R}$ — sarf moduli.

Yuqorida keltirilgan formulalar gidravlik hisoblarda, ya'ni sodda va murakkab suv quvurlarini hisoblashda keng qo'llaniladi.

Masalalar

5.1-masala. Diametri 230 mm quvurda 0,15 m/s tezlikda oqayotgan neftning oqish tartibini aniqlang. Neftning kinematik qovushqoqligi $\nu = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$.

Yechish. Neft harakatining turini aniqlashda avval, shu oqim uchun Reynolds sonining qiymatini topamiz, keyin uni kritik tartibdagi harakat bilan solishtiramiz va natija asosida harakat turini aniqlaymiz:

$$Re_d = \vartheta d / \nu = 0,15 \cdot 0,23 / 0,3 \cdot 10^{-4} = 1150.$$

Topilgan son oqimning $Re_d < Re_{kr} = 2320$ dan kichik bo'lgani uchun oqim harakati laminar bo'ladi.

5.2-masala. Diametri 870 mm Toshkent — Qibray suv quvuridagi suv oqimining tezligi 0,5 m/s. Suvning 293 K.dagi kinematik qovushqoqligi $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$. Suv oqimining oqish tartibini aniqlang.

5.3-masala. Uzunligi 16 km, ichki diametri 230 mm quvurdan uzatilayotgan suv sarfi 250 l/s bo'lsa, undagi damning pasayishini toping. Mahalliy qarshiliklarni hisobga olmang. Suvning 293 K.dagi kinematik qovushqoqligini $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ deb oling.

Yechish. Quvur uzunligi bo'yicha damning pasayishini Puazeyl formulasidan foydalanib topamiz:

$$h_\ell = \frac{32\nu\vartheta}{d^2g}.$$

Suv oqimining tezligini sarf formulasidan topamiz va uni Puazeyl formulasiga qo'yib, damning pasayishini hisoblaymiz:

$$\vartheta = Q/S = 4Q/\pi d^2 = 6,0 \text{ m/s}. \quad \text{Demak, } h_\ell = 3,62 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}.$$

Hisoblashlarda Reynolds soni va maxsus jadvallardan foydalansa bo'ladi. Unda hisoblaymiz:

$$Re_d = 6 \cdot 0,23/10^{-6} = 138 \cdot 10^4.$$

Unda bu natijaga mos keluvchi po'lat quvur uchun $K_e = 0,1 \text{ mm}$. $d/K_e = 230/0,1 = 2300$ ga teng bo'lgani uchun gidravlik isrof koeffitsiyenti maxsus nomogrammadan topiladi yoki $10^5 < Re_d \leq$

$\leq 9,2 \cdot 10^5$ λ bo'lganida Alshul formulasi $\lambda = 0,11 \left(\frac{K_e}{d} + \frac{68}{Re_d} \right)$ bilan hisoblanadi. Masala shartiga muvofiq, $\lambda = 19 \cdot 10^{-3}$ bo'lgani uchun suv damining uzunlik bo'yicha pasayishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_\ell = \lambda \frac{d}{K_e Q} \frac{\vartheta^2}{2g} = 0,019 \frac{2300 \cdot 36}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,8} = 0,019 \frac{82800}{49} = 321 \text{ m}.$$

5.4-masala. Uzunligi 6 km, ichki diametri 320 mm quvurdan uzatilayotgan suv sarfi 200 l/s. Quvurda yarmigacha berkitilgan ikkita surilma qopqoq (zadvijka) o'rnatilgan va har biri 90° burchakka burilgan ikkita burumlari bor bo'lgan quvurdagi damning pasayishini toping. Mahalliy qarshiliklarni hisobga oling. Suvning 293 K.dagi kinematik qovushqoqligi $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ga teng.

5.5-masala. Oraliqlari 50 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 120 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idishlardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Quvur chorak qismiga berkitilgan bitta burama qopqoqqa va 90° burchakka burilgan bitta burimga ega. Quvurdan o'tayotgan suv sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni $\xi_{kir} = 1$ ga teng deb oling.

Yechish. Suv sathlarining farqi $h_1 - h_2 = 6 \text{ m}$ — bu damning pasayishini ifodalaydigan qiymat hisoblanadi. Bu pasayishni quyidagi ifodadan foydalanib, hisoblash mumkin:

$$h = \lambda \frac{L\vartheta^2}{2gd} + \frac{\vartheta^2}{2g} \sum \xi_i,$$

bu yerda, $\sum \xi_i$ — jami mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarining yig'indisi.

Formuladan suv oqimi tezligini topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2gh}{\frac{\lambda L}{d} + \sum \xi_i}}.$$

Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini masala shartiga mos keluvchi holatlar uchun jadvallardan topamiz, ya'ni $\xi_{kir} = 0,5$; to'g'ri burchakli (90°) tirsak uchun $\xi = 1,1$; ventil uchun $\xi = 0,3$; idishdan idishga quyilishdagi tasodifiy kengayishlar uchun $\xi = 1,0$. Unda, jami mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari yig'indisi quyidagiga teng:

$$\sum \xi_i = 0,5 + 1,1 + 0,3 + 1,0 = 2,9.$$

Gidravlik qarshilik koeffitsiyentini topish uchun avval, Reynolds sonini hisoblaymiz, so'ng nomogrammadan Re_d ga mos keluvchi qiymatni topamiz:

$$Re_d = \frac{\vartheta d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,12}{10^{-6}} = 1,44 \cdot 10^5; \quad K_e / d = 0,15 / 120 = 1,25 \cdot 10^{-3}.$$

Qarshilik kvadratiga mos keluvchi $\lambda = 0,0196$ Shifrinson formula-sidan topiladi, ya'ni $\lambda = 0,11 \sqrt[4]{K_e / d} = 0,0196$.

Aniqlangan natijalar asosida avval suv oqimi tezligini, keyin esa sarfini hisoblab topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2gh}{\frac{\lambda L}{d} + \sum \xi_i}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 6}{19,6 \cdot 10^{-3} \frac{50}{0,12} + 2,9}} = \sqrt{\frac{117,6}{84,53}} = 1,2 \text{ m/s}.$$

$$Q = \vartheta S = \vartheta \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} 0,12^2 \cdot 1,2 \approx 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 4,32 \text{ l} / \text{s}.$$

5.6-masala. Oraliqlari 150 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 150 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idish-

lardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Birinchisidagi suv sathining balandligi 18 m, ikkinchisida esa 4 m. Quvur 0,5 qismiga berkitilgan ikkita burama qopqoqqa va bitta 90° burchakli burimga ega. Quvurdan o'tayotgan suv oqimi tezligini va sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni $\xi_{kir} = 1$ ga teng deb oling.

Nazorat savollari

1. Suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishlarini ta'riflab bering.
2. Quvurda harakatlanayotgan suyuqlikning kritik tezligi deb nimaga aytiladi?
3. Reynolds sonining mohiyati nimada? Uning qiymati nimalarga bog'liq?
4. Quvurda harakatlanayotgan suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishlarining ko'ndalang kesimidagi tezliklarini sxematik tasvirlang.
5. Laminar tartibda harakatlanayotgan suyuqlik oqimining o'rtacha va eng katta tezliklari munosabatlari orasidagi bog'lanish formulasini yozing.
6. Mahalliy, gidravlik qarshiliklar deb nimaga aytiladi?
7. Absolut va nisbiy g'adir-budur hamda silliqlik quvurlari ta'rifini ayting.
8. Gidravlik radius va qarshilik koeffitsiyentini tushuntiring.