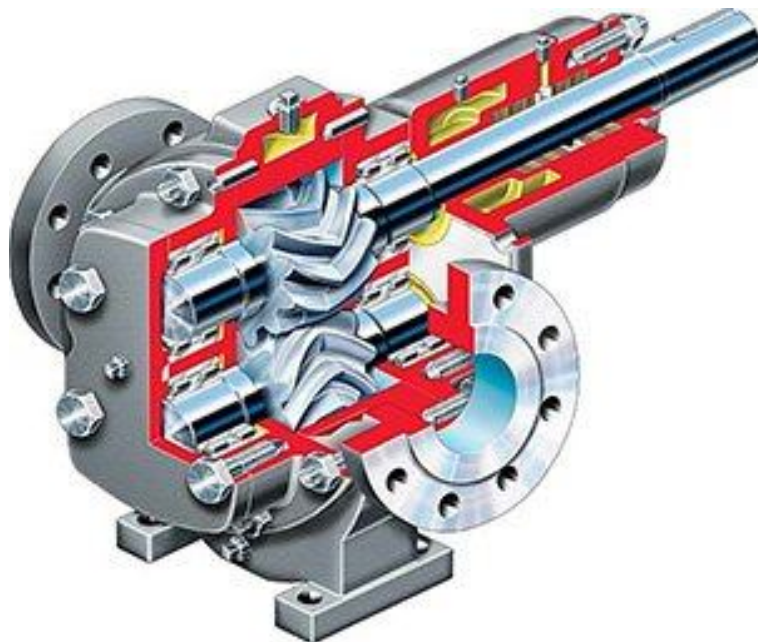


**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
TERMIZ FILIALI**

**GIDRAVLIKA VA
GIDROPNEVMYOYURITMALAR**
o‘quv-uslubiy qo‘llanma



TERMIZ – 2019

Nosirov F.J., Paluanov D.T., Normamatov D.B., Turdiyev A.X. “Gidravlika va gidropnevmoyuritmalar” fanidan o‘quv-uslubiy qo‘llanma. – Toshkent: ToshDTU, 2019. 101 b.

Ushbu oquv-uslubiy qo‘llanmada «Gidravlika», «Gidravlika asoslari» va «Gidravlika va gidropnevmoyuritmalar» kurslarining bo‘limlari bo‘yicha: suyuqliklarning asosiy fizik xossalari, gidrostatika va gidrodinamikaning asosiy qonunlari, suyuqliklar bosimli oqimining asosiy tenglamalari, formulalari hamda shu bo‘limlarga tegishli masalalarning yechimlari va variantlari berilgan.

O‘quv-uslubiy qo‘llanma materiallar strukturasi jihatidan eng avvalo oquvchan muhitlarni texnika sohasidagi amaliy masalalarning yechimi bilan bog‘liq mutaxassislarning malakasini oshirish maqsadi uchun mo‘ljallangan.

Ushbu qo‘llanma texnika oliygohlarining “5310900-Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti”, “5310600-Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi”, “5320200-Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomatlashtirish”, “5320300-Texnologik mashinalar va jihozlar”, “5610600-Xizmat ko‘rsatish texnikasi va texnologiyasi” yo‘nalishlariga mo‘ljallangan, bundan tashqari “5310700-Konchilik elektr mexanikasi”, “5640100-Hayot faoliyati xavfsizligi”, “5311700-Foydali qazilmalar geologiyasi va qidiruv ishlari (neft va gaz)”, “5630100-Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi”, “5310100-Energetika (Gidroenergetika)” yo‘nalishlari talabalari ham foydalanishlari mumkin.

ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar: **Xushboqov B.** – ToshDTU Termiz filiali “Qurilish va transport tizimlari” fakulteti dekani, t.f.n.

Odilov Ch. – ToshDTU Termiz filiali “Bino inshootlar arxitekturasini va qurilishi” kafedrasini dotsenti, t.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti Termiz filiali, 2019

KIRISH

Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma bo'yicha tipik masalalar "Gidravlika", "Gidroaeromexanika" va "Gidravlika va gidropnevmo-yuritmalar" kurslarini o'rganayotgan texnika oliygozlari uchun mo'ljallangan.

Gidravlik hisoblarning bajarilishi gidravlika kursini o'rganishning muhim etaplaridan biri hisoblanadi. Uni o'rganish jarayonida hisobiy bog'lanishlarni ishlatilish va real gidravlik tizimlar bilan yaqindan tanishish imkoniyati tug'iladi.

Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma quyidagi bo'limlarni qamrab oladi:

1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari;
2. Gidrostatika;
3. Gidrodinamika;
4. Gidravlik qarshiliklar;
5. Gidromashinalar.

Yuqorida keltirilgan har bir bo'limda talabalarining bilimlarini mustahkamlash uchun qisqacha nazariyalar va gidravlik masalalar yechimlari bilan berilgan. Talabalar o'z bilimlarini mustahkamlashlari, mustaqil ravishda shug'ullanishlari uchun har bir bo'limga tegishli masalalarning variantlari berilgan. Bundan tashqari, ayrim tipik masalalarni yechish jarayonida kerak bo'ladigan qiymatlar, kattaliklar va koeffitsiyentlar jadval hamda tenglama ko'rinishida ilovada berilgan.

Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma texnika oliygozlari talabalariga foydali bo'lib, undan magistrlar ham foydalanishlari mumkin.

1. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI

1.1. Suyuqliklar haqida umumiy tushuncha

Suyuqlik – qattiq jism va gaz holati oralig'i orasidagi faza. U kichik haroratda va suyuqlikning kichik solishtirma hajmida qattiq jism xossasiga yaqin, katta haroratda va katta solishtirma hajmda esa gaz xossasiga yaqin. Suyuqlik – bu oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan va deyarli to'liq uzilishga qarshiliklar mavjud bo'lmagan fizik jism.

Suyuqlikning oquvchanligi – bu o'zining shakli mavjud bo'lmagan, ya'ni u qaysi idishga solinsa, o'sha idishning shaklini egallab olish xususiyatiga aytiladi.

Suyuqliklar ikki turga bo'linadi: tomchilovchi va gazsimon. Tomchilovchi suyuqliklarga suv, neft, benzin, simob, spirt, yog' va boshqalar kiradi. Ushbu suyuqliklar kichik hajmlarda tomchi shaklini, ular uchun katta hajmlarda esa erkin sirt – gaz bo'limi sirti mavjudligini qabul qiladi. Gazsimon suyuqliklar – osongina suqiluvchi gazlar (havo, azot, kislorod va boshqalar).

1.2. O'lchov birliklari

Fizik kattaliklarning har xil o'lchov birliklari tizimlaridan: SI (xalqaro), SGS (fizik) va MKGSS (texnik) foydalaniladi. Quyidagi 1.1-jadvalda asosiy kattaliklar va ularning o'lchov birliklari keltirilgan.

1.3. Zichlik va solishtirma og'irlik

Suyuqliklarning hajm bo'yicha taqsimlanishi zichlik va solishtirma og'irlik bilan xarakterlanadi.

Suyuqlikning zichligi deb, bir jinsli suyuqliklarning hajmga nisbatiga aytiladi va u ρ harfi bilan belgilanadi:

$$\rho = \frac{M}{W} \quad (1.1)$$

bunda M – suyuqlik massasi; W – suyuqlikning hajmi.

Nisbiy zichlik tushunchasi gidravlikada keng foydalaniladi. Suyuqlikning nisbiy zichligi ρ_0 deb, suyuqlik zichligining $t = 3,98^0 C$ da olingan suv zichligi ρ_s nisbatiga aytiladi, ya'ni

$$\rho_0 = \frac{\rho}{\rho_s} \quad (1.2)$$

Nisbiy zichlik – o'lchamga ega bo'lmagan kattalikdir.

Zichlik haroratga bog'liq bo'lib, odatda, harorat ortishi bilan kamayadi. Bu o'zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.3)$$

bunda t – harorat (0C), β_t – hajmiy haroratdan kengayish koeffitsiyenti; ρ_{20} – suyuqlikning 20^0C dagi zichligi.

1.1-jadval

Fizik kattaliklarning har xil o'lchov birliklari tizimlari

Kattalik nomlari	SI	SGS	MKGSS
Uzunlik	m	sm	m
Massa	kg	g	kgk·s ² /m
Vaqt	s	s	S
Zichlik	kg/m ³	g/sm ³	kgk·s ² /m ⁴
Kuch	N (Nyuton)	din (Dina)	kgk·m/s
Solishtirma og'irlik	N/m ³	din/sm ³	kgk/m ³
Ish, energiya	J (Joul)	erg	kgk·m
Quvvat	W (vatt)	erg/s	kgk·m/s
Bosim	Pa=N/m ² (Paskal)	din/sm ²	kgk/m ²

Suyuqlikning solishtirma og'irligi deb, suyuqlik og'irligining G hajmiga nisbati aytiladi va γ harfi bilan belgilanadi:

$$\gamma = \frac{G}{W} \quad (1.4)$$

Solishtirma og'irlik bilan zichlik orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$\gamma = \frac{G}{W} = \frac{Mg}{W} = \rho g \quad (1.5)$$

bunda g – erkin tushish tezlanishi.

1.2-jadval

Ba'zi bir suyuqliklarning zichligi va solishtirma og'irligi

Suyuqlik nomi	Harorat, $t, ^0C$	Zichlik, $\rho, \text{kg/m}^3$	Solishtirma og'irlik, $\gamma, \text{N/m}^3$
Suv	4	1000	9810
Dengiz suvi	4	1020-1030	10006-10104
Simob	0	13600	133416
	20	13546	132886
Atmosfera havosi	0	1293	12684
Mineral moy	15	890-960	8731-9418
Etil spirti	15-18	790	7750
Glitserin	15	1270	12459
Benzin	15	680-740	6671-7259
	20	700	6867
Kerosin	15	790-820	7750-8044
Neft	15	700-900	6864-8825

Suyuqlikning nisbiy solishtirma og'irligi γ_0 ni shu suyuqlikka ma'lum haroratda quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_t}{\gamma_c} \quad (1.6)$$

bunda γ_t – ma'lum haroratda olingan suyuqlikning solishtirma og'irligi; γ_c – $t = 3,98^0 C$ da olingan suvning solishtirma og'irligi.

Zichlik ham solishtirma og'irlik singari bosim va haroratga bog'liq. Suyuqliklarning zichligi va solishtirma og'irligi haroratning oshishi va bosimning kamayishi bilan kamayadi. $t = 3,98^0 C$ da suv

ρ va γ larning eng kichkina qiymatlari xarakterlanadi, bundan tashqari suv 0 dan 3,98 °C gacha bo'lgan chegaralarda taqdim etiladi.

Solishtima hajm – zichlikka teskari bo'lgan kattalik:

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{W}{M} \quad (1.7)$$

bunda $v\rho = 1$ deb yozish mumkin.

1.4. Suyuqlikning siqiluvchanligi

Suyuqlikning siqiluvchanligi deb, bosim va harorat o'zgarishi bilan o'zining hajmini (zichligini) o'zgartiruvchi suyuqlik xossasiga aytiladi. Siqilish kattaligi bosimga bog'liq holda hajmiy siqilish koeffitsiyenti β_w bilan xarakterlanadi.

Hajmiy siqilish koeffitsiyenti bosim o'zgarishi birligiga to'g'ri keladigan suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishini ko'rsatadi:

$$\beta_w = -\frac{\Delta W}{W_0} \cdot \frac{1}{\Delta p} \quad (1.8)$$

bunda W_0 – suyuqlikning boshlang'ich hajmi (bosimning p_0 boshlanishida); $\Delta W = W_p - W_0$ – $\Delta p = p - p_0$ kattaligiga bosim o'zgarganidagi suyuqlik hajmining o'zgarishi.

Formuladagi “-” belgisi hajmning teskari ko'payishi (kamayishi) ga mos keluvchi, bosimning ijobiy ko'payishiga sabab bo'lishligini bildiradi.

β_w ning o'lchov birliklari: SI – m²/N, SGS – sm²/din, MKGSS – m²/kgk.

1.3-jadval

Suyuqliklarning siqilish koeffitsiyenti qiymatlari

Suyuqlik	Siqilish koeffitsiyenti, $\beta_w \cdot 10^{-9}$, m ² /N
Suv	0,49
Etil spirti	0,78
Simob	0,039
Glitserin	0,25
Kerosin	0,77

Siqiluvchanlikni xarakterlaydigan keyingi parametr hajmiy elastiklik moduli hisoblanadi.

Hajmiy elastiklik moduli – bu suyuqlikning hajmiy siqilish koeffitsiyentiga teskari bo'lgan kattalik:

$$E = \frac{1}{\beta_w} \quad (1.9)$$

E ning o'lchov birliklari: SI – N/m², SGS – din/sm², MKGSS – kgk/m².

β_w va E qiymatlari bosim va haroratga bog'liq, ya'ni $\beta_w = f(p, t)$, $E = f(p, t)$. Odatda, E ning qiymati bosim o'sishi bilan kattalashadi, haroratning o'sishi bilan esa E ning qiymati kamayadi.

1.5. Haroratdan kengayish koeffitsiyenti

Haroratdan kengayish koeffitsiyenti harorat o'zgarishi birligiga to'g'ri keladigan suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishini ko'rsatadi:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (1.10)$$

bunda $\Delta W = W_t - W_0$ – $\Delta t = t - t_0$ kattaligi harorat o'zgarishiga sabab bo'ladigan suyuqlik hajmining o'zgarishi.

Suyuqlik hajmini t haroratgacha isitganda quyidagi formula bo'yicha hisolanadi:

$$W_t = W_0(1 + \beta_t \Delta t) = W_0(1 + \beta_t(t - t_0)) \quad (1.11)$$

1.4-jadval

Suyuqliklarning haroratdan kengayish koeffitsiyenti qiymatlari

Suyuqlik	Haroratdan kengayish koeffitsiyenti, β_t
Suv	0,0006
Glitserin	0,0005
Mineral moy	0,0009
Neft	0,0006
Simob	0,00018

1.6. Suyuqlikning qovushqoqligi

Qovushqoqlik deb, qo'shimcha tashqi kuchlar ta'sirida suyuqlikning ayrim zarrachalari yoki qatlamlariga nisbiy ko'chishi (siljishi) ga qarshilik ko'rsatuvchi real suyuqlik xossasiga aytiladi.

Yopishqoq suyuqliklar oqimida suyuqlik qatlamlari orasidagi siljishlar sodir bo'ladi, natijada urinma kuchlanishlar (ishqalanish kuchlanishi) vujudga keladi.

1686-yilda I. Nyuton aytib o'tgan va 1883-yilda prof. N.P. Petrov tomonidan tajriba orqali asoslangan gipotezaga muvofiq siljishning solishtirma kuchi (suyuqlikdagi urinma kuchlanishlar τ) ko'ndalang tezlik gradiyentiga to'g'ri proporsional va suyuqlik turiga bog'liq.

Shunday qilib, τ (Nyutonning yopishqoqlik qonuni) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\tau = \mu \frac{\Delta u}{\Delta n} \quad (1.12)$$

bunda μ – dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti; $\frac{\Delta u}{\Delta n}$ – tezlik gradiyenti. Tezlik gradienti berilgan nuqtadagi suyuqliklar qatlamlari intensiv siljishini ko'rsatadi.

Suyuqliklar qatlamlari bilan ishqalanish kuchi orasidagi bog'lanish quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$T = S\tau = S\mu \frac{\Delta u}{\Delta n} \quad (1.13)$$

bunda S – qatlamlarning kesishuvchi yuzasi.

μ ning o'lchov birliklari: SI – N·k/m², SGS – din·k/sm², MKGSS – kg·k/m².

Suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti doimiy haroratda, doimiy qiymatni saqlagan holda faqat uning haroratiga bog'liq va u Puazeyl taqdim etgan empirik formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\mu = \mu_0 (1 + 0,0337t + 0,000221t^2)^{-1} \quad (1.14)$$

bunda μ_0 – $t = 0^\circ\text{C}$ dagi suvning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti; t – $^\circ\text{C}$ dagi suvning harorati.

Xususan, tez-tez amaliyotda dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti emas, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti deb nomlangan uning suyuqlik zichligiga nisbatidan foydalaniladi.

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti ν dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentining suyuqlik zichligiga nisbatidir:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.15)$$

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentining o'lchov birliklari: SI – m²/s, SGS – sm²/s = 1 St (Stoks).

1.5-jadval

Haroratga bog'liq holda suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsiyenti qiymatlari

Suyuqlik nomi	Harorat, $t, ^\circ\text{C}$	Qovushqoqlik	
		$\mu, \text{g/sm}\cdot\text{s}$	$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$
Suv	0	0,0178	0,0178
	5	0,0152	0,0152
	10	0,0131	0,0131
	15	0,0114	0,0114
	20	0,0101	0,0101
	25	0,00894	0,00897
Havo	40	0,00656	0,00661
	0	1,709	0,132
	20	1,808	0,15
	40	1,904	0,169
Glitserin	3	0,05	0,04
	18	1,2970	1,0590
	21	14,990	11,890
Kerosin	15	0,0217	0,0270
Neft			
yengil	18	0,178	0,250
og'ir	18	1,284	1,400
Simob	15	0,0154	0,0011
Etil spirti	20	0,0119	0,0154

Qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qo'llaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta bo'lgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qo'llaniladi.

Englarning shartli gradusidagi suyuqlikning qovushqoqligini bilgan holda kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini sm^2/s da o'tish Ubbelode empirik formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$\nu = 0,0731^{\circ}E - \frac{0,0631}{^{\circ}E} \quad (1.16)$$

bunda $^{\circ}E$ – Englarning shartli gradus soni, ya'ni tekshirilayotgan suyuqlikning $t = 20^{\circ}C$ da oqib chiqqan vaqtlarning nisbatini bildiradi, $^{\circ}E = \frac{T_{\text{suyuqlik}}}{T_{\text{suv}20^{\circ}}}$.

1.7. MISOLLAR

1.1-masala. Agar neftning zichligi $\rho = 880 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, unda uning solishtirma og'irligini aniqlang.

Yechimi. Solishtirma og'irlik (1.5) asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = \rho g = 880 \cdot 9,81 = 8634 \text{ N/m}^3.$$

1.2-masala. Agar mineral moyning solishtirma og'irligi $\gamma = 8728 \text{ N/m}^3$ bo'lsa, unda uning zichligini aniqlang.

Yechimi. Zichlik (1.5) asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{8728}{9,81} = 890 \text{ kg/m}^3.$$

1.3-masala. Bosimni $\Delta p = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ gacha oshirish uchun uzunligi $l = 1 \text{ km}$ va diametri $d = 500 \text{ mm}$ bo'lgan quvurga qo'shimcha berish lozim bo'lgan suvning hajmini aniqlang. Quvur gidravlik sinovga tayyorlangan va suv atmosferada to'ldirilgan. Quvurning deformatsiyasini hisobga olmaslik mumkin.

Yechimi. Quvur sig'imi

$$W_c = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} 10^3 = 196,2 \text{ m}^3.$$

Bosimni oshirish uchun quvurga berish lozim bo'lgan suvning hajmi ΔW ni hajmiy siqilish koeffitsiyenti (1.8) nisbatidan topiladi:

$$\beta_w = \frac{\Delta W}{W \Delta p} = \frac{\Delta W}{(W_c + \Delta W) \Delta p}.$$

Suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti β_w (Pa^{-1}) qiymatini bosim va harorat funksiyasiga bog'liq holda [1.3-jadval] bo'yicha qabul qilinadi:

$$\beta_w = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{N} = \frac{1}{2 \cdot 10^9} \text{ Pa}^{-1},$$

unda

$$\Delta W = \frac{W_c \beta_w \Delta p}{1 - \beta_w \Delta p} = \frac{196,2 \cdot 5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9 \left(1 - \frac{5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9} \right)} = 0,492 \text{ m}^3.$$

1.4-masala. $p_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ dan $p_2 = 1 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ gacha siqishda suv zichligi o'zgarishini aniqlang.

Yechimi. Hajmiy siqilish koeffitsiyenti qabul qilinadi $\beta_w = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$. Suvning zichligi $\rho = \frac{M}{W}$. Suvning siqilishida uning W hajmi ΔW kattaligiga o'zgaradi:

$$\frac{\Delta W}{W} = \beta_w \Delta p,$$

bunda

$$\Delta p = p_1 - p_2 = 1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^7 = -0,99 \cdot 10^7 \text{ Pa}.$$

Suvning massasi o'zgarishsiz qoladi, shuning uchun

$$\begin{aligned} \frac{\rho_{p_2}}{\rho_{p_1}} &= \frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1}{\left(1 + \frac{\Delta W}{W_1} \right) W_1} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta W}{W_1}} = \frac{1}{1 + \beta_w \Delta p} = \\ &= \frac{1}{1 - 5 \cdot 10^{-10} \cdot 0,99 \cdot 10^7} = 1,005. \end{aligned}$$

1.5-masala. Isituvchi qozonga 70°C haroratda $W = 50 \text{ m}^3$ bo'lgan suv hajmi tushmoqda. Qanday suv hajmi (W_1) 90°C haroratgacha suvni isitganda qozondan chiqadi?

Yechimi. Haroratdan kengayish koeffitsiyenti formulasi (1.10) dan $\Delta W = \beta_t W \Delta t$ ga ega bo'ladi.

[1.3-jadval] bo'yicha suvning haroratdan kengayish koeffitsiyenti $\beta_t \approx 600 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, demak, $\Delta W = 600 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 20 = 0,6 \text{ m}^3$; $W_1 = 50 + 0,6 = 50,6 \text{ m}^3$.

1.6-masala. Agar atrof-muhit harorati 20 dan 70°C gacha o'zgarsa, A76 benzinning zichligi qanday o'zgaradi?

Yechimi. Neft mahsulotlarining zichligi (1.3) formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)}$$

bunda β_t – harorat 1°C ga o'zgarishida suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishini hisobga oluvchi haroratdan kengayish koeffitsiyenti; neft mahsulotlari uchun $\beta_t = 0,0006 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $\rho_{20} - t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ da A76 benzinning zichligi; $\rho_{20} = 800 \text{ kg/m}^3$ (jadvaldan olingan kattalik), $\rho_{70} = 776,7 \text{ kg/m}^3$. Demak, haroratni 20 dan 70°C gacha oshirishda benzin zichligining o'zgarishi $776,7/800=0,97$ ga teng, ya'ni zichlik 3 % ga kamayadi.

1.7-masala. Dengiz suvi, simob hamda neftning solishtirma hajmi va nisbiy zichligi nimaga teng?

Yechimi. Solishtirma hajmlar (1.7) mos ravishda:

$$v_{d.s} = \frac{1}{\rho_{d.s}} = \frac{1}{1030} = 0,00097 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$v_{simob} = \frac{1}{\rho_{simob}} = \frac{1}{13596} = 0,0000735 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$v_{neft} = \frac{1}{\rho_{neft}} = \frac{1}{800} = 0,00125 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Nisbiy zichliklar (1.2) mos ravishda:

$$\rho_0 = \frac{\rho_{d.s}}{\rho_{suv}} = \frac{1030}{1000} = 1,03;$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_{simob}}{\rho_{suv}} = \frac{13596}{1000} = 13,59;$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_{neft}}{\rho_{suv}} = \frac{800}{1000} = 0,8.$$

1.8-masala. Haroratning 0 dan 30°C gacha oshishi bilan suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti oshadimi yoki kamayadimi?

Yechimi. (1.8) tenglamaga muvofiq, suyuqlikning hajmiy siqilishiga teskari bo'lgan kattalik hajmiy elastiklik moduli (1.9) deyiladi, ya'ni $E = \frac{1}{\beta_w}$.

$t = 0^{\circ}\text{C}$ da suv uchun $E = \frac{1}{\beta_w}$ MPa ga, $t = 30^{\circ}\text{C}$ da esa

$E = 2150 \text{ MPa}$, demak,

$$\beta_{w(0^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{19,5 \cdot 10^8} = 5,12 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1};$$

$$\beta_{w(30^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{21,5 \cdot 10^8} = 4,65 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}.$$

Unda $\frac{\beta_{w(30^{\circ}\text{C})}}{\beta_{w(0^{\circ}\text{C})}} = \frac{4,65 \cdot 10^{-10}}{5,12 \cdot 10^{-10}} = 0,9$, demak, haroratning 0 dan

30°C gacha oshishi bilan hajmiy siqilish koeffitsiyenti 10% ga kamayadi.

1.9-masala. Haroratni 10°C ga oshirganda suv, spirt va neftning dastlabki hajmi qancha foizga oshadi?

Yechimi. Harorat oshishi bilan suyuqlikning dastlabki hajmining oshishi haroratdan kengayish koeffitsiyenti (1.10) tenglamasi bo'yicha aniqlanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \frac{\Delta W}{\Delta t}.$$

Haroratdan kengayish koeffitsiyenti:

$$\text{suv } \beta_{20^{\circ}\text{C}} = 0,00015 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1};$$

$$\text{spirt } \beta_{20^{\circ}\text{C}} = 0,00110 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1};$$

$$\text{neft } \beta_{20^{\circ}\text{C}} = 0,00060 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}.$$

$$\text{Unda suv uchun } \frac{\Delta W_1}{W} = 0,00015 \cdot 10 = 0,0015 \text{ (0,15 \%);}$$

$$\text{spirt } \frac{\Delta W_2}{W} = 0,00110 \cdot 10 = 0,011 \text{ (1,1 \%);}$$

$$\text{neft } \frac{\Delta W_3}{W} = 0,00060 \cdot 10 = 0,0060 \text{ (0,6 \%)}.$$

1.10-masala. Benzin bilan to'ldirilgan bak, quyoshda 50°C gacha harorati ko'tariladi. Agar bak absolyut qattiq deb qaralsa, benzinning bosimi qanchagacha o'zgaradi? Benzinning boshlang'ich harorati 20°C , hajmiy siqilish koefitsiyenti $\beta_w = \frac{1}{1300} \text{ mPa}^{-1}$; issiqlikdan kengayish harorat koefitsiyenti $\beta_t = 8 \cdot 10^{-9} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Yechimi: siqilish va haroratdan kengayish tenglamalaridan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

$$\beta_w = \frac{W_1}{W} \frac{1}{P_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_w P_1;$$

$$\beta_t = \frac{W_1}{W} \frac{1}{t_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_t t_1.$$

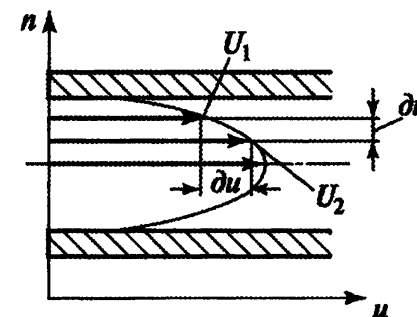
Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, o'zgargan bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$\beta_w P_1 = \beta_t t_1,$$

$$P_1 = \frac{\beta_t}{\beta_w} t_1 = 312 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

1.11-masala. Qalinligi $\partial n = 0,02 \text{ mm}$ bo'lgan suyuqlikning ikkita yonma-yon qatlamlari orasidagi tezliklar farqi $\partial u = 0,0072 \text{ m/s}$. Ko'rib chiqilayotgan suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koefitsiyenti $\mu = 13,04 \cdot 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$. Suyuqlik qatlamlari orasidagi 1

m^2 yuzadagi ishqalanish kuchi va tangensial kuchlanishni aniqlang (1.1-rasm).



1.1-rasm. Suyuqlikning qovushqoqlik koefitsiyentini aniqlashga oid sxema

Yechimi. Ushbu holatda tezlik gradiyenti quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \frac{0,0072 \cdot 1000}{3600 \cdot 0,02} = 0,1 \text{ s}^{-1}.$$

Ishqalanish kuchi Nyuton formulasi (1.13) bo'yicha aniqlanadi:

$$T = \mu S \frac{\partial u}{\partial n} = 13,04 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 0,1 = 13,04 \cdot 10^{-5} \text{ N}.$$

Unda tangensial kuchlanish:

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{13,04 \cdot 10^{-5}}{1} = 13,04 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2.$$

1.12-masala. Qalinligi $\partial n = 0,25 \text{ mm}$ bo'lgan ikkita yonma-yon qatlamlari orasidagi tezliklar farqi $\partial u = 0,0003 \text{ m/min}$ va suvning $t = 14^{\circ}\text{C}$ haroratda $a \times b = 10 \times 10 \text{ sm}^2$ yuzadagi tangensial kuchlanish va ishqalanish kuchini aniqlang. Dinamik qovushqoqlik ushbu haroratda $\mu_{14} = 17,92 \cdot 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$.

Yechimi. Tezlik gradiyenti topiladi:

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \frac{0,0003}{0,25} = \frac{0,0003 \cdot 1000}{60 \cdot 0,25} = 0,02 \text{ s}^{-1}.$$

Dinamik qovushqoqlik koefitsiyenti normal holatda (1.14) formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + 0,0337t + 0,000221t^2} = \frac{17,92 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,0337 \cdot 14 + 0,000221 \cdot 196} = 11,83 \cdot 10^{-4} \text{ (N}\cdot\text{s)/m}^2.$$

Qatlamlar orasidagi ishqalanish kuchi Nyuton formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$T = \mu S \frac{\partial u}{\partial n} = 11,83 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 0,02 = 23,66 \cdot 10^{-8} \text{ N.}$$

Tangensial kuchlanish

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{23,66 \cdot 10^{-8}}{0,01} = 23,66 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2.$$

1.13-masala. Agar $S = 0,06 \text{ m}^2$ tekisligidagi ishqalanish kuchi

$T = 12 \cdot 10^{-4}$, tezlik deformatsiya $\frac{\partial u}{\partial n} = 1$ ni tashkil etsa, suvning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlang.

Yechimi. Tangensial kuchlanish aniqlanadi:

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{12 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2.$$

Agar tezlik deformatsiyasi 1 ga teng bo'lsa, ya'ni $\frac{\partial \beta}{\partial \tau} = \frac{\partial u}{\partial n}$, bunda $\partial \beta$ – deformatsiya kattaligi; $\partial \tau$ – deformatsiya intervali, unda

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial n} \text{ va } \mu = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (N}\cdot\text{s)/m}^2.$$

Suvning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti (1.15) formula orqali aniqlanadi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{1000} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}.$$

2. GIDROSTATIKA

2.1. Hidrostatik bosim haqida umumiy tushuncha

Hidrostatika – gidravlikaning ushbu bo'limi suyuqliklarning muvozanat qonunlarini va ularning amaliyotda ishlatilishini o'rgatadi. Qachonki suyuqlik muvozanatda, ya'ni tinch holatda bo'lsa, unda u ideal suyuqlik xossalariga yaqin xossalar bilan xarakterlanadi.

Tinch holatda turgan suyuqliklarga massa va yuzaki kuchlar ta'sir qiladi. Massa kuchlari suyuqlik massasiga (bir jinsli suyuqliklar uchun va ularning hajmi bo'yicha) proporsional. Bular og'irlik va inersiya kuchlari hisoblanadi. Yuzaki kuchlar – bu suyuqlik hajmining yuzasiga ta'sir etuvchi kuchlar. Bu kuchlarga o'sha hajmga suyuqlikning yonma-yon joylashgan hajmlar ta'siri yoki o'sha suyuqlikka tegib turuvchi boshqa jismlar ta'siri bevosita sabab bo'ladi. Misol uchun, ochiq idishdagi suyuqlikning yuzasiga atmosfera bosimining ta'siri.

Hidrostatik bosim deb, kuchning yuza bo'yicha taqsimlanishiga aytiladi va p harfi bilan belgilanadi:

$$p = \frac{F}{S} \quad (2.1)$$

Hidrostatik bosimning o'lchov birligi 2-ildovada keltirilgan.

2.2. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

Hidrostatikaning asosiy tenglamasi bo'lib quyidagi tenglama hisoblanadi:

$$p = p_0 + \rho gh = p_0 + \gamma h \quad (2.2)$$

Ushbu tenglama bo'yicha tinch turgan suyuqlikning har bir nuqtasidagi bosimni hisoblash mumkin. Tenglamadan ko'rinib turibdiki, ushbu bosim ikkita kattalikdan tashkil topgan: suyuqlikning tashqi (erkin) yuzasidagi p_0 bosim va ko'rilayotgan nuqtadan yuqoridagi suyuqlik qatlamlarini nuqtaga bo'lgan og'irlik bosimi γh .

2.3. Absolut, manometrik va vakuummetrik bosimlar

Usti ochiq idishdagi suyuqlikning erkin yuzasiga atmosfera bosimi ta'sir etadi va u p_{atm} bilan belgilanadi. Ushbu holat uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$p = p_{atm} + \rho gh \quad (2.3)$$

bunda p – nuqtadagi absolut yoki to'liq bosim.

Ya'ni, gidrostatikaning asosiy tenglamasi ifodasida aniqlangan gidrostatik bosim absolut bosim deb ataladi.

1. Agar $p > p_{atm}$ bo'lsa, absolut va atmosfera bosimlari orasidagi farq ortiqcha yoki manometrik bosim deb ataladi:

$$p_m = p - p_{atm} \quad (2.4)$$

p_m bosim noldan cheksizlikkacha o'zgarishi mumkin.

2. Agar $p < p_{atm}$ bo'lsa, atmosfera va absolut bosimlar orasidagi farq, atmosferadan kichik bo'lsa vakuummetrik bosim deb ataladi:

$$p_v = p_{atm} - p \quad (2.5)$$

U nuqtadagi bosimning atmosfera bosimiga yetmayotganligini ko'rsatadi. p_v bosim noldan p_{atm} bosimgacha o'zgarishi mumkin.

2.4. Paskal qonuni

Paskal qonuniga muvofiq, **yopiq idishdagi suyuqlikka tashqi bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga o'zgarishsiz uzatiladi.** Hamma gidravlik mashinalarning hajmiy ishi Paskal qonuni asosida ishlaydi. U texnikada keng qo'llanib kelinmoqda, suyuqlik ichiga berilayotgan bosimga asosan ko'pchilik mexanizmlarda ishlatiladi.

2.5. Tekis sirtga bo'lgan suyuqlikning bosim kuchi

Ko'pincha amaliyotda suyuqlikning qanday kuch bilan idish devoriga va shu kuchni nuqtaga berish masalalarini tez-tez bilish talab etiladi. Tekis sirtga bo'lgan suyuqlikning bosim kuchi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$F = \rho gh_c S \quad (2.6)$$

bunda ρ – suyuqlikning zichligi; S – bosim kuchning ta'sir etayotgan sirtning yuzasi; h_c – og'irlik markazining chuqurligi.

2.6. Egri devorga bo'lgan suyuqlikning bosim kuchi

Egri sirtga bo'lgan suyuqlikning bosim kuchi haqidagi masala umumiy holda ikkita tashkil etuvchi bosim kuchlari yig'indisini va momentlarini aniqlashdan iborat bo'ladi. Amaliyotda simmetrik sirtga ega silindrik yoki sferik tekisliklardan iborat bo'lgan ishlar mavjud. Egri devorga bo'lgan suyuqlikning bosim kuchi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$F = \sqrt{F_v^2 + F_G^2} \quad (2.7)$$

bunda F_v – bosimning vertikal tashkil etuvchi kuchlari bo'lib

$$F_v = p_0 S_G + G$$

bunda S_G – sirtning gorizontal proeksiyasi yuzasi; $G = \rho g W$ – suyuqlikdan ajratib olgan og'irlik kuchi; W – suyuqlikning hajmi; F_G – bosimning gorizontal tashkil etuvchi kuchlari bo'lib

$$F_G = p_0 S_v + \rho gh_c S_v$$

bunda S_v – sirtning vertikal proyeksiyasi yuzasi.

2.7. Arximed qonuni

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yo'sinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan ta'sirlashish va muvozanat qonunlarini o'rganish kerak. Bu qonuniyatlar eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Arximed qonuni quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$F_A = \rho g W \quad (2.8)$$

F_A kuch Arximed kuchi yoki ko'taruvchi kuch deb ataladi. Shunday qilib, Arximed qonunining matematik ifodasi olinadi va quyidagi ko'rinishda ta'riflanadi: **“Suyuqlikka botirilgan jism o'z og'irligini qancha yo'qotsa, shuncha suyuqlik o'zidan siqib chiqaradi”.**

Suyuqlikka botirilgan jism ikkita kuchlar ta'sirida bo'ladi: og'irlik kuchlari G va Arximed kuchi F_A .

Agar og'irlik kuchi Arximed kuchidan katta bo'lsa, ya'ni $G > F_A$ da – jism cho'kadi.

Agar $G = F_A$ bo'lsa, unda jism muvozanat holatida (suzadi) bo'ladi.

Agar $G < F_A$ bo'lsa, unda jism suzib yuradi.

2.8. MISOLLAR

2.1-masala. Ikkita gorizontal silindrik quvurlar A va B mos ravishda zichligi 900 kg/m^3 bo'lgan mineral moy va zichligi 1000 kg/m^3 bo'lgan suvni o'z ichiga oladi. Suyuqlik balandliklari (2.1-rasm) quyidagi qiymatlarga ega: $h_m = 0,2 \text{ m}$; $h_{sim} = 0,4 \text{ m}$; $h_{suv} = 0,9 \text{ m}$. O'qdagi gidrostatik bosimni bilgan holda A quvurda $0,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga teng. B quvur o'qidagi bosimni aniqlang.

Yechimi. C nuqtadan $O-O$ taqqoslash tekisligi o'tkaziladi, uning uchun bosim tengsizligi yoziladi:

$$p_m + \rho_m g h_m + \rho_{sim} g h_{sim} = \rho_{suv} g h_{suv} + p_{suv}.$$

Unda

$$p_{suv} = p_m + \rho_m g h_m + \rho_{sim} g h_{sim} - \rho_{suv} g h_{suv} = 0,6 \cdot 10^5 + 900 \cdot 9,81 \cdot 0,2 + 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,4 - 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 1,063 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

2.2-masala. Silindrning so'ruvchi tomonida $h = 0,42 \text{ m}$ ko'rsatkichiga ega suv vakuummetri ulangan. Porshen ostidagi siyraklanishni aniqlang (2.2-rasm).

Yechimi. Porshen ostidagi siyraklanish (2.5) formula bo'yicha aniqlanadi:

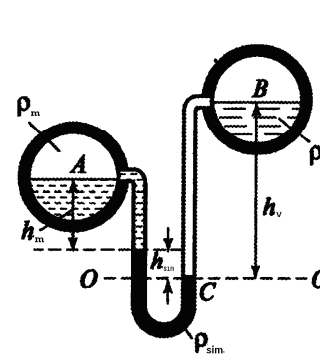
$$p_v = p_{atm} - p_{abs},$$

bunda p_{atm} – atmosfera bosimi; p_{abs} – silindrdagi absolut bosim,

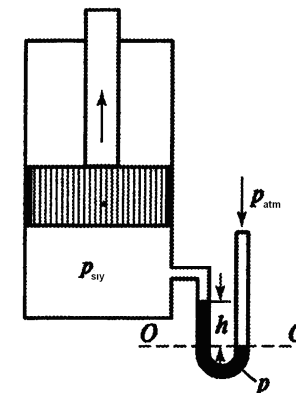
$p_{abs} = p_{atm} - \rho g h$. Unda

$$p_v = \rho g h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,42 = 0,142 \cdot 10^4 \text{ Pa}.$$

2.3-masala. $h = 300 \text{ m}$ chuqurlikdagi okean suvining ortiqcha bosimi $31,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga teng. Talab qilinadi quyidagilarni aniqlash: umumiy holda ushbu chuqurlikdagi dengiz suvi zichligi; Shimoliy qutb tumanlari va ekvatorida ushbu chuqurlikdagi dengiz suvi zichligi ($g_{pol} = 9,831 \text{ kg/m}^3$, $g_{ekv} = 9,781 \text{ kg/m}^3$).



2.1-rasm. Gidrostatik bosimni aniqlashga oid sxema



2.2-rasm. Siyraklanishni aniqlashga oid sxema

Yechimi. $h = 300 \text{ m}$ chuqurlikdagi suvning zichligini (2.4) formulaga asosan, quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

$$\rho = \frac{p_{ort}}{g h} = \frac{31,5 \cdot 10^5}{9,81 \cdot 300} = 1070 \text{ kg/m}^3.$$

Shimoliy qutb tumanida suvning zichligi

$$\rho_{pol} = \frac{p_{ort}}{g_{pol} h} = \frac{31,5 \cdot 10^5}{9,831 \cdot 300} = 1068 \text{ kg/m}^3.$$

ekvator tumanida

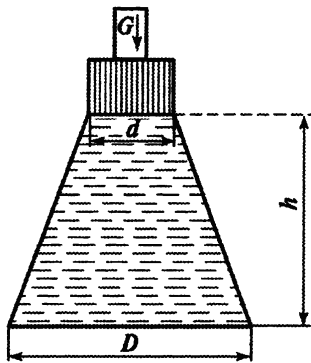
$$\rho_{ekv} = \frac{p_{ort}}{g_{ekv} h} = \frac{31,5 \cdot 10^5}{9,781 \cdot 300} = 1073,5 \text{ kg/m}^3.$$

2.4-masala. Asos diametri D bo'lgan konus shakli ega idish d diametrli silindrga o'tmoqda (2.3-rasm). Silindrdagi porshen $G = 3000 \text{ N}$ yuk bilan ko'chmoqda. Idishning o'lchamlari: $D = 1 \text{ m}$; $d = 0,5 \text{ m}$; $h = 2 \text{ m}$; suyuqlikning zichligi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Idish asosidagi kuchayotgan kuchlanishni aniqlang.

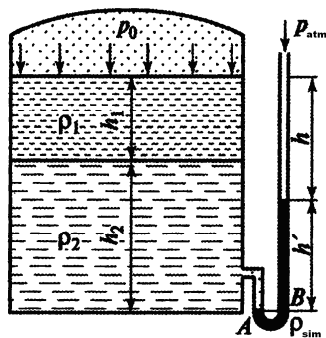
Yechimi. Idish tubidagi bosim $p = p_0 + \rho g h$ formulasi bo'yicha aniqlanadi. Ko'rib chiqilayotgan holatda idishdagi suyuqlik yuzasining bosimi

$$p_0 = \frac{G}{\omega} = \frac{4G}{\pi d^2} = \frac{3000 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,5^2} = 15278 \text{ N/m}^2;$$

$$p = p_0 + \rho gh = 15300 + 1000 \cdot 9,8 \cdot 2 = 34900 \text{ N/m}^2.$$



2.3-rasm. Kuchlanishni aniqlashga oid sxema



2.4-rasm. Havoning bosimini aniqlashga oid sxema

Unda idish asosidagi kuchayotgan kuchlanish quyidagi ko'rinishda olinadi:

$$P = p\omega_c = 34900 \cdot \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 27396 \text{ N}.$$

2.5-masala. Yopiq rezervuardagi suvning zichligi $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ va mineral moyning zichligi $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$, (p_0) ortiqcha bosim bilan havoni siqmoqda (2.4-rasm). Mineral moy va suvning yuza qismi erkin yuzadan $h_1 = 0,3 \text{ m}$ masofada turibdi. U-shaklidagi simobli manometr ko'rsatkichi $h' = 0,4 \text{ m}$. Rezervuar va simobli manometrda suyuqliklar erkin yuzalarining balandliklari farqi $h = 0,4 \text{ m}$. p_0 erkin yuzadagi havoning bosimini aniqlang.

Yechimi. U-shaklidagi simobli manometrning A va B nuqtalari o'sha suyuqliklarning gorizont tekisligi, ammo har xil tirsagida joylashgan, demak, $p_A = p_B$ yoki $p_0 + \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 = \rho_{sim} gh'$;

$$p_0 = (\rho_{sim} h' - \rho_1 h_1 - \rho_2 h_2) g.$$

2.4-rasmdan ko'rinib turibdiki $h_2 = h + h' - h_1 = 0,4 + 0,4 - 0,3 = 0,5 \text{ m}$, unda $p_0 = (13600 \cdot 0,4 - 800 \cdot 0,3 - 1000 \cdot 0,5) \cdot 9,81 = 46107 \text{ N/m}^2$.

2.6-masala. 2.5-rasmda tasvirlangan U-shakldagi quvurda mavjud bo'lgan uchta suyuqlik tizimlari muvozanatini o'rganing. Agar $z_0 - z_1 = 0,2 \text{ m}$; $z_1 + z_2 = 1 \text{ m}$; $z_3 - z_2 = 0,1 \text{ m}$; $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 13600 \text{ kg/m}^3$; $\rho_3 = 700 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, z_0, z_1, z_2, z_3 larni aniqlang.

Yechimi. A va B nuqtalar gorizont tekislikda joylashgan, demak, $p_A = p_B$; $(z_0 - z_1)\rho_0 = (z_2 - z_1)\rho_2 + (z_3 - z_2)\rho_3$. Ammo $z_1 = 1 - z_2$; $z_2 + z_1 = z_2 - 1 + z_2 = 2z_2 - 1$, unda

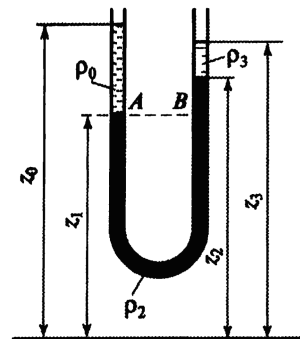
$$0,2 \cdot 1000 = (2z_2 - 1) \cdot 13600 + 0,1 \cdot 700; \quad 2z_2 = \frac{13870}{13600}; \quad z_2 = 0,51 \text{ m};$$

$$z_1 = 0,49 \text{ m}; \quad z_3 = 0,61 \text{ m}; \quad z_0 = 0,69 \text{ m}.$$

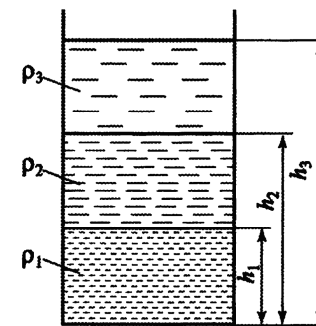
2.7-masala. Idishda ρ_1 , ρ_2 va ρ_3 zichliklarga ega aralashmaydigan suyuqliklar mavjud (2.6-rasm). Agar $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 850 \text{ kg/m}^3$; $\rho_3 = 760 \text{ kg/m}^3$; $h_1 = 1 \text{ m}$; $h_2 = 3 \text{ m}$; $h_3 = 6 \text{ m}$ bo'lsa, idish tubidagi (p_{ort}) ortiqcha bosimni aniqlang.

Yechimi. Tubdagi bosim $p_{ort} = \rho_1 gh_1 + \rho_2 g(h_2 - h_1) + \rho_3 g(h_3 - h_2)$ formulasi bo'yicha aniqlanadi, unda

$$p_{ort} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 + 850 \cdot 9,81 \cdot 1 + 760 \cdot 9,81 \cdot 1 = 3,54 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

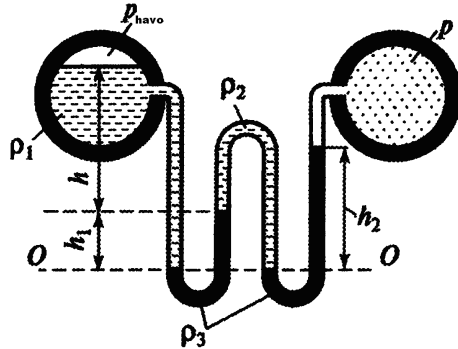


2.5-rasm. Suyuqlik muvozanatini o'rganishga oid sxema



2.6-rasm. Ortqiqcha bosimni aniqlashga oid sxema

2.8-masala. Suv va gaz (havo) bilan to'ldirilgan gorizont silindrik idishlar orasidagi bosimlar farqi spirt (ρ_2) va simob (ρ_3) bilan to'ldirilgan differensial manometr yordamida o'lchangan. Idishlardan bittasidagi erkin yuza ustidagi havo bosimini bilgan holda, gaz (p) bosimini aniqlang, agar $p_{havo} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$; $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3$; $\rho_3 = 13600 \text{ kg/m}^3$; $h_1 = 200 \text{ mm}$; $h_2 = 250 \text{ mm}$; $h = 0,5 \text{ m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa (2.7-rasm).



2.7-rasm. Gaz bosimini aniqlashga oid sxema

Yechimi. 0-0 taqqoslash tekisligi nisbati bo'yicha bosim tenglamasi tuziladi:

$$p_{havo} + \rho_1 g(h + h_1) - \rho_3 g h_1 - \rho_2 g(h_2 - h_1) + \rho_2 g h_2 - \rho_3 g h_2 - p = 0$$

Unda

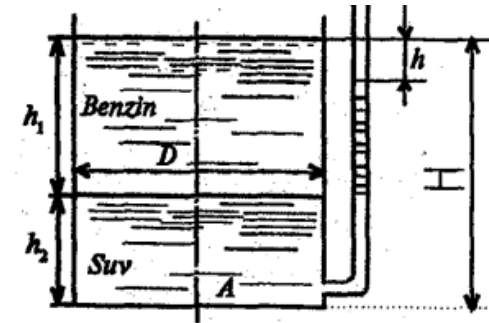
$$p = 2,5 \cdot 10^4 + 0,7 \cdot 10^4 - 2,72 \cdot 10^4 - 0,04 \cdot 10^4 + 0,2 \cdot 10^4 - 3,4 \cdot 10^4 = -2,76 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

2.9-masala. Diametri $D=2,0 \text{ m}$ ga teng bo'lgan silindsimon bakka $H=1,5 \text{ m}$ gacha suv va benzin quyilgan. Pyezometrda suv sathi benzin sathidan $h=300 \text{ mm}$ past. Bakdagi benzin og'irligini aniqlang, benzin zichligi $\rho=700 \text{ kg/m}^3$ (2.8-rasm).

Yechimi: Hidrostatikaning asosiy tenglamasidan A nuqtadagi bosim

$$p_A = p_{at} + \rho_b g h_1 + \rho g h_2;$$

$$p_A = p_{at} + \rho g(H - h).$$



2.8-rasm. Bakdagi benzin og'irligini aniqlashga oid sxema

Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, h ni aniqlaymiz:

$$\rho_b g h_1 + \rho g h_2 = \rho g(H - h).$$

Ma'lumki

$$h_1 + h_2 = H; \quad h_2 = H - h_1,$$

u holda

$$h_1(\rho_b g - \rho g) = \rho g h,$$

$$h_1 = \frac{\rho g h}{\rho g - \rho_b g} = \frac{\rho h}{\rho - \rho_b} = \frac{1000 \cdot 0,3}{300} = 1 \text{ m}.$$

Bakdagi benzin og'irligi

$$G = \rho_b g W = \rho_b g \frac{\pi d^2}{4} h_1 = 22 \text{ kN}.$$

2.10-masala. Agar idish og'irligi $G = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$; idish diametri $D = 0,4 \text{ m}$; S_2 – yuqorgi qopqoqning kesim yuzasi; suyuqlikka ta'sir etuvchi porshen diametri, $d = 0,2 \text{ m}$; porshenning kesim yuzasi

$S_1 = \frac{3,14 d^2}{4}$ bo'lsa, manometrik bosim (p_m) va suv bilan to'liq

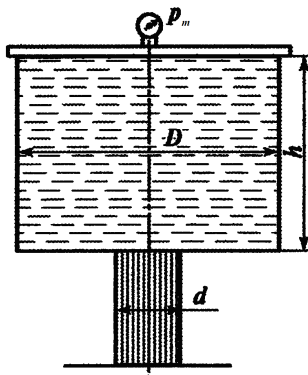
to'ldirilgan (2.9-rasm), idishning yuqori qopqog'iga ta'sir etuvchi bosim kuchini hisoblang.

Yechimi. Manometrik bosim faqat idishning og'irligida hosil bo'ladi, ya'ni

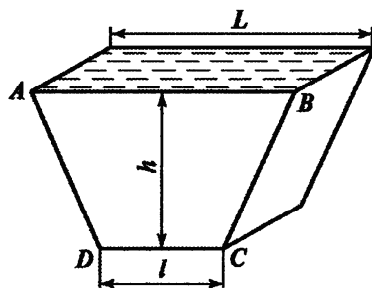
$$p_m = \frac{G}{S_1} = \frac{5 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 0,01} = 15,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2,$$

unda, yuqorgi qopqoqqa ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P = p_m S_2 = 15,9 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 15,9 \cdot 10^5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} = 19,97 \cdot 10^4 \text{ N.}$$



2.9-rasm. Bosim kuchini aniqlashga oid sxema



2.10-rasm. Bosim quyilish markazini aniqlashga oid sxema

2.11-masala. To'liq suv bilan to'ldirilgan idishning $ABCD$ vertikal devoridagi bosim kuchini (2.10-rasm) va bosim quyilish markazini aniqlang, agar $L = 32 \text{ m}$; $l = 26 \text{ m}$; $h = 18 \text{ m}$; $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa.

Yechimi. Vertikal devordagi bosim kuchi (2.6) asosan quyidagicha bo'ladi:

$$P = (p_0 + \rho g h_g) S$$

bunda S – vertikal devorning yuzasi (ushbu holatda bu trapetsiya),

$S = (L + l) \frac{h}{2} = (32 + 26) \cdot 9 = 522 \text{ m}^2$; p_0 – suvning erkin yuzasidagi atmosfera bosimi; h_g – vertikal devorning og'irlik markazi koordinatasi.

$$h_g = \frac{h}{3} \frac{2l + L}{l + L} = \frac{18 \cdot (52 + 32)}{3 \cdot (26 + 32)} = 8,7 \text{ m.}$$

Vertikal devordagi bosim kuchi

$$P = \rho g h_g S = 10^4 \cdot 8,7 \cdot 522 = 454 \cdot 10^5 \text{ N.}$$

Vertikal (trapetsiya) devorga bosimning qo'yilish markazi

$$h_c = \frac{h}{2} \frac{3l + L}{2l + L} = \frac{18 \cdot 110}{84} = 11,8 \text{ m.}$$

2.12-masala. Oddiy holatda inson mehnatisiz massasi $m_1 = 30 \text{ kg}$ bo'lgan og'irlik toshini ko'taradi. Qanday og'irlik toshini inson mehnatisiz suv ostida ko'taradi, agar $\rho_{suv} = 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{sim} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa?

Yechimi. Arximed qonuniga muvofiq

$$W_1 = \frac{1}{\rho_{suv} m_1}; W_2 = \frac{1}{\rho_{sim} m_2},$$

bunda W_1 – po'lat toshning hajmi; W_2 – po'lat tosh hajmidagi

suvning hajmi, $W_1 = W_2$ ga ko'ra yoki $\frac{1}{\rho_{suv} m_1} = \frac{1}{\rho_{sim} m_2}$.

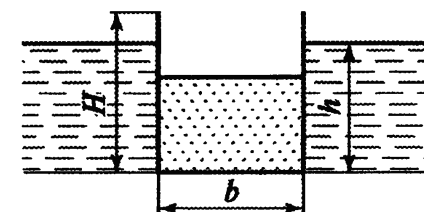
Demak, po'lat tosh hajmidagi suvning massasi

$$m_2 = \frac{m_1 \rho_{suv}}{\rho_{sim}} = \frac{30 \cdot 1000}{7800} = 3,8 \text{ kg, unda inson ko'tarishi mumkin}$$

bo'lgan og'irlik toshi quyidagini tashkil etadi:

$$m = m_1 + m_2 = 30 + 3,8 = 33,8 \text{ kg.}$$

2.12-masala. O'lchamlari $l \times b \times H = 60 \times 8 \times 3,5 \text{ m}$ (2.11-rasm) bo'lgan to'g'ri burchakli barja qumining nisbiy zichligi $\rho_{qum} = 2,0 \text{ kg/m}^3$ va og'irligi $G = 1440 \cdot 10^4 \text{ N}$ bilan to'ldirilgan. Barjaning cho'kishini h aniqlang. Qumning hajmini barjaga shunday yuklash kerakki, cho'kish $h = 1,2 \text{ m}$ dan oshmasin ($\rho_{suv} = 1000 \text{ kg/m}^3$).



2.11-rasm. Barjaning cho'kishini aniqlashga oid sxema

Yechimi. Arximed qonuniga muvofiq

$G = P_A$,
bunda $G = \rho_p g W_p$; $P_A = \rho_{suv} g W_b$; $W_b = lbh$.

Bu yerdan

$$h = \frac{W_b}{lb}.$$

Negaki

$$W_b = \frac{G}{\rho_{suv} g},$$

u holda $h = \frac{G}{\rho_{suv} g \cdot lb} = \frac{1440 \cdot 10^4}{10^3 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 8} = 3 \text{ m}.$

$h = 1,2 \text{ m}$ dagi qumning miqdori aniqlanadi:

$$P_A = \rho_{suv} g W'_b = 10^4 \cdot (60 \cdot 8 \cdot 1,2) = 576 \cdot 10^4 \text{ N}.$$

Negaki $G = P_A$ va $G = \rho_p g W_p$, u holda

$$W_p = \frac{576 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^4} = 288 \text{ m}^3.$$

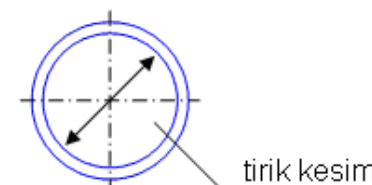
3. GIDRODINAMIKA

Gidrodinamika – gidravlikaning ushbu bo‘limi suyuqliklarning harakat qonunlarini va ularning amaliyotda ishlatilishini o‘rgatadi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata o‘qi bo‘yicha o‘zgaruvchi turli parametrlarga ega bo‘lgan harakatdagi moddiy nuqtalar to‘plamidan iborat. Odatda suyuqlikni o‘zi egallab turgan fazoni butunlay to‘ldiruvchi tutash jism deb qaraladi. Bu degani tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, o‘sha yerda suyuqlik zarrachasi mavjuddir. Hidrodinamika bo‘limida asosiy parametrlardan bosim va tezlikdir. Gidravlika odatda real, ya‘ni qovushqoq suyuqliklarni ko‘rib chiqadi.

3.1. Suyuqlik harakatining gidravlik elementlari

1. Tirik kesim deb, oqim yo‘nalishiga perpendikular bo‘lgan oqimning ko‘ndalang kesim yuzasiga aytiladi va u ω harfi bilan belgilanib, m^2 , sm^2 larda o‘lchanadi. Masalan, quvurning tirik kesimi – doira (3.1-rasm).



3.1-pacm. Doira shaklidagi quvurning tirik kesimi

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.1)$$

2. Ho‘llangan perimetr deb, qattiq devor bilan chegaralangan tirik kesim perimetrining qismiga aytiladi va χ harfi bilan belgilanadi, masalan, doira shaklidagi quvurning ho‘llangan perimetri, agar quvur ichida suv to‘lib oqqanda:

$$\chi = \pi d = 2\pi r \quad (3.2)$$

3. Oqim sarfi deb, bir-birlik vaqt ichida tirik kesim orqali o‘tayotgan suyuqlikning hajmiga aytiladi va u Q harfi bilan belgilanib, m^3/s , sm^3/s , l/s larda o‘lchanadi:

$$Q = \frac{W}{t} \quad (3.3)$$

4. Oqimning o'rtacha tezligi deb, suyuqlik sarfini tirik kesim yuzasiga nisbati bilan aniqlanadigan suyuqlik harakatining tezligiga aytiladi va u g harfi bilan belgilanib, m/s, sm/s larda o'lchanadi:

$$g_{o'r} = \frac{Q}{\omega} \quad (3.4)$$

Suyuqlikning har xil zarrachalari harakatining tezligi bir-biridan farq qilsa, harakat tezligi o'rtalashtiriladi. Doira shaklidagi quvurda, masalan, quvurning markazidagi tezlik maksimal bo'lsa, unda uning devorida tezlik nolga teng bo'ladi.

5. Oqimning gidravlik radiusi deb, tirik kesimning ho'llangan perimetri nisbatiga aytiladi va u R harfi bilan belgilanadi:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (3.5)$$

Gidravlik radius fizik jihatdan hech qanday ma'noga ega emas, faqat u harakatdagi kesim shaklining suyuqlik harakatiga ta'sirini aniqlashda kerak bo'ladi.

3.2. Uzlaksizlik tenglamasi

Moddalarning saqlanish qonuni va sarfning doimiylikidan uzluksizlik tenglamasi kelib chiqadi. Elementar oqimcha xususiyatlarini hisobga olib, suyuqlik uzluksiz holatda deb qarab quyidagini yozish mumkin:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n = const \quad (3.6)$$

(3.6) tenglamaga asoslanib quyidagi xulosani chiqarish mumkin, ya'ni oqimning barqaror harakatida uning ichiga qo'shimcha suyuqlik miqdori qo'shilmasa, unda uning ichidagi sarf miqdori uzunlik bo'yicha o'zgarmaydi.

Elementar oqimcha sekin va tez o'zgaruvchan holatda harakatlenganda esa oqimchaning uzluksizlik tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$g_1 d\omega_1 = g_2 d\omega_2 = \dots = g_n d\omega_n = const \quad (3.7)$$

Agar elementar oqimcha o'rniga bir butun oqim ko'rilayotgan bo'lsa, unda

$$g_1 \omega_1 = g_2 \omega_2 = \dots = g_n \omega_n = const \quad (3.8)$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (3.9)$$

3.3. Ideal suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Bernulli tenglamasi 1738 yili D. Bernulli tomonidan olingan bo'lib, u ideal suyuqlikning elementar oqimchasi uchun quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = const \quad (3.10)$$

Ideal suyuqlik oqimining ixtiyoriy ikkita kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} = H = const \quad (3.11)$$

va shunday ta'rif berish mumkin: **Ideal suyuqliklarning ixtiyoriy kesimi uchun Bernulli tenglamasidagi uchta hadlari yig'indisi doimiy kattalik bo'ladi.**

Energetik nuqtai nazardan tenglamaning har bir hadi energiyaning aniqlangan ko'rinishini taqdim etadi.

z_1 va z_2 – 1-1 va 2-2 kesimlardagi potensial energiyani xarakterlaydigan holatlar solishtirma energiyasi;

$\frac{p_1}{\rho g}$ va $\frac{p_2}{\rho g}$ – xuddi shu kesimlardagi bosimning potensial energiyasini xarakterlaydigan bosimlar solishtirma energiyasi;

$\frac{u_1^2}{g}$ va $\frac{u_2^2}{g}$ – xuddi shu kesimlardagi solishtirma kinetik energiyalar.

Demak, Bernulli tenglamasiga muvofiq, **ideal suyuqlikning to'liq solishtirma energiyasi har bir kesimda doimiy bo'ladi.**

Bernulli tenglamasini haqiqiy geometrik talqinini ham izohlash mumkin. Gap shundaki, tenglamaning har bir hadi chiziqli o'lchov birligidan iborat.

z_1 va z_2 – taqqoslash tekisligidan $1-1$ va $2-2$ kesimlardagi geometrik balandliklar;

$\frac{p_1}{\rho g}$ va $\frac{p_2}{\rho g}$ – pyezometrik balandliklar;

$\frac{u_1^2}{g}$ va $\frac{u_2^2}{g}$ – ko'rsatilgan kesimlardagi tezlik balandliklari.

Ushbu holatda Bernulli tenglamasiga shunday ta'rif berish mumkin: ideal suyuqliklar uchun geometrik, pyezometrik va tezlik balandliklari yig'indisi doimiy kattalik bo'ladi.

3.4. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi

Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi (3.11) tenglamadan bir qancha farq qiladi.

Gap shundaki, real qovushqoq suyuqliklar harakatida ishqalanish kuchlari paydo bo'ladi va ularni yo'qotishda suyuqlik energiya sarflaydi. Natijada suyuqlikning to'liq solishtirma energiyasi birinchi kesimda yo'qotilgan energiya kattaligi hisobiga ikkinchi kesimdagi to'liq solishtirma energiyadan katta bo'ladi.

Yo'qotilgan energiya yoki yo'qotilgan bosim h_f bilan belgilanadi va chiziqli o'lchov birligida o'lchanadi.

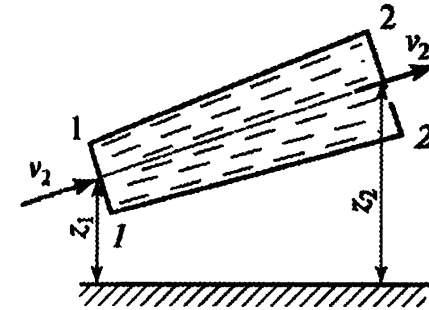
Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_f = H = \text{const} \quad (3.12)$$

Tenglamada ikkita α_1 va α_2 koeffitsiyentlari paydo bo'ladi, ular **Koriolis koeffitsiyentlari** deb ataladi va suyuqlikning oqim tartibiga bog'liq (laminar tartib uchun $\alpha = 2$, turbulent tartib uchun $\alpha = 1$) bo'ladi.

3.5. MISOLLAR

3.1-masala. Diametrlari $d_1 = 480$ mm ($1-1$ kesim) va $d_2 = 945$ mm ($2-2$ kesim) kengayuvchi qururdagi ideal suyuqlikning $\rho_0 = 0,860$ tekislikka nisbatan sarfi $Q = 0,18$ m³/s (3.2-rasm). Kesim markazi pozitsiyalaridagi farq 2 m ga teng. $1-1$ kesimdagi manometr ko'rsatkichi $p_1 = 3 \cdot 10^5$ N/m². $1-1$ va $2-2$ kesimlardagi suyuqlik tezligi va $2-2$ kesimdagi p_2 bosimni aniqlang.



3.2-rasm. Kesimlardagi suyuqlik tezligi va bosimini aniqlashga oid sxema

Yechimi. $1-1$ kesimni manometr ulangan joyi orqali o'tkaziladi, $0-0$ taqqoslash tekisligini esa $1-1$ va $2-2$ kesimlar markazidan z_1 va z_2 sathlari joylashtiriladi, unda

$$\vartheta_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = 0,995 \text{ m/s}; \quad \vartheta_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = 0,257 \text{ m/s}.$$

Suyuqlikning nisbiy zichligi (1.2) asosan $\rho_0 = \frac{\rho}{\rho_{suv}}$, bu yerdan

$$\rho = \rho_{suv} \rho_0 = 10^3 \cdot 0,860 = 860 \text{ kg/m}^3.$$

$1-1$ va $2-2$ kesimlar uchun Bernulli tenglamasi (3.12) dan foydalaniladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_f.$$

Taxmin qilamizki, oqim tartibi turbulent ($\alpha_1 = \alpha_2 = 1$) va bosim yo'qolishi ($h_f = 0$) ni hisobga olmay quyidagi olinadi:

$$p_2 = p_1 + \rho g \Delta z + \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) = 3 \cdot 10^5 + 860 \cdot 10 \cdot 2 + \frac{860}{2} \cdot (0,995^2 - 0,257^2) = 3 \cdot 10^5 + 0,17 \cdot 10^5 + 0,004 \cdot 10^5 = 3,174 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$

3.2-masala. Qiya quvur diametrlari $d_1 = 100 \text{ mm}$; $d_2 = 75 \text{ mm}$; $d_3 = 50 \text{ mm}$; $d_4 = 25 \text{ mm}$ bo'lgan to'rtta tashkil etuvchi qismlardan iborat (3.3-rasm). Suyuqlikning nisbiy zichligi $\rho_0 = 0,95$, debiti $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ga teng. $z_1 = 5 \text{ m}$, $z_2 = 4 \text{ m}$, $z_3 = 3 \text{ m}$ koordinata markazlariga ega bo'lgan, ko'ndalang kesimlarga mos keluvchi p_1, p_2, p_3 bosimlarni hisoblang. Bosim yo'qolishini hisobga olmaslik mumkin.

Yechimi. 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 kesimlarni difmanometrlar ulangan joyidan o'tkaziladi, 0-0 taqqoslash tekisligini esa 4-4 kesimdagi og'irlik markazi sathida joylashtiriladi. Bernulli tenglamasidan foydalanib 1-1, 2-2, 3-3 kesimlardagi bosimlarni topamiz, oqim tartibini turbulent deb taxmin qilib ($\alpha_1 = \alpha_2 = 1$) va gidravlik yo'qotishlarni hisobga olmaslik mumkin:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_4 + \frac{p_4}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_4^2}{2g} + \sum h.$$

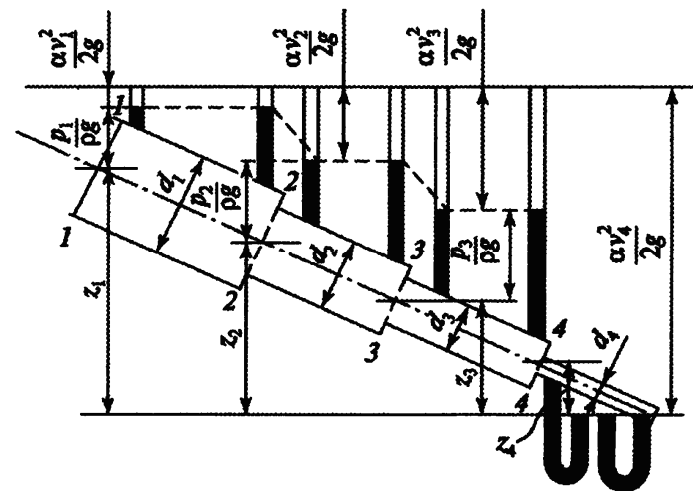
Bunda $p_4 = p_{atm}$; $\sum h = 0$; $v = \frac{4Q}{\pi d^2}$; $z_4 = 0$.

Unda

$$p_1 = \frac{\rho}{2} Q^2 \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) - \rho g z_1 = 1,58 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2;$$

$$p_2 = \frac{\rho}{2} Q^2 \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{d_2^4} \right) - \rho g z_2 = 1,659 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2;$$

$$p_3 = \frac{\rho}{2} Q^2 \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{d_3^4} \right) - \rho g z_3 = 1,653 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$



3.3-rasm. Kesimlardagi bosimlarni aniqlashga oid sxema

3.3-masala. Venturi suv o'lchagichi diametri $d_1 = 0,25 \text{ m}$, $d_2 = 0,1 \text{ m}$ bo'lgan qiya quvurda joylashgan (3.4-rasm). Simob manometri bilan ikkita kesimlaridagi bosimni o'lchash farqi amalga oshirilmoqda. Simob ustunidagi bosimning $h = 0,1 \text{ m}$ farqini bilib suv sarfini aniqlang ($\rho_{sim} = 13600 \text{ kg/m}^3$).

Yechimi. 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasidan foydalaniladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_f.$$

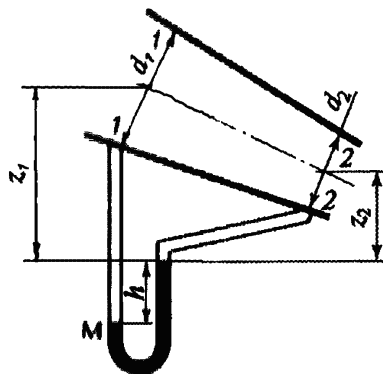
Bosim yo'qolishi hisobga olinmaydi. Oqim tartibini turbulent deb hisoblab $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ ga ega bo'ladi. Bularni hisobga olib, Bernulli tenglamasi quyidagiga ega bo'ladi:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \Delta z_{1-2} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}. \quad (3.13)$$

1-1 va 2-2 kesimlardagi ortiqcha bosim $p = p_0 + \rho g h$ yoziladi.

Manometr ko'rsatkichi

$$p_m = p_1 + \rho_{suv} g(z_1 + h) = p_2 + \rho_{suv} g z_2 + \rho_{sim} g h \quad (3.14)$$



3.4-rasm. Suv sarfini aniqlashga oid sxema

Negaki, tezlik $g = \frac{4Q}{\pi d^2}$, unda

$$\frac{g_2^2}{2g} - \frac{g_1^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{4Q}{\pi d_2^2} \right)^2 - \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 \right],$$

yana

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \Delta z_{1-2} = \left(\frac{\rho_{sim}}{\rho_{suv}} - 1 \right) h \quad (3.15)$$

(3.13)–(3.14) tenglamalarni hisobga olib quyidagi ko‘rinish olinadi:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\rho_{sim}}{\rho_{suv}} - 1 \right) h &= (\rho_{0.sim} - 1)h = \frac{g_2^2 - g_1^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{4Q}{\pi d_2^2} \right)^2 - \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 \right] = \\ &= \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right). \end{aligned}$$

Bu yerdan

$$Q = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2g(\rho_{0.sim} - 1)}{\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4}}},$$

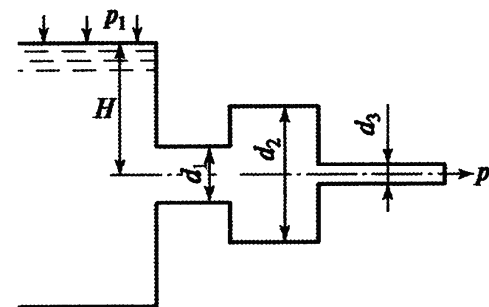
bunda $\rho_{0.sim} = \frac{\rho_{sim}}{\rho_{suv}}$.

Unda

$$Q = \frac{3,14}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot (13,6 - 1)}{\frac{1}{(0,1)^4} - \frac{1}{(0,25)^4}}} = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.4-masala. Nisbiy zichligi $\rho_0 = 0,8$ bo‘lgan ideal suyuqlik doimiy napor $H = 16$ m ostida diametrlari $d_1 = 50$ mm, $d_2 = 70$ mm, $d_3 = 40$ mm bo‘lgan uchta quvurlar tizimi orqali oqmoqda (3.5-rasm). Quvurlar hammasi suyuqlik bilan to‘ldirilgan. Suyuqlikning sarfi Q ni aniqlang.

Yechimi. Suyuqlik ideal, bosim yo‘qolishini hisobga olmaslik mumkin. Unda Bernulli tenglamasidan foydalanib suyuqlik sarfi aniqlanadi: $Q = \frac{\pi d_3^2}{4} \sqrt{2gH} = 22,2$ l/s.



3.5-rasm. Suyuqlikning sarfini aniqlashga oid sxema

Pyezometrik chiziqni o‘tkazish uchun tezlik va pyezometrik napor hisoblanadi, ya’ni

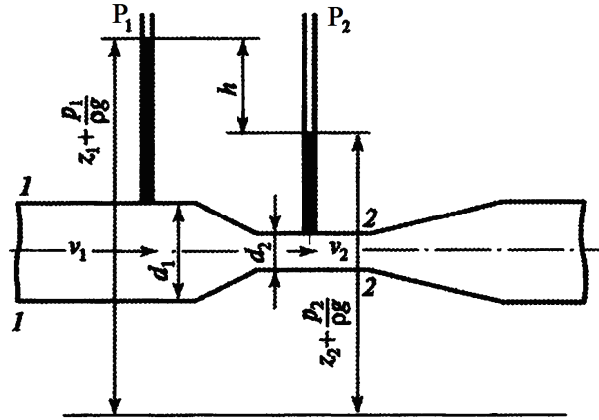
$$\frac{g_1^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 = H \frac{d_3^4}{d_1^4} = 6,55 \text{ m}; \quad \frac{p_1}{\rho g} = H \left(1 - \frac{d_3^4}{d_1^4} \right) = 9,45 \text{ m};$$

$$\frac{g_2^2}{2g} = H \frac{d_3^4}{d_2^4} = 1,7 \text{ m}; \quad \frac{p_2}{\rho g} = H \left(1 - \frac{d_3^4}{d_2^4} \right) = 14,3 \text{ m}.$$

Naporlarni qo‘shib, yechimning to‘g‘riligini ko‘ramiz, ya’ni

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} = H = 16 \text{ m.}$$

3.5-masala. Quvur diametri $d_1 = 20$ sm va diametri $d_2 = 10$ sm bo'lgan Venturi suv o'lchagichidan suv oqmoqda (3.6-rasm). Qarshilikni hisobga olmay, agar P_1 va P_2 pyezometrlaridagi farq ko'rsatkichi $h = 0,25$ m bo'lsa, suvning sarfini aniqlang.



3.6-rasm. Suvning sarfini aniqlashga oid sxema

Yechimi. Uzulmaslik tenglamasi (3.8) va 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasi tuziladi:

$$g_1 \omega_1 = g_2 \omega_2; \quad z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g}$$

yoki

$$g_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = g_2 \frac{\pi D_2^2}{4}; \quad h + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{g_2^2}{2g},$$

$$\text{negaki } \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \right) = h.$$

Ushbu tenglamalarni o'zgartirib

$$g_1 D_1^2 = g_2 D_2^2; \text{ bu yerdan } g_1 = g_2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2; \quad (3.16)$$

$$\frac{g_2^2 - g_1^2}{2g} = h. \quad (3.17)$$

olinadi.

(3.16) va (3.17) qo'yib

$$\frac{g_2^2 - g_1^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4}{2g} = h \text{ yoki } \frac{g_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] = h.$$

olinadi. Bu yerdan

$$g_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4}}.$$

Sarf quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$Q = \omega_2 g_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4}} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25}{1 - \left(\frac{0,1}{0,2} \right)^4}} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}.$$

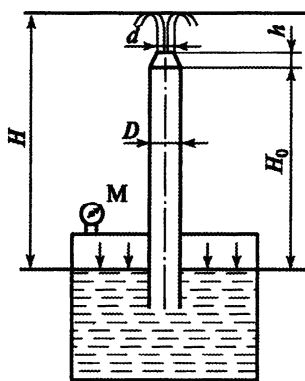
Haqiqatan, sarf energiya yo'qolishi hisobiga (yechimni yengillashtirish uchun hisobga olmay) bir qancha kichik bo'lar ekan.

3.6-masala. Hamma yo'qotilgan bosimlarni hisobga olmay, uzunligi $h = 0,25$ m bo'lgan soplardan chiqishda boshlang'ich diametri $d = 25$ m bo'lgan suv ($\rho_{\text{suv}} = 1000 \text{ kg/m}^3$) oqimi sarfi Q va balandligi H ni aniqlang. Oqimning otilib chiqishi uzunligi $H_0 = 3$ m va diametri $D = 500$ mm bo'lgan vertikal quvur orqali amalga oshirilmoqda, u erkin yuzadan ortiqcha bosim ostida $p_m = 5 \text{ N/sm}^2 = 5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ doimiy sath bilan rezervuardan ta'minlanmoqda (3.7-rasm).

Yechimi. Hamma yo'qotilgan bosimlarni hisobga olmay va oqimning tugashi va rezervuardagi erkin yuza uchun Bernulli tenglamasini yozib,

$$H = \frac{p_m}{\rho g} = \frac{5 \cdot 10^4}{10^3 \cdot 9,81} = 5,1 \text{ m}$$

olinadi.

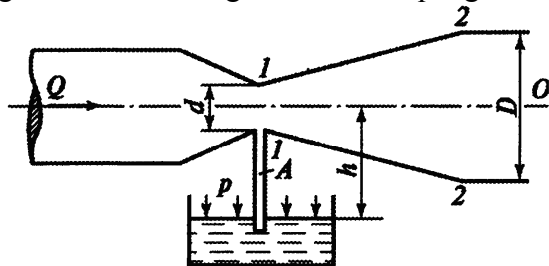


3.7-rasm. Suv oqimi sarfi va balandligini aniqlashga oid sxema

Suv oqimining sarfi Torichelli formulasi yordamida aniqlanadi:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g(H - H_0 - h)} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (5,1 - 3 - 0,25)} = 2,9 \text{ l/s.}$$

3.7-masala. Ejektorning gorizontal qismi rezervuardagi suyuqlikning erkin yuzasidan $h = 2 \text{ m}$ balandlikda joylashgan. Ejektorning og'iz diametri $d = 20 \text{ mm}$, chiqish kesimi diametri esa $D = 60 \text{ mm}$ (3.8-rasm). A quvuridagi sarfning mavjud emasligida maksimal sarf va ejektorning kichik kesimidagi bosimni aniqlang.



3.8-rasm. Maksimal sarf va kichik kesimidagi bosimni aniqlashga oid sxema

Yechimi. 1-1 va 2-2 kesimlarni ejektorning og'zi va chiqish teshigi bo'yicha, taqqoslash tekisligi esa – ejektorning o'q chizig'i bo'yicha o'tkaziladi. 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasi asosida

$$\frac{p_{atm} - p_1}{\rho g} = \frac{g_1^2 - g_2^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left[\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4} \right] Q^2$$

ga ega bo'linadi.

Boshqa tomondan, gidrostatika tenglamasi asosida

$$p_1 = p_{atm} - \rho gh = 10^5 - 10^4 \cdot 2 = 8 \cdot 10^4$$

yoki

$$p_{atm} - p_1 = \rho gh.$$

Ikkita tenglamalardan foydalanib

$$h = \frac{1}{2g} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \left[\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4} \right] Q^2$$

olinadi. Bu yerdan A quvuridagi sarfning mavjud emasligiga mos keluvchi maksimal sarf topiladi:

$$Q = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2gh}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}}} = \frac{3,14}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 2}{\frac{1}{0,02^4} - \frac{1}{0,06^4}}} = 2 \text{ l/s.}$$

3.8-masala. Oqimchali nasos yordamida suv $h = 0,5 \text{ m}$ chuqurlikdan ko'tarilmoqda. Agar quvur diametri $d = 100 \text{ mm}$, 1-1 kesimdagi bosim $p_m = 40 \text{ kPa}$, suv tezligi $g_1 = 1,12 \text{ m/s}$ bo'lsa, kameradagi quvur diametrini d_2 aniqlang (3.9-rasm). Suv ideal deb qaralsin.

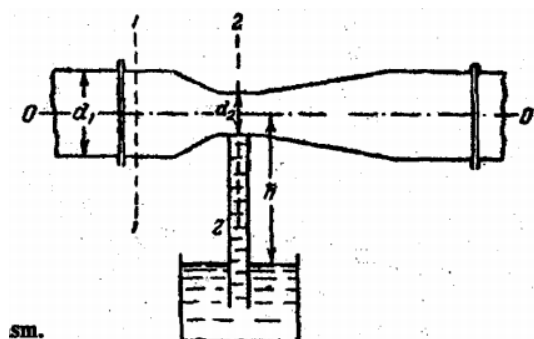
Yechimi. 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. Tarroslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab o'tkazamiz

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{p_{at}}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}.$$

2-2 kesimdagi tezlik naporini aniqlaymiz:

$$\frac{u_2^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{p_{at} - p_2}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}.$$

$\frac{p_{at} - p_2}{\gamma}$ - 2-2 kesimdagi vakuum miqdori.



3.9-rasm. Oqimchali nasos kamerasidagi quvur diametrini aniqlashga oid sxema

$$p_2 + \gamma h = p_{at}; h = \frac{p_{at} - p_2}{\gamma} = 0,55.$$

1-1 kesimdagi tezlik nabori

$$\frac{u_2^2}{2g} = \frac{1,12^2}{19,62} = 0,064 \text{ m.}$$

Bernulli tenglamasiga qo'yib, u_2 ni aniqlaymiz:

$$\frac{u_2^2}{2g} = 0,4 + 0,55 + 0,064 = 1,014 \text{ m,}$$

$$u_2 = \sqrt{19,62 \cdot 1,014} = 4,46 \text{ m/s.}$$

U holda d_2 ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi u^2}} = 0,05 \text{ m.}$$

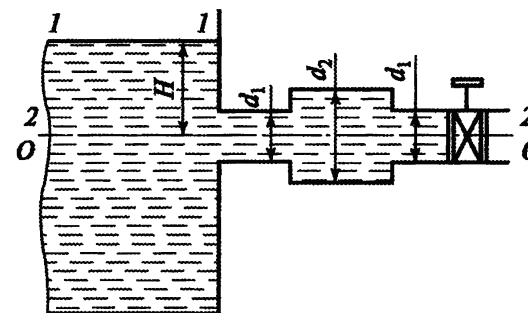
3.10-masala. Suv oqimi diametrlari $d_1 = 50 \text{ mm}$, $d_2 = 70 \text{ mm}$ bo'lak quvurlardan iborat qisqa quvur orqali $H = 16 \text{ m}$ doimiy sathda rezervuar orqali amalga oshirilmoqda (3.10-rasm). Quvurning oxirida mahalliy yo'qotish ko'effitsiyenti $\xi_g = 4$ ga ega qurilma (jo'mrak) qo'yilgan. Boshqa yo'qotishlarni hisobga olmaslik mumkin. Suvning sarfi Q ni aniqlang.

Yechimi. 1-1 va 2-2 kesimlar rezervuarining erkin yuzasi va quvurning o'q chizig'i bo'yicha, taqqoslash tekisligi esa - quvurning o'q chizig'i bo'yicha o'tkaziladi. Bernulli tenglamasiga muvofiq

$$H = \frac{g_1^2}{2g} + \xi_g \frac{g_2^2}{2g} = \frac{g_1^2}{2g} (1 + \xi_g),$$

bu yerdan

$$g_1 = \sqrt{\frac{2gH}{1 + \xi_g}}.$$



3.10-rasm. Suvning sarfini aniqlashga oid sxema

Unda

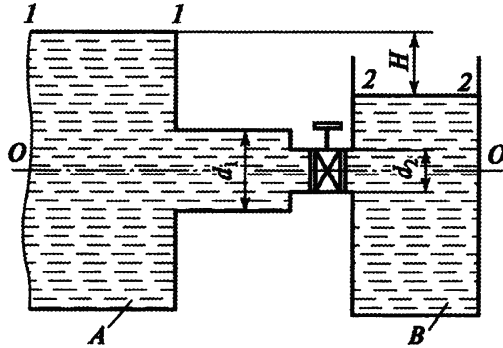
$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \xi_g}} = \frac{3,14 \cdot 0,25}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 16}{1 + 4}} = 15,5 \text{ l/s.}$$

3.11-masala. A va B rezervuarlar suv bilan mahalliy yo'qotilgan ko'effitsiyent $\xi_g = 5$ bo'lgan jo'mrakka ega, diametrlari $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 60 \text{ mm}$ bo'lak quvurlardan iborat gorizontall quvur bilan ulangan (3.11-rasm). Boshqa yo'qotishlarni hisobga olmaslik mumkin. Rezervuarlardagi suyuqlik sathlari farqi $H = 3 \text{ m}$. Quvurdagi suyuqlik sarfi Q ni aniqlang. Suyuqlik sarfi ikki barobar katta bo'lishi uchun mahalliy yo'qotish ko'effitsiyenti ξ_g qanday bo'lishi kerak?

Yechimi. 1-1 va 2-2 kesimlar rezervuarining erkin yuzasi, taqqoslash tekisligi esa - quvurning o'qi bo'yicha o'tkaziladi.

Rezervuar o'lchamlari juda katta ekanligini taxmin qilib, erkin yuzalardagi tezlik o'zgarishi nolga teng, 1-1 va 2-2 kesimlarga Bernulli tenglamasi qabul qilinadi: $p_1 = p_2$; $\vartheta_1 = \vartheta_2 = 0$;

$$z_1 - z_2 = H; \Delta h = \xi \frac{\vartheta_{jum}^2}{2g}.$$



3.11-rasm. Suyuqlikning sarfini aniqlashga oid sxema

Rezervuarlardagi suv sathi farqi quyidagidan iborat:

$$H = \xi_g \frac{\vartheta}{2g} = \xi_g \frac{Q^2}{2g \left(\frac{\pi d^2}{4} \right)^2},$$

Bu yerdan quvurdagi suyuqlik sarfi topiladi:

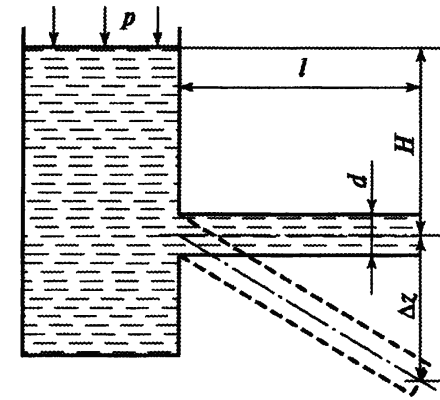
$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{\xi_g}} = \frac{3,14 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 3}{5}} = 9,7 \text{ l/s}.$$

Suyuqlik sarfining ikki barobar oshishi uchun mahalliy yo'qotish koeffitsiyenti aniqlanadi. Negaki

$$Q^2 = f \left(\frac{1}{\xi_g} \right), \text{ unda } \xi'_g = \frac{\xi_g}{4} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

3.12-masala. Suyuqlik diametri $d = 100 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 50 \text{ m}$ bo'lgan quvur orqali rezervuardan oqmoqda (3.12-rasm). $H = 4 \text{ m}$ balandlikda turgan erkin yuza sathi doimiy. Gorizontaldagi Q_1

va qiya quvurdagi Q_2 ($\Delta z = 2 \text{ m}$) suyuqlik sarfini hisoblang. Mahalliy bosim yo'qotishlarini hisobga olmaslik mumkin.



3.12-rasm. Suyuqlik sarfini aniqlashga oid sxema

Yechimi. Erkin yuza va quvurdan chiqish uchun Bernulli tenglamasi qo'llaniladi. Taqqoslash tekisligi quvurning chiqish kesimi markazidan o'tkaziladi. Ishqalanishdagi bosim yo'qotish koeffitsiyenti (4.9) empirik formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,5}{d}.$$

Oqim tartibini turbulent deb taxmin qilish mumkin, ya'ni $\alpha = 1$, rezervuarining katta o'lchamlarini hisobga olib va erkin yuza sathi o'zgarishini nolga teng deb hisoblab, quyidagini yozish mumkin:

$$H + \Delta z = \left[1 + \left(0,02 + \frac{0,5}{100d} \right) \frac{l}{d} \right] \frac{1}{2g} \left(\frac{4}{\pi d^2} \right)^2 Q_2^2,$$

bu yerdan

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2g(H + \Delta z)}{\left[1 + \left(0,02 + \frac{0,5}{1000d_2} \right) \frac{l_2}{d_2} \right]}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot (4+2)}{1 + \left(0,02 + \frac{0,5}{1000 \cdot 0,1}\right) \cdot \frac{50}{0,1}}} = 23,15 \text{ l/s.}$$

Bernulli tenglamasi asosida quyidagi yoziladi:

$$H = \left[1 + \left(0,02 + \frac{0,05}{100d} \right) \frac{l}{d} \right] \frac{1}{2g} \left(\frac{4}{\pi d^2} \right)^2 Q_1^2,$$

bu yerdan

$$Q_1 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2gH}{1 + \left(0,02 + \frac{0,5}{1000d} \right) \frac{l}{d}}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4}{1 + \left(0,02 + \frac{0,5}{1000 \cdot 0,1} \right) \cdot \frac{50}{0,1}}} = 18,9 \text{ l/s.}$$

4. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

Ma'lumki, suyuqlik oqimi harakati davomida unga har xil tashqi kuchlar ta'sir qiladi. Bu kuchlar bajargan kuchlar hisobiga suyuqlikning mexanik energiyasi o'zgarishi mumkin. Energiyaning yoki bosim yo'qolishida, asosan oqimning o'z harakati vaqtida ishqalanish kuchlarini yengish uchun sarflangan energiyasini yoki yo'qolgan bosimi o'rganiladi. Yuqoridagi mavzularda real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasini o'rganish jarayonida energiya (bosim) yo'qolishini ko'rib chiqqandik. Bosim yo'qolishi ikki xil bo'lishi mumkin:

- 1) uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi;
- 2) mahalliy bosim yo'qolishi.

Uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi Darsi-Veysbax formulasi bo'yicha topiladi va u quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} \quad (4.1)$$

bunda l – kesimlar orasidagi uzunlik; d – quvurning ichki diametri; ϑ – oqimning o'rtacha tezligi; g – erkin tushish tezlanishi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$); λ – gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti (Darsi koeffitsiyenti) bo'lib, u jiddiy ravishda suyuqlikning harakat tartiblariga bog'liq.

4.1. Suyuqlikning harakat tartiblari

Suyuqlikning ikki harakat tartiblarining mavjudligi haqidagi taxmin birinchi bo'lib 1880 yili D.I. Mendeleyev tomonidan aytilib o'tilgan, 3 yildan keyin esa ingliz fizigi Osborn Reynolds ikki harakat tartiblari mavjudligini eksperiment orqali tasdiqladi. Tartiblar **laminar** va **turbulent** deb ataladi. **Laminar tartibda suyuqlik qatlam-qatlam bo'lib, bir-biriga aralashmay harakatlanadi, turbulent tartibda esa suyuqlik zarrachalari tartibsiz harakatlanadi, oqimcha tez buziladi.**

Reynolds aniqladiki, suyuqlik harakatining tartib kriteriysi o'lchovsiz kattalik bo'lib hisoblanadi, ya'ni keyinchalik Reynolds soni Re deb nomlandi. Reynolds soni Re quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$Re = \frac{9d}{\nu} \quad (4.2)$$

bunda 9 – oqimning oʻrtacha tezligi; d – quvurning ichki diametri; ν – suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Suyuqlik harakatining laminar tartibidan turbulentga oʻtuvchiga va aksincha mos keladigan Reynolds soni qiymatini Reynolds kritik soni Re_{kr} deb ataladi.

Agar $Re < Re_{kr}$ – laminar harakat.

Agar $Re > Re_{kr}$ – turbulent harakat.

Re qiymatlari quvurlar tizimlarining maʼlum elementlari uchun har xil. Doira shaklidagi qattiq quvurlar uchun $Re_{kr} = 2320$.

4.2. Suyuqlikning laminar harakat tartibi

Yuqorida aytib oʻtilganidek, suyuqlikning laminar harakat tartibi suyuqlikning aralashmasdan, parallel va tartibli harakatiga tushuniladi. Ushbu tartib uchun hamma qonuniyatlar analitik koʻrinishida chiqarilgan. Darsi koeffitsiyenti (gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti) quyidagi koʻrinishda boʻladi:

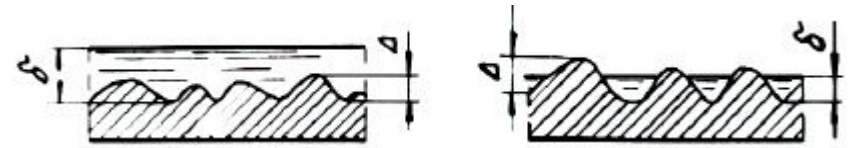
$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.3)$$

4.3. Suyuqlik harakatining turbulent tartibi

Suyuqlik harakatining turbulent tartibi tabiatda va texnikada eng koʻp tarqalgan boʻlib, qiyin gidravlik hodisa hisoblanadi. Hozirgi vaqtda turbulent tartib uchun izchil nazariya yoʻq. Shuning uchun turbulent harakatning yarim empirik nazariyalari va empirik formulalari deb ataluvchi eksperimental maʼlumotlardan foydalaniladi.

4.4. Gidravlik silliq va gʻadir-budur quvurlar

Quvur devorlari gʻadir-budur boʻladi (4.1-rasm). Gʻadir-budurlikning yuqori boʻrtib chiqqan joyi Δ (absolut gʻadir-budurlik) orqali belgilanadi. Laminar qatlamning qalinligi δ gʻadir-budurlik Δ nisbatiga bogʻliq holda gidravlik silliq, agar $\delta > \Delta$ va gidravlik gʻadir-budur quvurlar, agar $\delta < \Delta$ ga boʻlinadi.



4.1-rasm. Quvurlarning gʻadir-budurligini tasvirlaydigan sxema

Reynoldsning har xil qiymatlarida, oʻsha quvur gidravlik silliq yoki gʻadir-budur boʻlishi mumkin.

Gʻadir-budurlik odatda gʻadir-budurlikning Δ katta boʻrtib chiqmaganligi bilan xarakterlanadi, Δ ni radiusga yoki quvurning diametriga nisbati esa, yaʼni $\frac{\Delta}{r}$ yoki $\frac{\Delta}{d}$ nisbiy gʻadir-budurlik deb ataladi.

4.5. Turbulent tartibning gidravlik qarshilik qonunlari

Eksperiment yoʻli bilan aniqlandiki, **gidravlik qarshiliklar koeffitsiyenti turbulent tartibda va Darsi koeffitsiyenti umumiy holda quvurlarning gʻadir-budurligiga va Reynolds soniga bogʻliq.**

Agar $\delta > \Delta$ va $2320 < Re < 10^5$ boʻlsa, Blazius formulasidan foydalaniladi:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (4.4)$$

Agar $\delta > \Delta$ va $10^5 < Re < 3 \cdot 10^6$ boʻlsa, Konakov formulasidan foydalaniladi:

$$\lambda = \frac{1}{(1,81 \cdot \lg Re - 1,5)^2} \quad (4.5)$$

(4.4) va (4.5) formulalarda Reynolds soni mavjud, biroq gʻadir-budurlik mavjud emas.

Agar $\delta < \Delta$ boʻlsa, unda Nikuradze formulasidan foydalanish tavsiya etiladi:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{d}{\Delta}\right)^2} \quad (4.6)$$

Agar $Re > 10^5$ bo'lsa, g'adir-budur quvurlardagi turbulent oqim B.L. Shifrinson formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$\lambda = 0,114 \sqrt{\frac{\Delta}{d}} \quad (4.7)$$

Ushbu (4.6) va (4.7) formulalardagi λ koeffitsiyent devorning nisbiy g'adir-budirligiga bog'liq, Reynolds soni mavjud emas.

Umumiy holda, qachonki g'adir-budurlik va Reynolds sonini hisobga olish zarur bo'lsa Altshul formulasidan foydalaniladi:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad (4.8)$$

Bu formula universal hisoblanadi. $Re < 10 \frac{\Delta}{d}$ sonlarida, qachonki, quvurlar gidravlik silliq bo'lsa, (4.6) formula (4.4) formulasiga yaqin bo'lgan qiymatni beradi.

Qachonki, $Re \ 10 \frac{\Delta}{d} < Re < 500 \frac{\Delta}{d}$ diapazonida bo'lgan holda (4.8) formuladan foydalanish kerak. Qachonki, $Re > 500 \frac{\Delta}{d}$ bo'lgan holda, quvur gidravlik g'adir-budur bo'lsa, (4.8) formula (4.6) formulaga yaqin bo'lgan qiymatni beradi.

Texnik hisoblarda λ koeffitsiyentini aniqlash uchun chiziqli empirik formulalardan foydalaniladi. Bunga F.A. Shevelevning formulasini keltirish mumkin:

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,5}{d} \quad (4.9)$$

Ushbu formula katta diametrli ($d = 600 \div 1200$ mm) suv o'tkazuvchi po'lat va cho'yan quvurlarni hisoblash uchun, ularning qarshiliklarini foydalanish jarayonida hisobga olgan holda hamda $Re \geq 920000$ bo'lgan holda qo'llanish tavsiya etiladi.

4.6. Nikuradze grafigi

Gidravlik ishqalanish koeffitsiyentining (Darsi koeffitsiyenti) o'zgarishi tadqiqoti b'yicha tajribalarni Reynolds soni va quvurlarning g'adir-budurligiga bog'liq holda I.I. Nikuradze

o'tkazgan. Quvurlardagi g'adir-budurlikni ma'lum o'lchamdagi qum zarrachalarini quvurning ichki yuzasiga yopishtirish yo'li bilan sun'iy yaratdi.

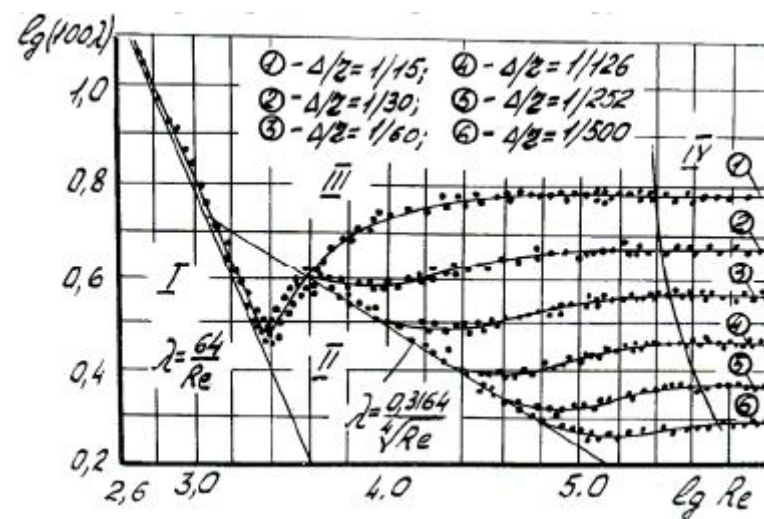
Nikuradze eksperiment tadqiqotlari asosida harakat tartibi va quvurlarning g'adir-budurligidan gidravlik qarshilik koeffitsiyent qiymati grafigini taqdim etdi (4.2-rasm).

I zonada laminar tartib mavjud. λ koeffitsiyent qiymatiga g'adir-budurlik ta'sir ko'rsatmaydi, $\lambda = f(Re)$.

II zona – gidravlik silliq quvurlardagi turbulent tartib zonasi. Ushbu grafikning mosligi Blazius tenglamasini beradi.

III zona. Ushbu zonada λ kattalikka Reynolds soni Re va g'adir-budurlik jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Bu holda Altshul formulasidan foydalanish zarur.

IV zona – turbulent tartib (kvadratik qarshilik) zonasi. Re soni λ ga ta'sir ko'rsatmaydi, chiziqli absissa o'qiga parallel bo'ladi. Bu yerda λ kattalikka faqat quvurlarning g'adir-budurligi ta'sir ko'rsatadi. Ushbu zonada λ ni aniqlash uchun Nikuradze formulasidan foydalanish mumkin.



4.2-rasm. Nikuradze grafigi

Suyuqlik harakatining turbulent tartibida, gidravlik qarshilik koeffitsiyentini λ Reynolds soni va quvurlarning g'adir-budirligiga bog'liq holatini aniqlash bo'yicha bir qancha formulalar mavjud. Bu Nikuradze grafigida ko'rinib turibdi. Suyuqlik harakatining laminar tartibi uchun λ kattaligini aniqlash uchun bitta formula mavjud (4.3 formula).

4.7. Mahalliy qarshiliklar

Bosim yo'qolishlarining mahalliy qarshiligi kattalik bo'yicha tezlik o'zgarishi va yo'nalishi natijasida paydo bo'ladi, asosan geometrik o'lchamlar va mahalliy gidravlik qarshiliklar shakliga bog'liq bo'ladi.

Mahalliy gidravlik qarshiliklar deb, oqim konfiguratsiyasi (quvur burilishi, har xil diametrli quvurlarning birlashtirishi, qo'lfaklar, drossellar va b.h.) ning keskin o'zgarish zonalarida vujudga keladigan harakat qarshiligiga aytiladi.

Odiy mahalliy gidravlik qarshiliklar quyidagi turlarga bo'linadi:

- a) o'zanning kengayishi – to'satdan, bir tekis;
- b) o'zanning torayishi – to'satdan, bir tekis;
- d) o'zanning burilishi – to'satdan, bir tekis.

Mahalliy qarshilikning eng qiyin holatlaridan biri sanab o'tilgan oddiy mahalliy qarshiliklar kombinatsiyasi va ulanishi (qo'shilishi) hisoblanadi.

Suyuqlik energiyasi mahalliy qarshilik orqali suyuqlikning oqishida oqim yo'nalishining o'zgarishi va tezliklarning qaytadan taqsimlanishida, oqim buzilishi va uyurma paydo bo'lganida sarflanadi.

Laminar va turbulent tartiblarda mahalliy yo'qotishlarning solishtirma energiyasi (bosimi) Veysbax formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$h_m = \xi \frac{g^2}{2g} \quad (4.10)$$

Mahalliy qarshilik turlarini (misol, o'zanning to'satdan kengayishi) aniqlash uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ nazariy yo'l bilan aniqlanishi mumkin.

Quvurning to'satdan kengayishi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\xi_{t,k} = \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^2 \text{ yoki } \xi_{t,k} = \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right)^2 \quad (4.11)$$

bunda S_1 va S_2 – mos ravishda to'satdan oldingi va keyingi tirik kesim yuzalari.

Quvurning to'satdan torayishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\xi_{t,t} = 0,5 \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \quad (4.12)$$

4.8. MISOLLAR

4.1-masala. 25°C haroratda diametri $d = 0,03$ mm bo'lgan quvurdagi suv, havo va glitserinning harakatida laminardan turbulentga o'tishiga mos kelivchi kritik tezlikni aniqlang.

Yechimi. Reynolds formulasi (4.2) dan

$$g_{kr} = \frac{Re_{kr} \nu}{d} = \frac{2320 \nu}{d}$$

topiladi.

Suv uchun $\nu = 0,9 \cdot 10^{-6}$ m²/s topiladi, unda

$$g_{kr} = \frac{2320 \cdot 0,9 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 0,07 \text{ m/s;}$$

havo uchun $\nu = 16,15 \cdot 10^{-6}$ m²/s, unda

$$g_{kr} = \frac{2320 \cdot 16,15 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 1,25 \text{ m/s;}$$

glitserin uchun $\nu = 4,1 \cdot 10^{-4}$ m²/s, unda

$$g_{kr} = \frac{2320 \cdot 4,1 \cdot 10^{-4}}{0,03} = 31,7 \text{ m/s.}$$

4.2-masala. Sarfi $Q = 0,136$ m³/s, suvning harorati 10°C, diametri $d = 300$ mm bo'lgan suv o'tkazuvchi quvurdagi suvning harakat tartibi va Reynolds sonini aniqlang.

Yechimi. Oqimning tirik kesimi aniqlanadi:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,071 \text{ m}^2.$$

Unda quvurdagi suv harakatining oʻrtacha tezligi

$$g = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,136}{0,071} = 1,92 \text{ m/s}.$$

Reynolds soni

$$Re = \frac{gd}{\nu} = \frac{1,92 \cdot 0,03}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 441000$$

bunda $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Suvning harakat tartibi turbulent, madomiki

$$Re = 441000 > Re_{kr} = 2320.$$

4.3-masala. Suv taʼminoti va kanalizatsiyada qabul qilinadigan quvurlarning minimal diametri $d = 12 \text{ mm}$, maksimal diametri $d = 3500 \text{ mm}$ ga ega. Ulardagi suv harakatining hisobiy tezliklari $g = 0,5 \dots 4 \text{ m/s}$ ni tashkil etadi. Ushbu quvurlardagi Reynolds sonining minimal va maksimal qiymatlari va suv oqimining tartibini aniqlang.

Yechimi. Suv taʼminoti va kanalizatsiya tizimlaridagi suvning harorati $0 \dots 30^\circ\text{C}$ ichida oʻzgarishi mumkin, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentlari esa $\nu_{0^\circ} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ va $\nu_{30^\circ} = 0,81 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ni tashkil etadi. Reynoldsning minimal soni $d = 0,012 \text{ m}$, $g = 0,5 \text{ m/s}$ va $\nu_{0^\circ} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ da quyidagilarni tashkil etadi:

$$Re_{\min} = \frac{gd}{\nu} = \frac{0,5 \cdot 0,012}{1,78 \cdot 10^{-6}} = 3370$$

Reynoldsning maksimal soni esa

$$Re_{\max} = \frac{gd}{\nu} = \frac{4 \cdot 3,5}{0,81 \cdot 10^{-6}} = 17284000.$$

Negaki $Re_{\min} = 3370 > Re_{kr} = 2320$, u holda suv taʼminoti va kanalizatsiya tizimlari quvurlaridagi suvning harakat tartibi har doim turbulent boʻladi.

4.4-masala. Agar quvur diametri $d = 100 \text{ mm}$, suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ boʻlsa, suyuqlik harakatining laminar tartibidan turbulentga oʻtishiga mos keluvchi tezlikni aniqlang.

Yechimi. Reynolds tenglamasi yoziladi:

$$Re_{kr} = \frac{g_{kr} d}{\nu}; \nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Maʼlumki

$$Re_{kr} = 2320,$$

unda

$$g_{kr} = \frac{Re_{kr} \nu}{R} = \frac{2320 \cdot 1,01 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 0,0234 \text{ m/s}.$$

Demak, $g < 0,0234 \text{ m/s}$ da suyuqlik oqimining tartibi laminar, $g > 0,0234 \text{ m/s}$ da esa turbulent.

4.5-masala. Diametri $d = 75 \text{ mm}$ boʻlgan quvur boʻyicha zichligi $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$, dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\mu = 0,03 \text{ N}\cdot\text{k/m}^2$ bilan neft transport qilinmoqda. Oqim tezligi $g = 1 \text{ m/s}$. Gidravlik nishablik i ni aniqlang.

Yechimi. Gidravlik nishablik [6,8] $i = \frac{\Delta h}{l}$ formula boʻyicha aniqlanadi.

Darsi-Veysbax formulasi (4.1) ga muvofiq

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g}$$

$$\text{unda } i = \lambda \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g}.$$

$$\text{Madomiki, Reynolds soni: } Re = \frac{\rho g d}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,075 \cdot 850}{0,03} = 2125, \text{ u}$$

holda $Re > Re_{kr} = 2320$, koʻrib chiqilayotgan tartib laminar va

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \text{ unda}$$

$$i = \frac{64}{\text{Re}} \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g} = \frac{64 \cdot 1 \cdot 1^2}{2125 \cdot 0,075 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,02.$$

4.6-masala. 2,7 atm. napor ostida diametri $d = 203$ mm uzunligi $l = 10000$ mm bo'lgan quvur bo'yicha zichligi $\rho = 900$ kg/m³, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 1,46 \cdot 10^{-4}$ m²/s bo'lgan neft transport qilinmoqda. Quvurning kirish va chiqish kesimlari orasidagi farq $z_1 - z_2 = 50$ m. Neftning og'irlik sarfi (G) ni aniqlang.

Yechimi. Quvurning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasidan foydalaniladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 g_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 g_2^2}{2g} + h_f.$$

Ushbu tenglamaga muvofiq, bunda

$z_1 - z_2 = 50$ m; $p_1 - p_2 = 2,7 \text{ atm} = 2,7 \cdot 10^5$ N/m², quyidagiga ega bo'ladi:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{2,7 \cdot 10^5}{900 \cdot 9,81} = 30 \text{ m}.$$

Oqim laminar deb taxmin qilinadi, ya'ni $g_1 = g_2$ ($d = \text{const}$) va

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g}, \text{ unda}$$

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}; h_f = \frac{64 \nu l g^2}{9 d^2 2g} = \frac{64 \nu l g}{9 d^2}.$$

Demak,

$$50 + 30 = \frac{64 \cdot 1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,203^2} g$$

Bu yerdan

$$g = \frac{80}{115,5} = 0,69 \text{ m/s}.$$

Neftning og'irlik sarfi

$$G = \rho g \omega = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,69 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,203^2 = 197 \text{ N/s}.$$

4.7-masala. Zichligi $\rho = 900$ kg/m³, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 4,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s bo'lgan, diametri $d = 156$ mm va uzunligi $l = 5000$ mm bo'lgan quvur bo'yicha transport qilinayotgan neftning og'irlik sarfi $G = 2 \cdot 10^6$ N/s ga teng. Uzunlik bo'yicha bosim yo'qolish va gidravlik nishablik kattaligini hisoblang.

Yechimi. Neftning oqim tartibi $\text{Re} = \frac{g d}{\nu}$ Reynolds soni bo'yicha aniqlanadi. Bunda

$$g = \frac{Q}{\omega}, Q = \frac{G}{\rho g} = \frac{2 \cdot 10^6}{930 \cdot 10 \cdot 3600} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

unda

$$g = \frac{0,06 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,156^2} = 3,14 \text{ m/s}.$$

Chunki

$$\text{Re} = \frac{g d}{\nu} = \frac{3,14 \cdot 0,156}{4,5 \cdot 10^{-4}} = 1090,$$

U holda oqim tartibi laminar va $\lambda = \frac{64}{1090} = 0,059$.

Darsi-Veysbax formulasiga muvofiq uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosim quyidagini tashkil etadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g} = 0,059 \cdot \frac{5000}{0,156} \cdot \frac{3,14}{2 \cdot 9,81} = 950 \text{ m};$$

gidravlik nishablik

$$i = \frac{h_l}{L} = \frac{950}{5000} = 0,19.$$

4.8-masala. $g_{o'rt} = 0,4$ m/s o'rtacha tezlik bilan quvur bo'yicha suyuqlikning tekis harakatida uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosimni aniqlang, agar suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 0,4 \cdot 10^{-4}$ m²/s, quvurning diametri $d = 100$ mm, uning uzunligi $l = 1000$ m bo'lsa.

Yechimi. Suyuqlikning oqim tartibi aniqlanadi:

$$Re = \frac{gd}{\nu} = \frac{0,4 \cdot 0,1}{0,4 \cdot 10^{-4}} = 1000 < Re_{kr},$$

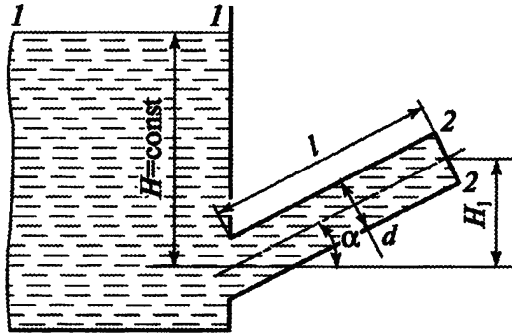
ya'ni oqim tartibi laminar, unda

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1000} = 0,064.$$

Uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax formulasidan aniqlanadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g^2}{2g} = 0,064 \cdot \frac{1000}{0,1} \cdot \frac{0,16}{20} = 5,12 \text{ m}.$$

4.9-masala. Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 0,1 \text{ sm}^2/\text{s}$ bo'lgan suyuqlik doimiy napor ostida $H = 1 \text{ m}$ diametri $d = 20 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 20 \text{ m}$ bo'lgan qiya quvur bo'yicha oqmoqda (4.3-rasm). Suyuqlikning oqim tartibi laminar bo'lgan quvurning minimal qiyalik burchagi α ni hisoblang. Mahalliy bosim yo'qolishlarini hisobga olmaslik mumkin.



4.3-rasm. Qiyalik burchagini aniqlashga oid sxema

Yechimi. Oqimning laminar oqim tartibi uchun

$$0 < Re < Re_{kr} \text{ yoki } 0 < \frac{gd}{\nu} < 2320$$

shart bajarilishi kerak. Unda

$$0 < \frac{g \cdot 0,02}{0,1 \cdot 10^{-4}} < 2320, \text{ bu yerdan } 0 < g \leq 1,16 \text{ m/s}.$$

Rezervuardagi suyuqlikning erkin yuzasi bo'yicha o'tkazilgan 1-1 kesim va quvurdan suyuqlik oqimining chiqish joyidagi 2-2 kesim uchun ko'rib chiqiladi.

$H = 1 \text{ m}$ naporga to'g'ri keluvchi tezlik aniqlanadi, shu uchun 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 g_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 g_2^2}{2g} + h_f.$$

Unda $g_1 = 0$; $p_1 = p_2 = p_{atm}$; $z_1 = H$; $z_2 = H_1$; $h_f = h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g_2^2}{2g}$ ni qo'yib

$$H - H_1 = \frac{\alpha g_2^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{g_2^2}{2g} \quad (4.13)$$

olinadi.

Agar quvur gorizont va oqim tartibi laminar deb taxmin qilsak, u holda $\alpha = 2$ va $\lambda = \frac{64}{2300}$, unda $g_2 = 0,82 \text{ m/s}$.

Ko'rinib turibdiki, $0 < g_2 \leq 1,16$. Chiziqli yo'qolish va tezlikka $g_2 = 0,82 \text{ m/s}$ to'g'ri keluvchi balandlik aniqlanadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{g_2^2}{2g} = \frac{64 \cdot 20 \cdot 0,82^2}{2300 \cdot 0,02 \cdot 20} = 0,93 \text{ m} \quad (4.14)$$

Tezlik napori

$$\frac{\alpha g_2^2}{2g} = \frac{2 \cdot 0,6724}{2 \cdot 9,81} = 0,067 \text{ m}.$$

(4.14) tenglama yordamida (4.13) tenglamani yechib

$$H_1 = H - \frac{\alpha g_2^2}{2g} - h_l = 1 - 0,93 - 0,067 = 0,003 \text{ m}$$

olinadi. Bundan quyidagi olinadi:

$$\sin \alpha = \frac{H_1}{l} = \frac{0,03}{20} = 0,0015 \text{ va } \alpha = 0^{\circ}01'.$$

4.10-masala. Uzunligi $l = 1,5 \text{ km}$ va diametri $d = 250 \text{ mm}$ li quvurda benzin oqib o'tmoqda. Benzinning harorati 20°C , sarf

$Q = 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$. Quvurda yo‘qotilgan naporni aniqlang. Agar quvurning diametrini 20% ga kamaytirsak, yo‘qotilgan napor qanchaga o‘zgaradi?

Yechimi: quvurdagi oqim tezligi

$$g = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0,53 \text{ m/s}.$$

Suyuqlikning harakat rejimini aniqlaymiz: jadvaldan $t = 20^\circ\text{C}$ haroratdagi benzinning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini $\nu = 0,75 \text{ mm}^2/\text{s}$ ega bo‘lamiz.

Reynolds soni

$$\text{Re} = \frac{gd}{\nu} = 177 \cdot 10^3.$$

Demak, harakat rejimi turbulent.

U holda gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti Altshul formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,02.$$

Bosimning yo‘qolishi

$$\Delta p = \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{\rho g^2}{2} = 11,8 \cdot 10^3 \text{ Pa}.$$

Quvur diametrini 20% ga kamaytirsak

$$d_1 = 0,8d = 200 \text{ mm}.$$

U holda yo‘qotilgan bosim miqdori

$$\Delta p = 38 \cdot 10^3 \text{ Pa}.$$

Demak, quvur diametrini 20% ga kamaytirsak, bosimning kamayishi (yo‘qotilgan bosim) 3,2 marta osgar ekan.

4.11-masala. Uzunligi $l = 20 \text{ m}$, diametri $d = 0,2 \text{ m}$ bo‘lgan nasosning so‘ruvchi quvuri ishqalanishidagi yo‘qotilgan bosimni aniqlang. So‘ruvchi quvur orqali o‘tadigan suyuqlik sarfi $Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Quvur uchta burilish ($\xi = 0,2$), so‘ruvchi klapanga ($\xi_{kl} = 5$) ega. Mahalliy qarshilikka mos keluchi ekvivalent uzunlikni aniqlang.

Yechimi. So‘ruvchi quvurdagi oqim tartibi aniqlanadi:

$$g = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,06}{3,14 \cdot 0,04} = 1,91 \text{ m/s},$$

unda

$$\text{Re} = \frac{gd}{\nu} = \frac{1,91 \cdot 0,2}{1 \cdot 10^{-4}} = 3820 > \text{Re}_{kr}.$$

Suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ega deb taxmin qilinadi. Oqim tartibi turbulent, quvur esa gidravlik silliq, ya‘ni Blazius formulasi (4.4) bo‘yicha

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}} = \frac{0,3164}{7,86} = 0,04.$$

So‘ruvchi quvurdagi yo‘qotilgan bosim

$$\begin{aligned} h_f &= h_l + h_m = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{g^2}{2g} = \\ &= \left(0,04 \cdot \frac{20}{0,2} + (3 \cdot 0,2 + 5) \right) \cdot \frac{1,91^2}{20} = \frac{9,6 \cdot 3,65}{20} = 1,75 \text{ m}. \end{aligned}$$

Mahalliy qarshilikka mos keluvchi ekvivalent uzunligi quyidagini tashkil etadi:

$$h_{m.ekv} = \sum \xi \frac{g^2}{2g} = (3 \cdot 0,2 + 5) \cdot \frac{1,91^2}{20} = \frac{5,6 \cdot 3,65}{20} = 1,02 \text{ m}.$$

5. GIDROMASHINALAR

Nasos deb, tashqaridan olingan mexanik yoki boshqa turdagi energiyani suyuqlik oqimining energiyasiga aylantirib beruvchi gidravlik mashinaga aytiladi.

Nasoslarni ishlash tarzi, suyuqlikka energiya berish usuli, tuzilishi, ishchi elementining harakatlanish usuli, hosil qiladigan bosimi, uzatiladigan suyuqlik turi, valining joylashish holati va boshqa xususiyatlari bo'yicha tasniflash usullari mavjud.

Suyuqlikka energiya berish xususiyati bo'yicha nasoslarni to'rt guruhga bo'lish mumkin:

1) Suv ko'targichlar – ya'ni, suyuqlikning holat energiyasini (z) o'zgartiruvchi qurilmalar: charxpalak, chig'ir, suv ko'tarish g'ildiragi, Arximed vinti, havoli suv ko'targichlar, kapillyar nasoslar va hokazo.

2) Oqimchali nasoslar – suyuqliqni kinetik energiyasini ($\frac{g^2}{2g}$) o'zgartiruvchi nasoslar: gidroelevator, ejektor, injektor va hokazo;

3) Hajmiy nasoslar – suyuqlikning potensial energiyasi ($\frac{P}{\gamma}$) o'zgartiruvchi mashinalar: porshenli (plunjerli), rotorli, vintli, qanotli, diafragmali nasoslar, suv halqali vakuum-nasoslar, gidravlik taran va hokazo;

4) Kurakli nasoslar – suyuqlikning potensial ($\frac{P}{\gamma}$) vakinetik ($\frac{g^2}{2g}$) energiyalarini o'zgartiruvchi mashinalar: markazdan qochma, diagonal, o'qiy va uyurmali nasoslar.

Nasoslar ishlash tarzi bo'yicha ikkita ya'ni dinamik va hajmiy nasoslar guruhiga bo'linadi.

Ish bo'linmasida (g'ildirakda) suyuqlik dinamik kuch ta'sirida harakatlanuvchi, so'rg'ich va uzatkich qismlari bilan doimiy bog'langan holda suyuqlikni uzatuvchi nasoslar *dinamik nasoslar* deyiladi.

Ish bo'linmasi hajmining o'zgarishi, hamda so'rg'ich va uzatkich qismlari bilan bog'lanishi davriy ravishda sodir bo'lishi hisobiga suyuqliqni uzatuvchi nasoslar *hajmiy nasoslar* deyiladi.

Yuqorida keltirilgan nasoslar halq xo'jaligining turli sohalarida keng qo'llaniladi. Masalan, markazdan qochma nasoslar qishloq va suv xo'jaligining sug'orish va quritish tizimlarida, aholi suv ta'minoti va oqova suv tizimlarida, issiqlik energetika qurilmalarining bug' qozonlariga va issiqlik tarmog'iga suv uzatishda, quruq yoqilg'i bilan ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalarida (IES) kul-suv aralashmasini chiqarib tashlashda, kimyo sanoatida turli kimyoviy reagent, eritma va yog'larni uzatishda, qurilishda va ko'mir sanoatida gidromexanizatsiyaishlarida, oziq-ovqat va yengil sanoatda suv va turli qorishmalarni uzatishda, neft mahsulotlarini uzoq masofaga haydab berishda, sanoat korxonalari va turli uskunalarni texnik, xo'jalik va yong'inga qarshi tizimlarida keng qo'llanilmoqda.

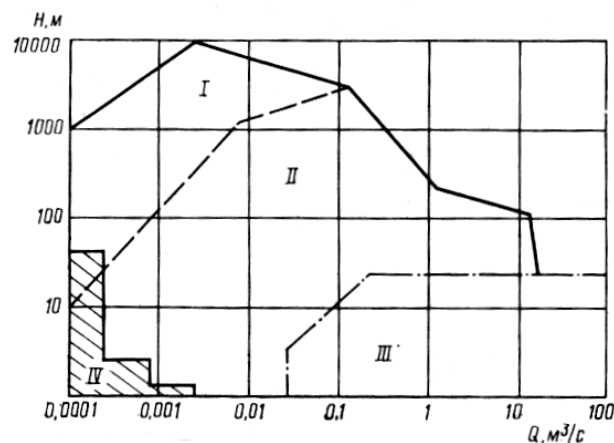
Oxirgi yillarda katta yer maydonlarini o'zlashtirish natijasida qishloq xo'jalik ekinlarini sug'orish va katta sanoat shaharlarini suv bilan ta'minlash, hamda IESlarining bug' turbinalarini quvvatini ortishi munosabati bilan ularni kondensatorlariga aylanma suvni uzatish tezkorligi yuqori o'qiy va diagonal nasoslar bilan amalga oshirilmoqda.

Oqimchali nasoslar bug' turbinalari kondensatorlaridan havo chiqarishda, quduqlardan suv chiqarish, IESlarida suv-kul aralashmasini chiqarib tashlashda, gidromexanizatsiya usulida tuproq ishlarini bajarishda loyqa haydash uchun, torf qatlamlarini suv bilan yuvib chiqarishda, hamda kimyo va neft sanoatda turli maqsadlarda foydalaniladi.

Quduqlardan neft chiqarishda va uni magistral quvurlar bilan uzoq masofaga haydashda, qurilishda sement va ohak qorishmalarini uzatishda, hamda suyuqlik sarfi oz va yuqori bosim talab qiladigan turli sanoat qurilmalariga moy uzatishda porshenli yoki boshqa turdagi hajmiy nasoslar qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Rotorli hajmiy nasoslar asosan turbinalar va turli mashina va mexanizmlarning moylash va boshqarish tizimlarida qo'llaniladi.

Qurilish ishlarini bajarishda sement va ohak qorishmalari uzatish uchun shlangli va diafragmali nasoslar qo'llash yaxshi samara beradi.

Qishloq va suv xo'jaligi sohasida asosan kurakli (markazdan qochma va o'qiy) nasoslar keng tarqalgan. Yaylovlar suv ta'minoti uchun quduqlardan suv chiqaruvchi tasmali va chilvirli kapillyar nasoslar va erliftlardan foydalaniladi. Xulosa qilib aytish mumkinki kurakli nasoslar ixcham, yengil, arzon, yeyiladigan va uriladigan detallari kamroq, dvigatel bilan ulash oson, tez ishga solish va rostlash imkoniyatiga ega ekanligi, suyuqlikni bir tekis uzatishi, foydalanish sodda va kam harajatli, FIK yuqori, ifloslangan suyuqliklarni chiqarish imkoniyati, ishonchli va uzoq muddat ishlashi kabi afzalliklarga ega bo'lganligi uchun xalq xo'jaligida ko'p qo'llaniladi. Hozirgi davrda bosimi 3500 m gacha va suyuqlik kuzatishi 40 m³/s va undan ortiq chegaralarda ishlovchi kurakli nasoslar ishlab chiqarilgan. Turli nasoslarning suyuqlik uzatishi va bosimi bo'yicha tavsiya etiladigan qo'llanish chegaralari 5.1-rasmda keltirilgan.



5.1-rasm. Nasoslarning qo'llanish chegaralari:

I-porshenli; II-markazdan qochma; III-o'qiy; IV-uyurmali; oqimchali; tebranma va boshqalar

5.1. MISOLLAR

5.1-masala. Toza suv chiqarayotgan nasosning uzatishi $Q=200$ l/s, bosimi $H=45$ m, FIK $\eta=75\%$ bo'lsa, u qancha quvvat talab etishini aniqlang.

Yechimi: nasosning validagi quvvatini topish formulasidan foydalanib, qancha quvvat talab etilishi aniqlanadi

$$N = \frac{N_f}{\eta_n} = \frac{\rho g H Q}{1000 \eta_n} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,2 \cdot 45}{1000 \cdot 0,75} = 118 \text{ kVt.}$$

5.2-masala. Zichligi $\rho=1200$ kg/m³ loyqa suyuqlikni chiqarayotgan nasosning uzatishi $Q=110$ l/s, bosimi 120 m va $\eta=70\%$ bo'lsa, uning quvvatini aniqlang.

Yechimi: nasosning validagi quvvatini topish formulasidan

$$N = \frac{\rho g H Q}{1000 \eta_n} = \frac{1200 \cdot 9,81 \cdot 0,11 \cdot 45}{1000 \cdot 0,7} = 222 \text{ kVt.}$$

5.3-masala. Nasosni suv uzatishga sinovdan o'tkazishda quyidagi natijalar olingan: manometr ko'rsatkichi $p_H=4,2$ kg/sm², vakuummetr ko'rsatkichi $h_{\text{vak}}=27$ sm simob ustuni, suyuqlik sarfi $Q=0,2$ m³/s. Bundan tashqari, quyidagi kattaliklar $H_0=0,4$ m, bosimli quvurning diametri $D_n=250$ mm, so'ruvchi quvurning diametri $D_v=300$ mm o'lgangan. Nasos tomonidan beriladigan napor (N)ni aniqlang.

Yechimi: naporni topish formulasidan

$$H = H_{\text{man}} + H_{\text{vak}} + H_0 + \frac{g_n^2 - g_e^2}{2g} \text{ m.}$$

$\gamma=1000$ kg/m³ da sonli qiymatlarning alohida a'zolarini aniqlaymiz,

$$H_{\text{man}} = \frac{p_H \cdot 10000}{\gamma} = \frac{4,2 \cdot 10000}{1000} = 42 \text{ m. suv ustuni;}$$

$$H_{\text{vak}} = \frac{p_{\text{vak}} \gamma_p}{100} = \frac{27 \cdot 13,6}{100} = 3,67 \text{ m. suv ustuni;}$$

Bunda simobning solishtirma og'irligi $t=0^\circ\text{C}$ da 13600 kg/m³ qabul qilingan.

$$\frac{g_n^2 - g_e^2}{2g} = \frac{4,07^2 - 2,83^2}{2 \cdot 9,81} = 0,44 \text{ m. suv ustuni.}$$

Bu yerda

$$g_n = \frac{4Q}{\pi D_n^2} = \frac{4 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 0,25^2} = 4,07 \text{ m/s;}$$

$$g_e = \frac{4Q}{\pi D_e^2} = \frac{4 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 0,3^2} = 2,83 \text{ m/s.}$$

$$H = 42 + 3,67 + 0,4 + 0,44 = 46,51 \text{ m. suv ustuni.}$$

5.4-masala. Nasos qurilmasini loyihalashda quyidagilar berilgan: bosimli bakdagi ortiqcha bosim $p_2=50 \text{ kg/sm}^2$, qabul qiluvchi idish (rezervuar)dagi ortiqcha bosim $p_1=1,8 \text{ kg/sm}^2$; geodezik ko'tarilish balandligi $H_g=18 \text{ m}$; quvurlarda qarshilikning umumiy yo'qolishi $h_{r,lquv}=73,0 \text{ m}$; suyuqlikning solishtirma og'irligi $\gamma=960 \text{ kg/m}^3$. Nasosning naporini aniqlang.

Yechimi: Nasos naporini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} 10000 + H_g + h_{r,lquv} = \frac{50 - 1,8}{960} 10000 + 18 + 73 = 592 \text{ m suyuqlik ustuni.}$$

bu yerda $(p_2 - p_1)$ - bosim va qabul qiluvchi idishlarda suyuqlikning erkin yuzalarida bosim farqi.

5.5-masala. Bitta nasos uchun quyidagilar aniqlangan: valdagi quvvat $N_b=120$ ot kuchi, indikator quvvati $N_i=108$ ot kuchi, nasos naporini $H=130 \text{ m}$, uzatilayotgan suvning nazariy miqdori $Q_t=59 \text{ l/s}$, hajmiy FIK $\eta_o=0,85$. η_h , η_i , η_r , η_{mex} , Q , N_{Π} ni aniqlang.

Yechimi: Mexanik FIK formulasidan

$$\eta_{mex} = \frac{N_i}{N_v} = \frac{108}{120} = 0,9.$$

Suyuqlikni nasosning ishchi organi tomonidan uzatiladigan umumiy ichki gidravlik quvvati formulasidan

$$N_i = \frac{\gamma Q_t H_t}{75}$$

$$H_t = \frac{75 N_i}{\gamma Q_t} = \frac{75 \cdot 108}{1000 \cdot 0,059} = 137 \text{ m.}$$

bu yerda $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Gidravlik FIK formulasidan

$$\eta_g = \frac{H}{H_t} = \frac{130}{137} = 0,95.$$

Nasosning to'liq FIK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\eta_n = \eta_v \eta_g \eta_{mex} = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 0,725.$$

Ichki (indikator) FIK orqali

$$\eta_i = \frac{H_n}{H_t} = \frac{QH}{Q_t H_t} = \eta_v \eta_g = 0,85 \cdot 0,95 = 0,807.$$

Nasosning haqiqiy suv uzatishi formulasidan

$$Q = \eta_v Q_t = 0,85 \cdot 59 = 50,15 \text{ l/sek.}$$

Foydali quvvat formulasidan

$$N_n = \frac{\gamma Q H}{75} = \frac{1000 \cdot 0,05015 \cdot 130}{75} = 87 \text{ ot kuchi.}$$

5.6-masala. Agar nasosning ishchi g'ildiragi diametri $D_2=270 \text{ mm}$ va kirish qismi diametri $D_0=100 \text{ mm}$, bosimi $H=90 \text{ m}$ va aylanish chastotasi $n=2900 \text{ ay/min}$ bo'lsa, uning burchakli zichlash qismi tirqishidan qaytib o'tuvchi oqimcha miqdorini aniqlang.

Yechimi: burchak tezligi

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2900}{30} = 300 \text{ sek}^{-1};$$

Ishchi g'ildirak aylanishidan hosil bo'luvchi bosimlar farqi formulasidan

$$\Delta H_{ai} = \frac{\omega^2}{8g} (R_2^2 - R_0^2) = \frac{300^2}{8 \cdot 9,81} (0,135^2 - 0,05^2) = 17,5 \text{ m.}$$

Demak, zichlagichdagi bosimlar farqi teng, ya'ni

$$\Delta H = H - \Delta H_{ay} = 90 - 17,5 = 72,5 \text{ m.}$$

Burchakli shakldagi zichlagich uchun $\mu=0,4$ va $S=0,3 \text{ mm}$ qabul qilib, undagi oqimcha miqdorini topamiz

$$q = \mu F \sqrt{2g\Delta H} = 0,4 \cdot 0,000123 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 72,5} = 0,00184 \text{ m}^3 / \text{s} = 1,84 \text{ l/s.}$$

5.8-masala. Ishchi g'ildiragi diametri $D_2=2050 \text{ mm}$ va kirish qismi diametri $D_0=1580 \text{ mm}$, zichlagich qismi diametri $D_y=1700 \text{ mm}$, g'ilofi diametri $d_g=350 \text{ mm}$ bo'lgan B turdagi nasosning validagi o'qiy kuchni aniqlang. Nasosning aylanish chastotasi $n=250 \text{ ay/min}$, bosimi $H=30 \text{ m}$, kirish qismidagi vakuum 3 m suv ustuniga teng.

Yechimi: burchak tezligi

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26 \text{ sek}^{-1};$$

Nasos o'qi bo'yicha ta'sir etuvchi kuchi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$P_{o'q} = \gamma \pi H (R_y^2 - r_b^2) - \frac{\gamma \pi \omega}{16g} \left[(R_2^2 - r_b^2)^2 - (R_2^2 - R_y^2)^2 \right] + \gamma \pi R_y^2 h_{vak} =$$

$$= 9806 \cdot 3,14 \cdot 30(0,85^2 - 0,175^2) - 9806 \frac{3,14 \cdot 26^2}{16 \cdot 9,81} [(1,025^2 - 0,175^2)^2 -$$

$$- (1,025^2 - 0,85^2)^2] + 9806 \cdot 3,14 \cdot 0,85^2 \cdot 3 = 578750 H = 0,57875 \text{ mN}.$$

Demak gidravlik o'qiy kuch juda katta miqdorni tashkil etadi ya'ni $P_{oq} = 578750 \text{ N} = 59 \text{ t}$ ga teng. To'la o'qiy kuch miqdorini aniqlash uchun ushbu qiymatga ishchi g'ildirak va valning og'irlik kuchi ham qo'shiladi.

5.9-masala. Suv haydashi $Q = 6 \text{ m}^3/\text{c}$, joiz kavitatsiya zaxirasi $\Delta h_j = 14 \text{ m}$ ga teng bo'lgan 1200B-4,3/100 (52B-11) belgidagi nasos sug'orish tarmog'iga suv chiqarishga mo'ljallangan. Manbadagi suv sathining absolyut belgisi $\nabla PBSS_{\min} = 120 \text{ m}$ bo'lgan holda nasos o'qining o'rnatilish belgisini aniqlang.

Yechimi: katta vertikal valli nasoslarga standart shakldagi so'rish quvurlari o'rnatilganligi sababli uning gidravlik qarshiligi kavitatsion xarakteristikasida etiborga olinadi. Shuning uchun $\Sigma h_{ws} = 0$ qabul qilinadi. Sug'orish suvining harorati $t = 20^\circ\text{C}$ qabul qilinsa, $h_{bug} = 0,24 \text{ m}$ ga teng.

Demak, h_s qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$h_{s,j} = H_a - h_{\delta yz} - \Delta h_{\omega c} - \Sigma h_{ws} = 10 - 0,24 - 14 = -4,24 \text{ m}.$$

Nasos o'qining o'rnatilish absolyut belgisi

$$\nabla N.O' = \nabla PBSS_{\min} + h_{s,j} = 120 - 4,24 = 115,76 \text{ m}.$$

5.10-masala. Markazdan qochma D6300-80 (24ND_s) belgidagi nasos $Q_x = 1,5 \text{ m}^3/\text{c}$, harorati $t = 50^\circ\text{C}$ bo'lgan suvni dengiz sathidan $\nabla 1440 \text{ m}$ balandda joylashgan suv manbasidan yuqoriga uzatishga mo'ljallangan. Nasosning vakuummetrik so'rish balandligi $H_{\omega c} = 3,8 \text{ m}$, so'rg'ichi diametri $D_s = 800 \text{ mm}$ va so'rish tarmog'i gidravlik qarshiliklari yig'indisi $\Sigma h_{ws} = 0,5 \text{ m}$ ga teng bo'lsa, uning geodezik so'rish balandligi va o'qining o'rnatilish belgisini aniqlang.

Yechimi: nasos so'rg'ichidagi suvning tezligi

$$V_c = \frac{4Q_x}{\pi D_s} = \frac{4 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,8^2} = 2,93 \text{ m/s}$$

Harorati $t = 50^\circ\text{C}$ teng suv uchun $h_{bug} = 1,25 \text{ m}$ ga tengligini e'tiborga olib, quyidagi formuladan geodezik so'rish balandligi aniqlanadi:

$$h_{s,j} = H_{\omega c} - \Sigma h_{ws} - \frac{V_s^2}{2g} - \frac{\nabla}{900} - h_{\delta yz} = 3,8 - 0,5 - \frac{2,93^2}{19,62} - \frac{1440}{900} - 1,25 = 0.$$

Demak, nasosning so'rish balandligi nolga teng, lekin nasosni yurgizishdan avval suvga to'ldirish zarurligini e'tiborga olib, $h_{s,j} = -0,5 \text{ m}$ qabul qilamiz. U holda nasos o'qining o'rnatilish belgisi:

$$\nabla N.O' = \nabla PBSS_{\min} + h_{s,j} = 1440 - 0,5 = 1439,5 \text{ m}.$$

5.11-masala. So'rish quvuri diametri $d = 300 \text{ mm}$, uzunligi $L = 20 \text{ m}$ va geometrik so'rish balandligi $h_s = 3,5 \text{ m}$ ga teng bo'lgan nasos qurilmasini $t = 5 \text{ min}$ davomida suvga to'ldirish uchun vakuum-nasosning havo so'rishi miqdorini aniqlang. Nasosning ishchi g'ildiragi diametri $D_2 = 0,5 \text{ m}$ va eni $b_1 = 0,2 \text{ m}$.

Yechimi: so'rish quvuridagi havo hajmi

$$W_s = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 20 = 1,41 \text{ m}^3.$$

Nasos qobig'i ichidagi havo hajmini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$W_n = (2 \dots 3) \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot b_1 = 2,5 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,2 = 0,1 \text{ m}^3.$$

Vakuum-nasosning havo so'rishi

$$Q_x = \frac{(W_s + W_n) \cdot K \cdot H_a}{t(H_a - h_s)} = \frac{(1,41 + 0,1) \cdot 10}{5(10 - 3,5)} \cdot 1,05 \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{min}$$

Hosil qiladigan vakuum miqdori

$$H_{vak} = h_s + h_{nas} + \Sigma h_w = 3,5 + 0,8 + 0,1 \cdot 3,5 = 4,65 \text{ m};$$

bu yerda h_{nas} - nasosni o'qidan qobig'ining yuqori nuqtasigacha balandligi (0,8 m); Σh_w - vakuum-nasos so'rish quvuridagi bosim isroflari $\Sigma h_w = 0,1 h_s$, ya'ni h_s miqdoridan 10% qabul qilinadi. Demak, havo so'rish miqdori $Q_x = 0,5 \text{ m}^3/\text{min}$ va vakuum hosil qilish darajasi $H_{vak} = 4,65 \text{ m}$ bo'lgan vakuum-nasos tanlab olish zarur.

5.12-masala. Suv quyilish sathidan statik suv sathi $h_0=20$ m va dinamik suv sathi $H_g=30$ m chuqur joylashgan quduqdan $Q=80$ m³/soat suv uzatadigan erliftning asosiy ish ko'rsatkichlarini hisoblang.

Yechimi: forsunkani dinamik suv sathiga botirilish koeffitsiyenti $K=2,5$ va $FIK=0,57$ jadvaldan qabul qilinadi (8-ilova).

U holda forsunkani botirilish chuqurligi
 $H=K \cdot H_r=2,5 \cdot 30=75$ m.

Kompressorning havo sarfi

$$Q_{xao} = \frac{QH_r}{23 \cdot \eta_{\text{epn}} \lg \frac{h+10}{10}} = \frac{80 \cdot 30}{0,57 \cdot 23 \lg \frac{(75-30)+10}{10}} = 4,13 \text{ m}^3/\text{min}$$

Kompressorning havo haydash miqdori:

$$Q_k = 1,2 Q_{havo} = 1,2 \cdot 4,13 = 4,95 \text{ m}^3/\text{min}$$

Kompressorning ishga solishdagi bosimi;

$$P_1 = 0,01(H-h_0+2) = 0,01(75-20+2) = 0,5 \text{ mPa} = 5,7 \text{ kg/sm}^2$$

Kompressorning ishchi bosimi:

$$P_p = 0,01(H-H_r+h_{w,x}) = 0,01(75-30+5) = 0,57 \text{ mPa} = 5 \text{ kg/sm}^2$$

Ikki pog'onali kompressor uchun solishtirma kuvvatni $N_0=0,94$ kVt qabul qilib (9-ilova), uning validagi quvvatni aniqlaymiz:

$$N_K = N_0 \cdot Q_k \cdot P_p = 0,94 \cdot 4,95 \cdot 5 = 23,3 \text{ kVt.}$$

Kompressor elektr dvigateli quvvati:

$$N_{oe} = \frac{N_k}{\eta_{y3}} \cdot K = \frac{23,3}{0,98} \cdot 1,1 = 26 \text{ kVt,}$$

bu yerda η_{uz} - tasmali uzatmaning FIK (0,98); K -zahira koeffitsiyenti ($K=1,1$).

6. MUSTAQIL TOPSHIRIQLAR BO'YICHA VARIANTLAR

6.1-masala. Agar benzinning zichligi $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, unda uning solishtirma og'irligini aniqlang.

6.2-masala. Agar kerosinning solishtirma og'irligi $\gamma = 7750$ N/m³ bo'lsa, unda uning zichligini aniqlang.

6.3-masala. Katta bo'lmagan uyning isitish tizimi (radiatorlar va quvurlar) $W = 0,4 \text{ m}^3$ bo'lgan suvning hajmini o'z ichiga oladi. Qo'shimcha qancha suv 20 dan 90°C gacha isitishda kengaytirilgan idishga kiradi?

6.4-masala. Harorat o'zgarishida olinadigan suvning qo'shimcha hajmining davriy jamlanishi uchun, uning yuqori nuqtasidagi suv bilan isitish tizimiga atmosfera bilan tutashuvchi kengaytiradigan rezervuarlar ulangan. Suv bilan qisman to'ldirilganda kengaytiradigan rezervuarining eng kichik hajmini aniqlang. O'txona ishlab turganida ishlamay turgan vaqtdagi suv haroratining ruxsat etilgan tebranishi $\Delta t = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$. Tizimdagi suvning hajmi $W = 0,55 \text{ m}^3$.

6.5-masala. $t_1 = 7^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 97^\circ\text{C}$ gacha isitishda suv zichligining o'zgarishini aniqlang.

6.6-masala. Ekvator va Shimoliy qutbda hajmiy og'irlik va suvning zichligi bir-biriga nisbatan qanday o'zgaradi?

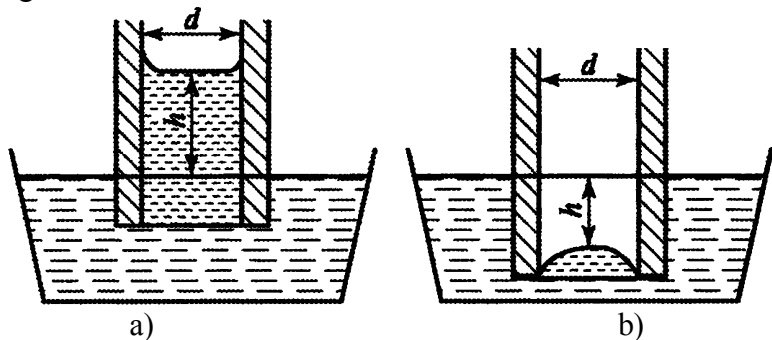
6.7-masala. Harorati 20 dan 70°C gacha o'zgarganda yopiq rezervuardagi benzin bilan bosim o'zgarishini aniqlang.

6.8-masala. Engler vizkozimetri bo'yicha aniqlangan neftning qovushqoqligi 8,5⁰E ni tashkil etadi. Agar uning zichligi $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, neftning dinamik qovushqoqligini hisoblang.

6.9-masala. Tezlik deformatsiyasini birga teng deb taxmin qilib, $t = 8^\circ\text{C}$ haroratda $S = 0,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ suvning yuzasidagi ishqalanish kuchi va tangensial kuchlanishni aniqlang.

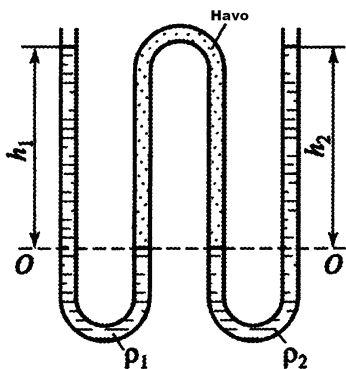
6.10-masala. Suv, spirt (6.1-rasm, a) va simob (6.1-rasm, b) uchun diametrlari $d_1 = 5 \text{ mm}$, $d_2 = 2 \text{ mm}$, $d_3 = 10 \text{ mm}$ bo'lgan oynali pyezometr quvurchalaridagi kapillyarlik (suyuqlikning

kapillyar bo'ylab ko'tarilish-tushish xossasi) hodisasini ko'rib chiqing.



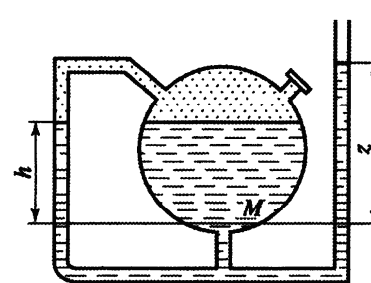
6.1-rasm. Oynali pyezometr quvurchlaridagi kapillyarlik hodisasini aniqlashga oid sxema

6.11-masala. Ikkita U shaklidagi quvur shunday ikkita suyuqlik bilan to'ldirilganki, quvurning ichki tarmoqdagi erkin yuzalari bitta sathda turibdi (6.2-rasm). Agar $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $h_1 = 0,8 \text{ m}$; $h_2 = 0,65 \text{ m}$ bo'lsa, unda ρ_2 zichlikni hisoblang.

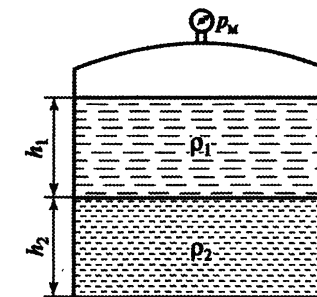


6.2-rasm. Zichlikni aniqlashga oid sxema

6.12-masala. Agar $h = 2 \text{ m}$; $z = 3,5 \text{ m}$; $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$; $p_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ (6.3-rasm) bo'lsa, M nuqtadagi absolut bosimni va mineral moyning erkin yuzasidagi ortiqcha bosimni hisoblang.



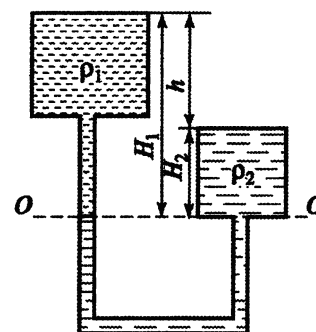
6.3-rasm. Absolut va ortiqcha bosimni aniqlashga oid sxema



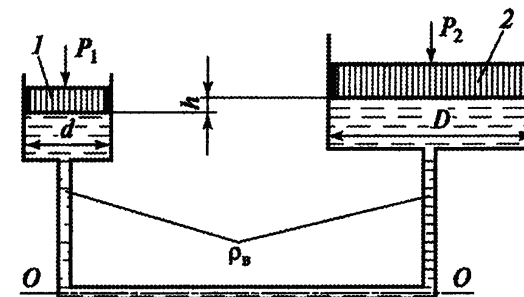
6.4-rasm. Ortiqcha bosimni aniqlashga oid sxema

6.13-masala. Idishda zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikkita aralashmaydigan suyuqliklar mavjud (6.4-rasm). Erkin yuzadagi bosimni manometr o'lchamoqda. Agar $p_m = 102 \text{ N/m}^2$; $\rho_1 = 890 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 1280 \text{ kg/m}^3$; $h_1 = 2,1 \text{ m}$; $h_2 = 2,9 \text{ m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa, unda idish asosidagi ortiqcha bosimni aniqlang.

6.14-masala. Tutash idishlarda zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikkita aralashmaydigan suyuqliklar mavjud. $0-0$ taqqoslash tekisligiga nisbatan H_1 va H_2 suyuqliklarning erkin yuzalari pozitsiyasini aniqlang (6.5-rasm), agar $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 1200 \text{ kg/m}^3$; $h = 11 \text{ m}$ bo'lsa.



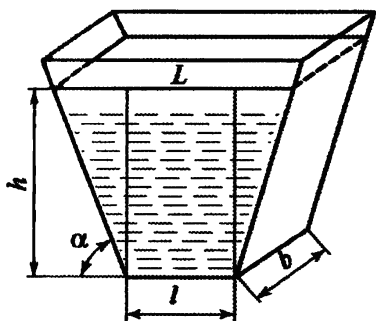
6.5-rasm. Erkin yuza pozitsiyalarini aniqlashga oid sxema



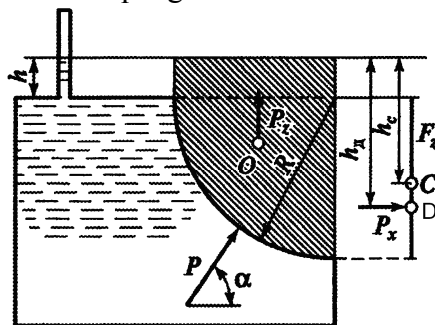
6.6-rasm. Muvozanat holatni ushlab turishga oid sxema

6.15-masala. Diametri d bo'lgan l porshenga ta'sir etuvchi P_1 kuchning ta'sirini muvozanat holatda ushlab turish uchun qanday kuchni 2 porshenga quyish mumkin, agar $P_1 = 147 \text{ N}$; $D = 300 \text{ mm}$; $d = 50 \text{ mm}$; $h = 300 \text{ mm}$; $\rho_{\text{suv}} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa (6.6-rasm).

6.16-masala. Agar $l = 5 \text{ m}$; $b = 3 \text{ m}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $h = 2 \text{ m}$; $\alpha = 60^\circ$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa (6.7-rasm), ochiq idishning asosi va devoridagi suyuqlikning bosim kuchini aniqlang.



6.7-rasm. Suyuqlikning bosim kuchini aniqlashga oid sxema



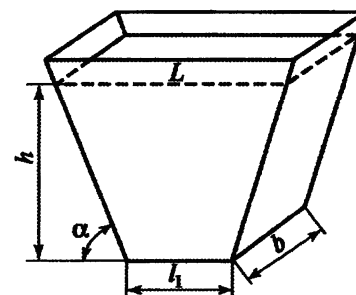
6.8-rasm. Qiyalik burchakni aniqlashga oid sxema

6.17-masala. Rezervuarining silindrik devoriga bo'lgan suvning bosim kuchini (6.8-rasm) hamda ushbu kuchning α qat ta'sirida gorizont chizig'idagi qiyalik burchakni aniqlang, agar devor radiusi $R = 2 \text{ m}$, devor eni $B = 3 \text{ m}$, rezervuarining yuqori qopqog'iga o'rnatilgan pyezometr quvurchasidagi suvning sathi balandligi $h = 0,5 \text{ m}$ bo'lsa.

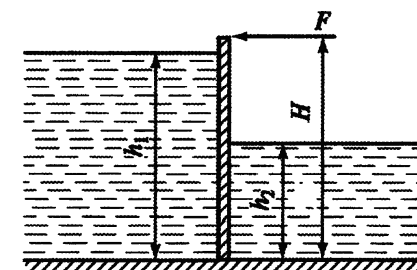
6.18-masala. Rezervuar asosidagi (6.9-rasm) bosim kuchi hamda rezervuar ostidagi yerga ta'sir etuvchi kuchni aniqlang, agar $h = 3 \text{ m}$; $b = 3 \text{ m}$; $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $l_1 = 6 \text{ m}$; $\alpha = 60^\circ$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ bo'lsa. Olingan natijalarni tushuntiring. Rezervuar og'irligini hisobga olmaslik mumkin.

6.19-masala. Chap $h_1 = 5 \text{ m}$, o'ng $h_2 = 2 \text{ m}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$ tomondagi suvning chuqurligida balandligi $H = 5,5 \text{ m}$

va eni $b = 4 \text{ m}$ bo'lgan vertikal devorni ushlab qolish uchun kerak bo'ladigan F kuchni aniqlang (6.10-rasm).

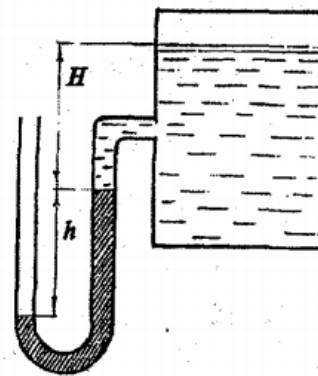


6.9-rasm. Bosim kuchini aniqlashga oid sxema

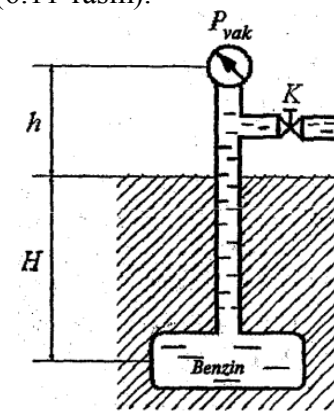


6.10-rasm. Kuchni aniqlashga oid sxema

6.20-masala. Idishdagi havoning absolyut bosimini aniqlash kerak, agar simobli asbobning ko'rsatishi $h = 363 \text{ mm}$, balandligi $h = 1,0 \text{ m}$ bo'lsa. Simobning zichligi $\rho_s = 13600 \text{ kg/sm}^3$. Atmosfera bosimi 736 mm simob ustuniga teng (6.11-rasm).



6.11-rasm. Idishdagi absolyut bosimni aniqlashga oid sxema

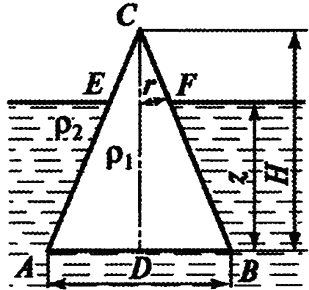


6.12-rasm. Rezervuardagi absolyut bosimni aniqlashga oid sxema

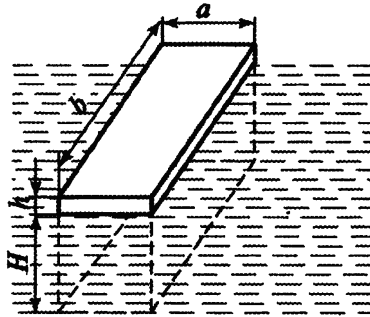
6.21-masala. $H = 5$ m chuqurlikka o'rnatilgan rezervuardagi absolyut bosimni aniqlash kerak, agar $h = 1,7$ m balandlikda qo'yilgan vakuummetrning ko'rsatishi $p_v = 0,12$ mPa bo'lib, atmosfera bosimi $h_{at} = 740$ mm simob ustuniga va benzin zichligi $p_b = 700$ kg/m³ bo'lsa (6.12-rasm).

6.22-masala. Asosning diametri D va balandligi H bo'lgan konus shaklidagi jism ρ_2 zichlik bilan suyuqlikda suzmoqda (6.13-rasm). Jismning zichligi ρ_1 . Konus shaklidagi z jismning cho'kish chuqurligini aniqlang.

6.23-masala. Qayiq suvda suzmoqda (6.14-rasm). H ning cho'kish chuqurligini aniqlang. Qancha odam (har biri 67,5 kg massali) qayiqqa sig'ishi mumkin.

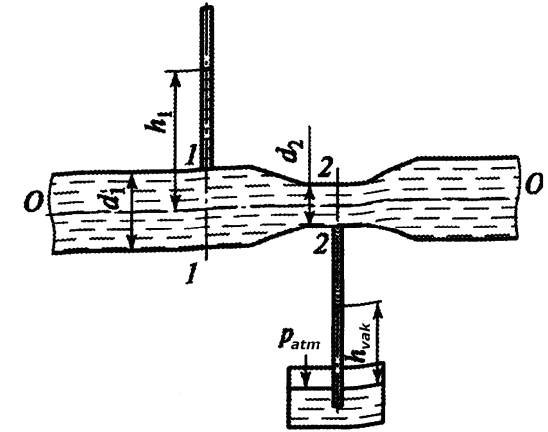


6.13-rasm. Jismning cho'kish chuqurligini aniqlashga oid sxema



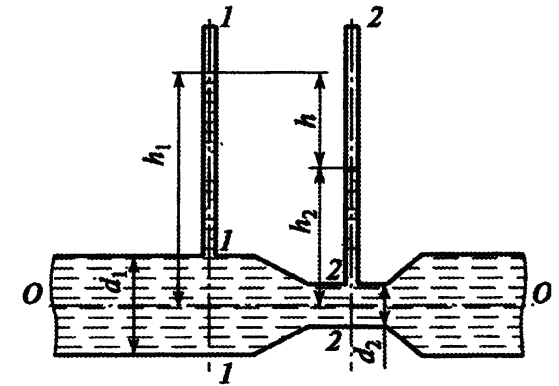
6.14-rasm. Cho'kish chuqurligini aniqlashga oid sxema

6.24-masala. Agar bittasi quvurning oxirgi torayish qismiga ulangan, ikkinchisi esa suvga tushgan bo'lsa, quvurdagi suv qancha balandlikka (h_{vak}) ko'tarilishini aniqlang (6.15-rasm). Quvurdagi suv sarfi $Q = 0,025$ m³/s, ortiqcha bosimi $p_1 = 49 \cdot 10^3$ Pa, diametrlari $d_1 = 100$ mm va $d_2 = 50$ mm.



6.15-rasm. Suvning ko'tarilish balandligini aniqlashga oid sxema

6.25-masala. Sekin torayuvchi diametrgacha $d_2 = 125$ mm ega bo'lgan $d_1 = 250$ mm diametrli quvurdagi suvning sarfi Q ni aniqlang, agar pyezometr ko'rsatkichlari torayishgacha $h_1 = 50$ sm; torayishda $h_2 = 30$ sm bo'lsa. Suvning harorati 20°C (6.16-rasm).



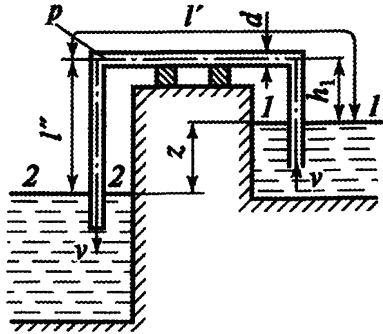
6.16-rasm. Suvning sarfini aniqlashga oid sxema

6.26-masala. Agar $d_1 = 20,04$ sm, $d_2 = 20$ sm, ulanish uzunligi $l = 15$ sm bo'lsa, silindr va porshen orasidagi tirqish orqali suyuqlik

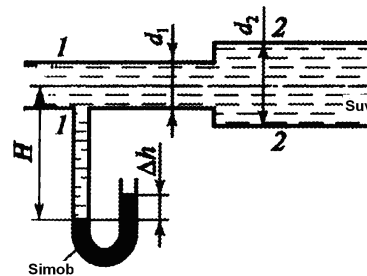
sarfini aniqlang. Porshen qo'zg'almas. Bosimlar farqi $\Delta p = 20 \text{ MPa}$, suyuqlikning qovushqoqligi $\mu = 170 \cdot 10^{-4} \text{ Ns/m}^2$.

6.27-masala. Uzunligi $l = l' + l'' = 25 \text{ m}$ va diametri $d = 0,4 \text{ m}$ bo'lgan sifon orqali bir rezervuardan ikkinchisiga suv oqib o'tmoqda (6.17-rasm). Sifonning markaziy qismi suyuqlikning erkin yuzasi ustidan $h_1 = 2 \text{ m}$ balandlikda ko'tarilmoqda. Rezervuarlardagi sathlar farqi $z = 2,5 \text{ m}$. Uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosim koeffitsiyenti $\lambda = 0,02$, mahalliy yo'qotilgan koeffitsiyentlar: kirishda $\xi_1 = 0,5$, chiqishda $\xi_2 = 1$, quruvning burilishida $\xi_3 = 0,4$. Sifondagi suv sarfini aniqlang.

6.28-masala. Ketma-ket ulangan quvurlar suv bilan U shaklidagi simob manometriga ega (6.18-rasm). Bosim yo'qolishini hisobga olmay, agar $Q = 10 \text{ l/s}$; $d_1 = 5 \text{ sm}$; $d_2 = 10 \text{ sm}$; $\rho_{\text{suv}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{sim}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\Delta H = 700 \text{ mm}$ sim. ust.; $H = 1 \text{ m}$ bo'lsa quvurning ikkita kesimidagi suvning tezligi va bosimini hisoblang.



6.17-rasm. Sifondagi suv sarfini aniqlashga oid sxema

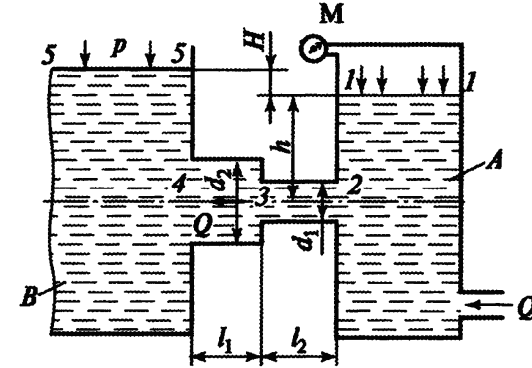


6.18-rasm. Suvning tezligi va bosimini aniqlashga oid sxema

6.29-masala. Suvga ega bo'lgan ikkita rezervuar (A rezervuar yopiq, B rezervuar ochiq va atmosfera bilan bog'liq), uzunligi $l_1 = 3 \text{ m}$ va $l_2 = 5 \text{ m}$ va diametrlari $d_1 = 70 \text{ mm}$, $d_2 = 100 \text{ mm}$ bo'lgan quvurlar yordamida ulangan (6.19-rasm). Rezervuardagi suv

yuzalarining farqi $H = 5 \text{ m}$. Taxmin qilamizki, $1-1$ va $5-5$ sathlar doimiy bo'lib qoladi. Agar $p_m = 20 \text{ N/sm}^2 = 20 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$;

$\lambda = 0,02$; $\xi_2 = 0,5$; $\xi_3 = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$; $\xi_4 = 1$ bo'lsa, suv sarfi (Q) ni aniqlang.

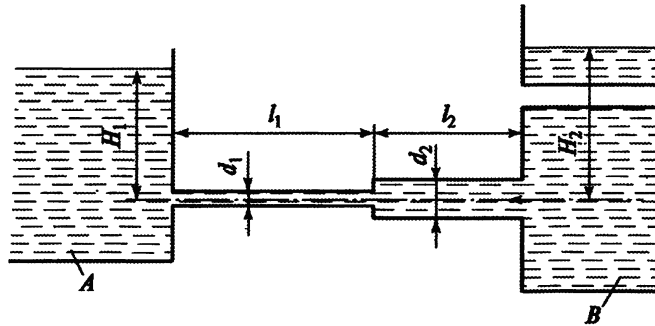


6.19-rasm. Suv sarfini aniqlashga oid sxema

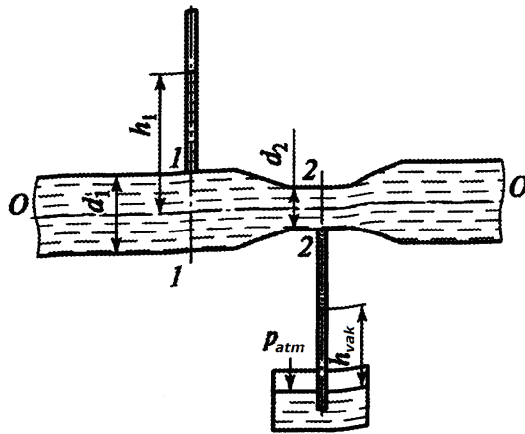
6.30-masala. Ikkita ketma-ket ulangan quvurlar $d_1 = 100 \text{ mm}$ va $d_2 = 200 \text{ mm}$, $l_1 = 200 \text{ m}$ va $l_2 = 300 \text{ m}$ tizimi $H_1 = 100 \text{ m}$ va $H_2 = 200 \text{ m}$ sathlarda erkin yuzalarga ega A va B rezervuarlarga ulanmoqda (6.20-rasm). Mahalliy qarshiliklardagi yo'qotilgan koeffitsiyentlar: $\xi_1 = 0,5$; $\xi_2 = 0,1$; $\xi_3 = 0,6$; turbulent tartibni shakllantirish uchun chiziqli qarshiliklardagi ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0,02 + \frac{0,5}{d}$. Rezervuarlar o'rtasidagi suyuqlik sarfini aniqlang.

6.31-masala. Atmosfera ostida rezervuar asosiga ulanuvchi vertikal quvur quyidagi parametrlarga ega: $h = 5 \text{ m}$; $l_1 = 4 \text{ m}$; $l_2 = 10 \text{ m}$; $l_3 = 3 \text{ m}$; $d_1 = 100 \text{ mm}$; $d_2 = 150 \text{ mm}$ (6.21-rasm). Turbulent tartibni shakllantirish uchun chiziqli qarshiliklardagi bosim yo'qolish koeffitsiyenti empirik formula $\lambda = 0,02 + \frac{0,5}{d}$ bo'yicha

aniqlangan. Quvurdagi suyuqlik sarfi va B nuqtadagi bosimni hisoblang. Mahalliy qarshiliklardagi yo'qotishlarni hisobga olmaslik mumkin.



6.20-rasm. Suyuqlik sarfini aniqlashga oid sxema



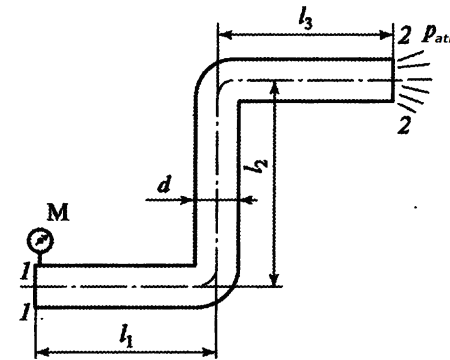
6.21-rasm. Suyuqlik sarfi va nuqtadagi bosimni aniqlashga oid sxema

6.32-masala. To'g'ri burchak ostida egilgan, diametri $d = 12$ mm bo'lgan quvur bo'yicha harakatlanayotgan mineral moy sarfini aniqlang. Tirsak oldi va uning keyinida qo'yilgan manometrlar ko'rsatkichlari mos ravishda $p_1 = 10$ MPa va $p_2 = 9,96$ MPa teng.

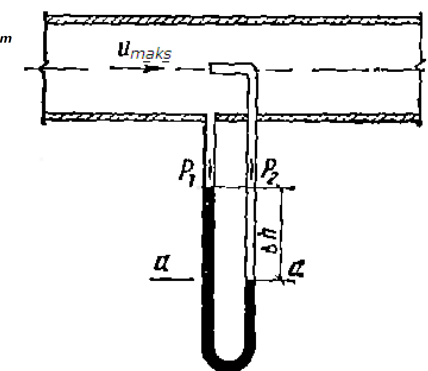
6.33-masala. Diametri $d = 25$ mm bo'lgan quvur tashqaridan quyilayotgan suvning transporti uchun xizmat qilmoqda (6.22-rasm). Quvurning boshlanishida qo'yilgan manometr ko'rsatkichi $p_m = 5$

bar. Quvur $l_1 = 15$ m, $l_2 = 4$ m va $l_3 = 6$ m li qismlardan iborat. Uzunlik bo'yicha bosim yo'qotish koeffitsiyenti $\lambda = 0,05$, quvurning (burilish) mahalliy yo'qotishi koeffitsiyenti $\xi_{bur} = 0,5$. Quvurdagi suvning sarfi (Q) ni aniqlang.

6.34-masala. Suv o'tkazuvchi quvur o'qida differensial simobli manometrga ega Pito trubkasi o'rnatilgan. Agar manometrdagi simob sathlari farqi $\Delta h = 18$ mm bo'lsa (6.23-rasm), quvurdagi suv harakatining maksimal tezligi u_{maks} ni aniqlang.



6.22-rasm. Suvning sarfini aniqlashga oid sxema



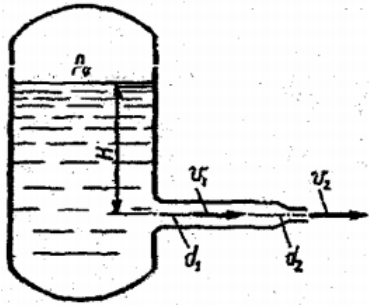
6.23-rasm. Suv harakatining maksimal tezligini aniqlashga oid sxema

6.35-masala. Rezervuardan suv diametri $d = 30$ mm bo'lgan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda, agar rezervuardagi manometrik bosim $p_m = 0,2$ atmosfera bo'lib, nabori $H = 1,5$ bo'lsa, quvurdagi suv sarfini aniqlang (6.24-rasm).

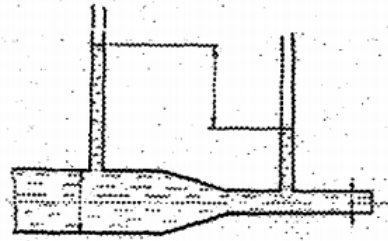
6.36-masala. Suyuqlik ketma-ket ulangan har xil diametrlil quvurlar orqali atmosferaga chiqmoqda. Agar ikkinchi quvurdagi tezlik $u_2 = 0,8$ m/s bo'lishi uchun birinchi quvurdagi bosim qanday bo'lishi kerak (6.25-rasm).

6.37-masala. Moy (IS-30) nasos yordamida quvur orqali gidrosilindrga uzatiladi. Agar quvur diametri $d = 24$ mm, moyning harorati $t = 20^\circ C$ bo'lib, nasosning sarfi $Q = 20$ m³/s bo'lganda

suyuqlikning harakat rejimini va qaysi haroratda turbulent rejimga o'tishini aniqlang.



6.24-rasm. Quvurdan chiqayotgan suv sarfini aniqlashga doir sxema



6.25-rasm. Quvurdagi bosimni aniqlashga doir sxema

6.38-masala. Uzunligi $l = 4$ m bo'lgan quvurdan harorati 10°C ($\nu = 0,4 \text{ sm}^2/\text{s}$) bo'lgan neft oqib o'tmoqda. Kesimning orasidagi bosimlar farqi $\Delta p = 5 \text{ mPa}$ va neft sarfi $Q = 0,5 \text{ l/s}$ bo'lganda suyuqlikning harakat rejimini aniqlang.

6.39-masala. Issiqlik elektrstantsiyasida o'rnatilgan bug' turbinasi kondensatori $d = 0,025 \text{ m}$, 8186 sovituvchi quvurlar bilan jihozlangan. Normal sharoitda bir soatda kondensator orqali ishlar $12,5 \dots 13^{\circ}\text{C}$ haroratda 13600 m^3 sirkulyatsion suv miqdori o'tadi. Shu bilan birga quvurlar turbulent harakat tartibini ta'minlaydimi?

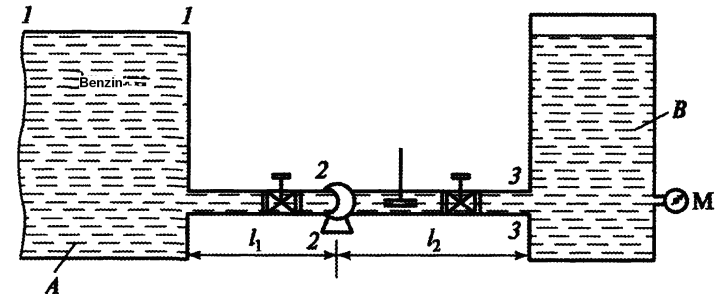
6.40-masala. Suyuqlikning sarfini saqlagan holda $Q = \text{const}$ kichik diametrli quvurdan kattaga o'zgarishida Reynolds soni qanday o'zgaradi?

6.41-masala. Diametri $d = 100 \text{ mm}$ bo'lgan quvur bo'yicha neft transport qilinmoqda. Laminar harakatdan turbulentga o'tishiga mos keluvchi kritik tezlik va neft harakatining mumkin bo'lgan tartibini aniqlang.

6.42-masala. Diametri $d = 200 \text{ mm}$ bo'lgan quvurdagi neft oqimining o'rtacha tezligi $\bar{v} = 0,8 \text{ m/s}$. Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Laminar oqim vujudga kelishining boshlang'ich intervalini aniqlang.

6.43-masala. Diametri $d = 100 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 1000 \text{ m}$ bo'lgan quvurdagi uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosimni aniqlang, shu bo'yicha nisbiy zichligi $\rho_0 = 0,813$ va kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 1,34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ bo'lgan neft transport qilinmoqda.

6.44-masala. Markazdan qochma nasos A rezervuardan B rezervuarga benzin transport qilmoqda (6.26-rasm). A rezervuardagi benzin sathi $H = 20 \text{ m}$. Nasosning chiqish kesimida o'lchanadigan bosim va oshirish balandligini, nasosning so'ruvchi balandligini aniqlang. Dastlabki ma'lumotlar: benzin sarfi $Q = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, quvur diametri $d = 0,05 \text{ m}$; $\rho = 810 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotish koeffitsiyentlari: kirishda $\xi_{\text{kir}} = 0,5$; kranda $\xi_{\text{jum}} = 0,17$; zulfinda $\xi = 2$; chiqishda $\xi_{\text{chiq}} = 1$; $l_1 = 6,5 \text{ m}$; $l_2 = 116 \text{ m}$.



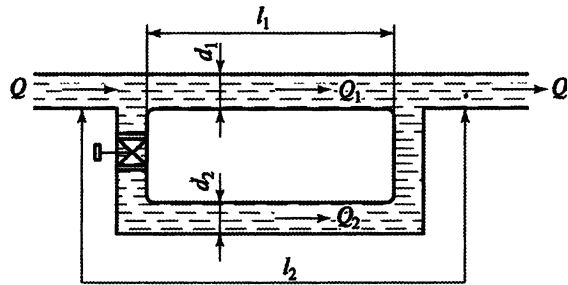
6.26-rasm. Nasosning chiqish kesimida bosim, oshirish balandligi va so'ruvchi balandligini aniqlashga oid sxema

6.45-masala. Ikki konsentrik ruxlangan quvurlar (quvurlar orasidagi doiraviy masofada $K_e = 0,15 \text{ mm}$) dan iborat doiraviy kesimli gorizontall quvurdagi 10°C haroratda suvning sarfi $Q = 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}$. Ichki quvur tashqi diametr $d = 0,075 \text{ m}$ ga ega, tashqi quvur esa ichki diametr $D = 0,1 \text{ m}$ ga ega. Quvur uzunligi $l = 300 \text{ m}$ dagi ishqalanishda yo'qotilgan bosimni aniqlang.

6.46-masala. Diametri $d = 250 \text{ mm}$, uzunligi $l = 1000 \text{ m}$ bo'lgan quvurdagi ishqalanishda yo'qotilgan bosimni aniqlang. Og'irlik sarfi $G = 2 \cdot 10^6 \text{ N/s}$, zichligi $\rho = 880 \text{ kg/m}^3$ va kinematik

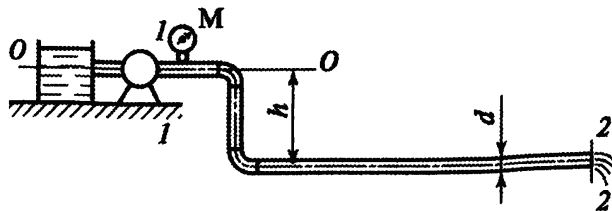
qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu = 0,3 \text{ sm}^2/\text{s}$ bo'lgan neftni transport qilish uchun xizmat qiladigan devorlarning absolut g'adir-budurligi $\Delta = 0,15 \text{ mm}$.

6.47-masala. Ikkita parallel tarmoqlar (6.27-rasm) dan iborat qiyin gorizontal quvur $Q = 20 \text{ l/s}$ sarf bilan suvni transport qilmoqda. Agar $l_1 = 30 \text{ m}$; $l_2 = 50 \text{ m}$; $d_1 = 35 \text{ mm}$; $d_2 = 50 \text{ mm}$; ishqalanishdagi yo'qotilgan bosim koeffitsiyentlari $\lambda_1 = 0,04$ va $\lambda_2 = 0,02$; mahalliy yo'qotish koeffitsiyenti $\xi_{\text{jum}} = 1,6$ bo'lsa, parallel tarmoqlardagi Q_1 va Q_2 sarflarni hisoblang.



6.27-rasm. Parallel tarmoqlardagi sarflarni aniqlashga oid sxema

6.48-masala. Agar quvur bo'yicha o'tayotgan suvning sarfi $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lsa, $p_{m.atm}$ manometr ko'rsatkichini aniqlang (6.28-rasm). Quvur uzunligi $l = 120 \text{ m}$, balandligi $h = 710 \text{ mm}$, quvur diametri $d = 100 \text{ mm}$, g'adir-budurligi $\Delta = 0,5 \text{ mm}$, Ludko zulfini-ning ochilish darajasi $\frac{h}{d} = 0,7$, olib ketadigan burilishning radiusi $R = 200 \text{ mm}$.



6.28-rasm. Manometr ko'rsatkichini aniqlashga oid sxema

6.49-masala. Uzunligi $l = 1,5 \text{ km}$ va diametri $d = 250 \text{ mm}$ li quvurda benzin oqib o'tmoqda. Benzinning harorati 20°C , $Q = 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$. Quvurda yo'qotilgan naporni aniqlang. Agar quvurning diametri 20% kamaytirsak yo'qotilgan napor miqdori qanchaga o'zgaradi? Quvurning g'adir-budurligi $\Delta = 0,2 \text{ mm}$.

6.50-masala. Uzunligi $l = 20 \text{ m}$, diametri $d = 20 \text{ sm}$ bo'lgan po'lat quvurdan harorati 20°C , bo'lgan suv oqib chiqmoqda. Agar quvurdan o'tayotgan suv sarfi $Q = 20 \text{ l/s}$ bo'lsa, gidravlik koeffitsiyentini aniqlang.

6.51-masala. Suv $d_1 = 0,1 \text{ m}$ dan $d_2 = 0,15 \text{ m}$ gacha to'satdan kengayuvchi gorizontal quvur bo'yicha oqmoqda. Suvning sarfi $Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$. Aniqlang: a) quvurning to'satdan kengayishida yo'qotilgan bosim; b) quvurning tor va keng kesimlaridagi bosimlar farqi; d) harakat o'zgarishida bosimlar farqi va yo'qotilgan bosimi (keng quvurdan tor quvurga); e) quvurning doimiy kengayishida bosimlar farqi (bosim yo'qolishini kam hisobga olmasdan hisoblab).

6.52-masala. Diametrlari $d_1 = 0,075 \text{ m}$ dan $d_2 = 0,1 \text{ m}$ gacha bo'lgan ikkita gorizontal quvurlar flanesga ulangan, ular orasida teshik diametri $d = 0,05 \text{ m}$ bo'lgan yupqa plastinka qo'yilgan, uning markazi quvurning o'qiga to'g'ri keladi. Simobli U shaklidagi manometr teshikning yuqori va pastki masofasida suv bilan to'ldirilgan quvurcha yordamida ulangan, bu yerda oqim barobar deb hisoblash mumkin. Suvning $Q = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$ sarfida manometr bo'yicha $H = 349 \text{ mm}$ sim. ust. Yo'qotilgan bosim faqat teshik pastining oqim kengayishida vujudga keladi deb hisoblab, teshikdagi oqimning siqilish koeffitsiyentini aniqlang.

6.53-masala. Diametri $d = 0,1 \text{ m}$ bo'lgan ventilyatsiya quvuri $l = 100 \text{ m}$ uzunlikka ega. Ventilyatorni kuchaytirish uchun kerak bo'ladigan bosimni aniqlang, agar quvur bo'yicha berilayotgan havo sarfi $Q = 0,078 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lsa, chiqishdagi bosim $p = p_{atm} = 101 \text{ kPa}$. Mahalliy qarshilik mavjud emas. Havoning harorati 20°C .

6.54-masala. Bosim yo'qolishi $\Delta p = 2 \cdot 10^5 \text{ kPa}$ dagi, $Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ suv sarfini o'tkazish kerak bo'lgan, uzunligi $l = 1000 \text{ m}$ bo'lgan

yangi po'lat quvurning diametri d ni aniqlang. Berilayotgan suvning harorati 20°C .

6.55-masala. Suv to'satdan torayuvchi diametrlari $d_1 = 0,2$ m dan $d_1 = 0,1$ m gacha bo'lgan gorizontall quvur bo'yicha oqmoqda. Suvning sarfi $Q = 0,02$ m³/s. Kesim o'zgarishi joyida ulangan simob sathlarining h_{sim} qanday farqini differensial manometr ko'rsatadi. Suvning harorati 20°C .

6.56-masala. Sug'orish tizimiga suv uzatuvchi nasos stansiya sutkasiga 24 soat ishlab, 1,5 oy (45 kun) $Q = 2,2$ m³/s, 1 oy (30 kun) $Q_2 = 4$ m³/s va 2 oy (60 kun) $Q_3 = 5,6$ m³/s suv uzatadi. Yil davomida xizmatchilarning ish haqi 15 mln so'm, amortizatsiya ajratmasi 28 mln so'm, yog'moy materiallari va boshqa xarajatlar 7 mln ya'ni ja'mi 60 mln so'mni tashkil etadi. Nasoslarning o'rtacha bosimi $H = 80$ m ga teng bo'lsa, yillik elektr energiya sarfi va uzatiladigan har bir m³ suvning tannarxini aniqlang. Nasos qurilmasining FIK $\eta = 0,7$ ga teng.

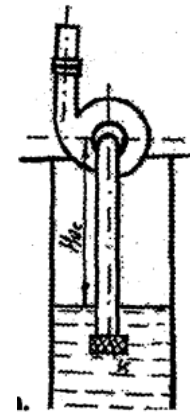
6.57-masala. Sarf $Q = 20$ m³/soat bo'lgan nasos yordamida kanaldan diametri $d = 200$ mm bo'lgan quvur orqali suv olinmoqda. Agar quvurdagi mumkin bo'lgan vakuum miqdori $p_v = 60$ kPa bo'lganda nasosning o'rnatilish balandligini aniqlang (6.29-rasm).

6.58-masala. Porshenli nasos yordamida $H = 2$ m chuqurlikdan suv ko'tariladi. Agar porshen $\vartheta = 0,5$ m/s tezlikda harakat qilgan holatdagi porshen hosil qilgan bosimni aniqlang (6.30-rasm).

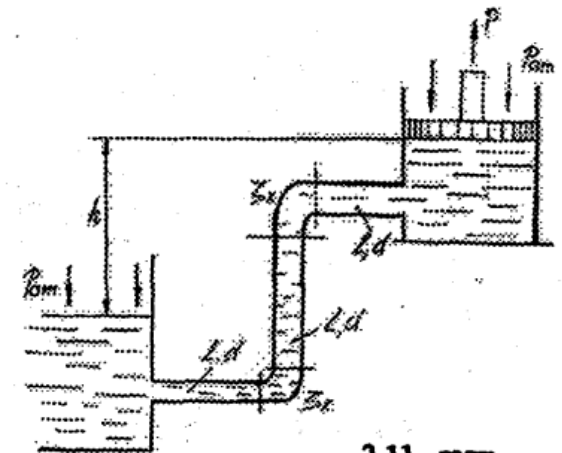
6.59-masala. Nasosning so'ruvchi quvurida yo'qolgan naporni aniqlang. Nasos kamerasida hosil bo'lgan vakuummetrik bosim $p_v = 0,4$ at, quvur uzunligi $l = 3,0$ m, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0,03$ va nasos sarfi $Q = 10$ l/s va diametri $d = 150$ mm bo'lsin (6.31-rasm).

6.60-masala. Rezervuarga neft nasos yordamida uzatiladi. Nasosning chiqish qismiga o'rnatilgan manometer ko'rsatishi $p_1 = 0,2$ MPa, nasosdan rezervuardagi suyuqlik sathigacha bo'lgan balandligi $H = 2,0$ m, rezervuarga o'rnatilgan manometer ko'rsatishi $p_2 = 0,1$ MPa, quvur diametri $d = 50$ mm va quvurning qarshilik

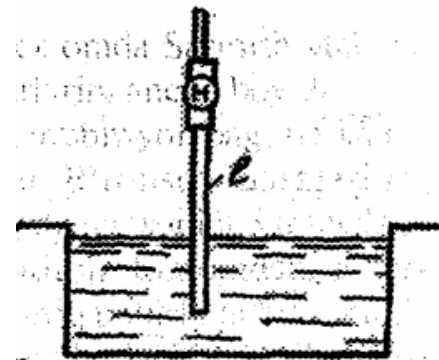
koeffitsiyenti $\xi = 0,5$ bo'lganda nasos uzatayotgan sarf miqdorini aniqlang (6.32-rasm).



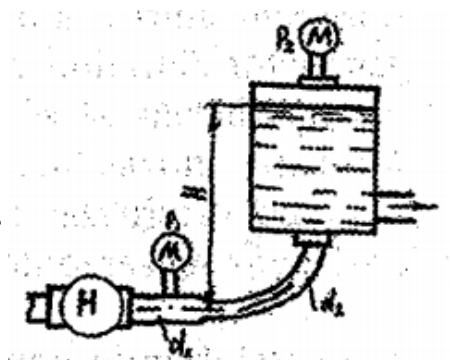
6.29-rasm. Nasosning o'rnatilish balandligini aniqlashga doir sxema



6.30-rasm. Nasos bosimini aniqlashga doir sxema



6.31-rasm. Nasosning so'ruvchi quvuridagi bosimni aniqlashga doir sxema



6.32-rasm. Nasos uzatayotgan sarf miqdorini aniqlashga doir sxema

O'lovchov birliklari orasidagi nisbat

Bosim birliklari	Pa	bar	kGk/m ²	kGk/sm ²	mm.sim. ust.	m.suv. ust.	Texnik atmosfera	Fizik atmosfera
Pa	1	100000	9,81	98100	133,32	9810	98100	101325
bar	0,00001	1	0,0000981	0,981	0,00133	0,0981	0,981	1,01325
kGk/m ² (kG/m ²)	0,102	10200	1	100000	13,6	1000	10000	10332
kGk/sm ² (kG/sm ²)	1,02*10 ⁻⁵	1,02	0,0001	1	0,00136	0,100	1	1,0332
mm.sim.ust.	0,0075	750	0,0735	735,6	1	73,556	735,6	760
m.suv.ust.	1,02*10 ⁻⁴	10,2	0,001	10	0,0136	1	10	10,332
Texnik atmosfera	1,02*10 ⁻⁵	1,02	0,0001	1	0,00136	0,1	1	1,0332
Fizik atmosfera	0,987*10 ⁻⁵	0,987	0,968*10 ⁻⁴	0,968	0,001316	0,0968	0,968	1

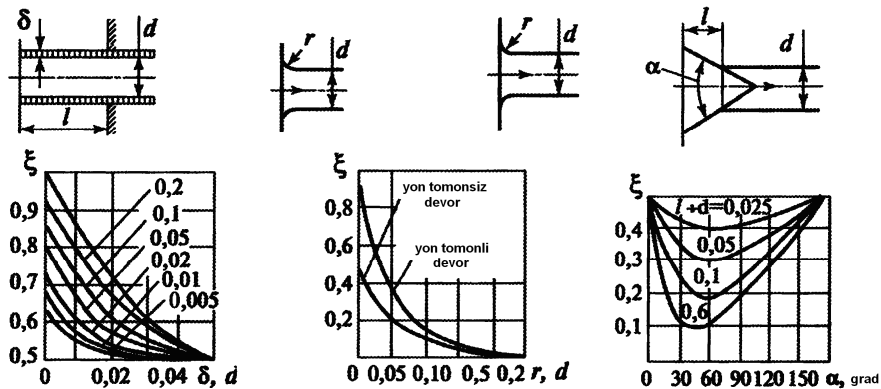
**Quvurlar hisobi uchun umumlashtirilgan parametrlar
(qarshilikning kvadratik qonunida)**

Quvur- larning ichki diametri, <i>d</i> , mm	Quvurlarning absolut g'adir-budirligi						$A_m,$ s^2/m^6
	$\Delta = 0,2$ mm		$\Delta = 0,5$ mm		$\Delta = 1,0$ mm		
	$K^2,$ m^6/s^2	$A_{uz},$ s^2/m^6	$K^2,$ m^6/s^2	$A_{uz},$ s^2/m^6	$K^2,$ m^6/s^2	$A_{uz},$ s^2/m^6	
50	0,000132	7570	0,000100	10000	0,0000776	13900	13200
75	0,00113	886	0,000863	1160	0,000686	1460	2610
100	0,00516	194	0,00397	252	0,00319	313	526
125	0,0160	62,6	0,0125	80,0	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	0,634	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

Izoh: K – quvurning hisobiy tasnifi; A_{uz} – uzunlik bo'yicha solishtirma qarshilik;
 A_m – solishtirma mahalliy qarshilik

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining qiymatlari (qarshilikning kvadratik zonasida)

1. Quvurga kirish

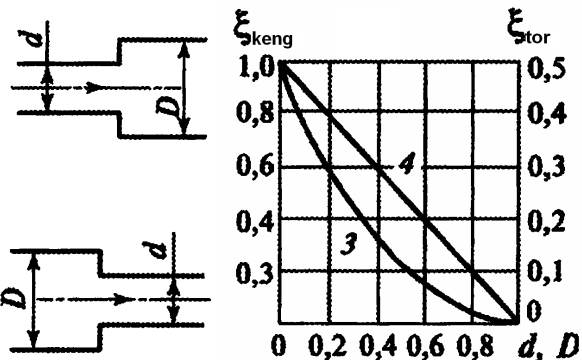


2. Quvurdan chiqish (katta o'lchamli rezervuarda yoki atmosferaga)

$$\xi = 1,0.$$

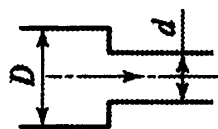
3. To'satdan kengayish

$$\xi = \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right]^2$$

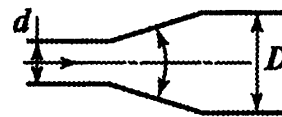


4. To'satdan torayish

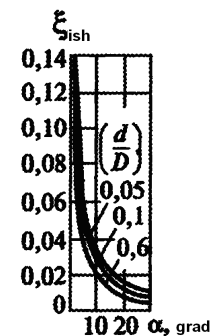
$$\xi = 0.5 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right]$$



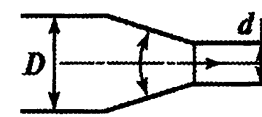
5. Sekin kengayuvchi



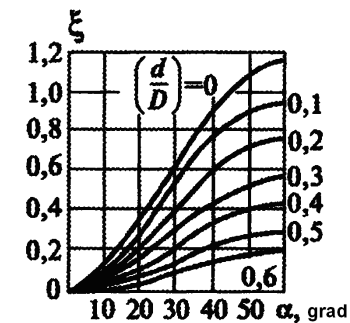
$$\xi = \xi' + \xi_{mp}$$



6. Sekin torayuvchi

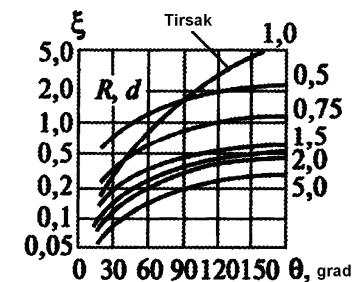
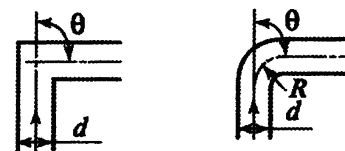


$$\xi = \xi' \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right] \xi_{nh}$$

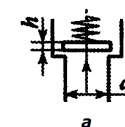
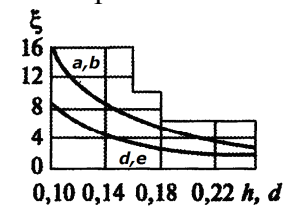


7. Tirsak

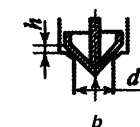
(Quvurning nisbiy g'adir-budurligida $> 0,0005$)



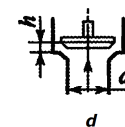
9. Klapanlar



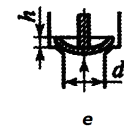
Tarelkasimon



Konus shaklidagi
konussimon tayanch
yuzali



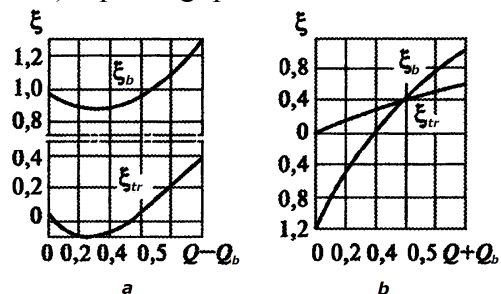
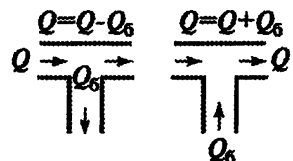
Konus shaklidagi
tekis pastki
yuzali



Shar shaklidagi
sharsimon
tayanch yuzali

10. a) Oqimning bo'linishi

b) oqimning qo'shilishi

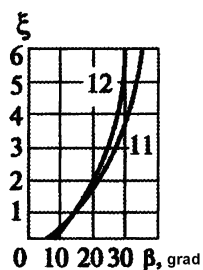
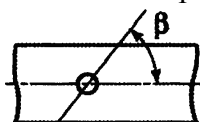


$$H_{yo'q.b} = \xi_b \frac{g^2}{2g}; H_{yo'q.tr} = \xi_{tr} \frac{g^2}{2g},$$

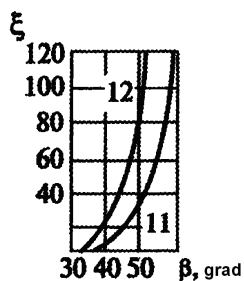
bunda $g = \frac{4Q}{\pi d^2}$.

“b” indeks – yon teshikdagi oqimga, “tr” indeks – tranzit oqimga tegishli.

11. Droselli klapan

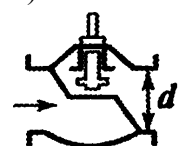


12. Probkali kran

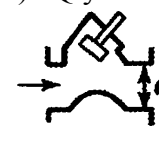


13. Jo'mraklar:

a) standartli



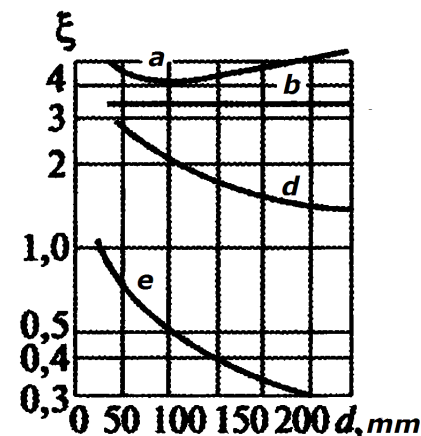
b) “Qiya”



d) tik to'g'ri



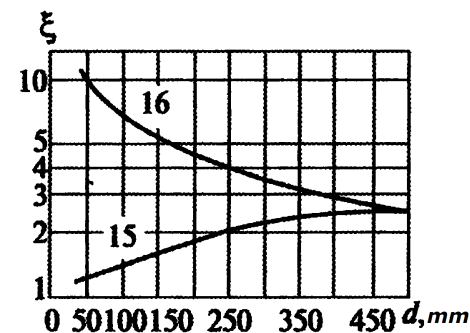
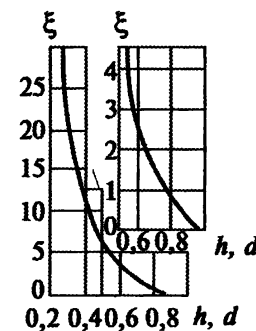
e) “Rey”



14. Ludko zulfini

15. Teskari klapan

16. Qabul qiluvchi qurilma (teskari klapanli setka)



Po'lat choksiz quvurlarning o'lchamlari

d_y	Shartli bosim $p_y, \text{Pa} \cdot 10^5$							
	64 gacha		100 gacha		200 gacha		320 gacha	
	d_n	δ	d_n	δ	d_n	δ	d_n	δ
6	8	1	10	2	14	3,5	14	3,5
8	10	1	14	3	18	4,5	18	4,5
10	12	1	18	3	22	5	22	5
13	14	1	20	3,5	25	5	25	5
15	18	1,4	22	3,5	28	6	28	6
20	22	1,4	28	3,5	34	6	34	6
25	28	2	34	4	42	7	42	8
32	38	2,5	42	4	50	7	50	8
40	45	3	50	4	60	8	60	10
50	57	3,5	60	5	76	10	76	12

Izoh: 1. 25 mm gacha d_y uchun quvurlar ГОСТ 8734-58 bo'yicha qabul qilinadi; yuqorisi – ГОСТ 8732-58 bo'yicha. 2. mm dagi o'lchamlar: d_y – shartli teshik; d_n – quvurning sirtqi diametri; δ – devor qalinligi.

Tizimdan tashqaridagi birliklar bilan Xalqaro tizimning nisbatlari

<i>Kuch birliklari</i>	
1 N = 0,102 kg·k 1 N = 10 ⁵ din 1 N = 1,02·10 ⁻⁴ tk	1 kg·k = 9,81 N 1 din = 10 ⁻⁵ N 1 tk = 19810 N
<i>Bosim birliklari</i>	
1 Pa = 0,102 kg·k/m ² 1 Pa = 10 din/sm ² 1 Pa = 1,02·10 ⁻⁵ atm 1 Pa = 1,02·10 ⁻⁴ tk/m ² 1 Pa = 10 ⁻⁵ bar	1 kg·k/m ² = 9,81 Pa 1 din/sm ² = 0,1 Pa 1 atm = 1 kg·k/m ² = 9,81·10 ³ Pa 1 tk/m ² = 9,81·10 ³ Pa 1 bar = 10 ⁵ Pa
<i>Ish, energiya, issiqlik miqdori birliklari</i>	
1 J = 0,102 kg·k·m 1 J = 10 ⁷ erg 1 J = 0,239 kal 1 J = 2,78·10 ⁻⁴ W·soat 1 J = 3,78·10 ⁻⁷ erg/k	1 kg·k·m = 9,81 J 1 erg = 10 ⁻⁷ J 1 kal = 4,19 J 1 W·soat = 3,6·10 ³ J 1 l·k·soat = 2,65·10 ⁶ J
<i>Quvvat birliklari</i>	
1 W = 0,120 kg·k·m/s 1 W = 0,36·10 ⁻³ l.s 1 W = 0,862 kkal/soat 1 W = 10 ⁷ erg/s	1 kg·k·m/s = 9,81 W 1 l.s = 736 W 1 kkal/soat = 1,16 W 1 erg/s = 10 ⁻⁷ W
<i>Qovushqoq birliklari</i>	
1 Pa·k = 10 P 1 Pa·k = 0,102 kg·k·s/m ² 1 m ² /s = 10 ⁻⁴ St	1 P = 0,1 Pa·k 1 kg·k·s/m ² = 9,81 Pa·k 1 St = 10 ⁻⁴ m ² /s

A.D. Altshul formulasi bo'yicha hisoblangan λ qiymatlari

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$\frac{d}{\Delta}$	Re	λ	$\frac{d}{\Delta}$	Re	λ
100	5000	0,0433	500	5000	0,0375
	10000	0,0398		50000	0,0266
	25000	0,037		200000	0,0244
120	5000	0,044	700	8000	0,0348
	6000	0,0413		70000	0,0244
	10000	0,0386		200000	0,0226
	25000	0,0358			
140	4000	0,0435	1000	12000	0,0314
	10000	0,038		30000	0,0264
	40000	0,0339		70000	0,0232
				400000	0,0204
160	5000	0,0413	2000	25000	0,0262
	10000	0,0372		200000	0,0188
	50000	0,0327		900000	0,0171
200	4000	0,0424	3000	33000	0,0244
	20000	0,0334		200000	0,0173
	50000	0,0312		300000	0,017
				1000000	0,0156
300	4000	0,0415	5000	66000	0,0206
	10000	0,0349		500000	0,015
	100000	0,0278		2000000	0,0137
400	5000	0,0392	10000	100000	0,0184
	10000	0,0342		1000000	0,0126
	40000	0,028		3000000	0,0116
	150000	0,0258			

B.L. Shifrinson formulasi bo'yicha hisoblangan λ qiymatlari

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$$

$\frac{\Delta}{d}$	0,025	0,010	0,005	0,0025	0,00125
λ	0,0437	0,0350	0,0294	0,0247	0,0208

$\frac{\Delta}{d}$	0,00084	0,00063	0,0005	0,00033	0,00025
λ	0,0188	0,0165	0,0165	0,0150	0,0139

Erliftning geometrik uzatish balandligini uning nisbiy botirilish chuqurligi va nisbiy havo sarfiga bog'liqligi

H_g, m	$K=H/H_g$	Q_{havo}/Q	$\eta_{эпл}$
<15	3...2,5	1,5...2	0,59
15...30	2,5...2,2	3,5...2	0,57
30...60	2,2...2,0	5...5,5	0,53
60...90	2,0...1,75	6,5...7	0,5
90...120	1,75...1,65	8...9	0,4

Kompressorlari solishtirma quvvati

Havo bosimi P_p kg/sm ²	Kompressorning solishtirma quvvati, kVt	
	Bir pog'onali	Ikki pog'onali
8	-	0,74...0,78
7	-	0,80...0,83
6	0,95...1,05	0,83...0,9
5	1,05...1,1	0,92...0,96
4	1,1...1,18	1,05...1,12
3	1,12...1,28	1,3...1,35
2	1,26...1,4	-

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Arifjanov A.M. Gidravlika. – Toshkent: TIMI, 2005.
2. Хикматов Ф.Қ. Гидравликадан амалий машғулотлар. – Т.: ТошДУ, 1993.
3. Bozorov D.R. va boshqalar. Gidravlika. – Т.: TIQXMMI, 2003.
4. Karimov A.A., Mukolyans A.A. Gidravlika. – Т.: ToshDTU, 2002.
5. Латипов Қ.Ш. Гидравлика, гидромашиналар, гидроюритмалар. – Т.: Ўқитувчи, 1992.
6. Muxammadiyev M.M. va boshqalar. Gidravlika asoslari va yuvuvchi suyuqliklar. – Toshkent: ToshDTU, 2013.
7. Nizomov O.X., Mukolyans A.A. Gidrostatika. – Т.: ToshDTU, 2010.
8. Shokirov A.A., Karimov A.A., Mukolyans A.A. Gidravlika, gidromashinalar va gidropnevmoymuritmalar. – Т.: ToshDTU, 2011.
9. Shokirov A.A., Karimov A.A., Mukolyans A.A., Paluanov D.T. Gidravlika. (metodik ko‘rsatma) – Т.: ToshDTU, 2013.
10. Tursunova E.A., Mukolyans A.A. Suyuqlik va gaz mexanikasi. – Т.: TAQI, 2012.
11. Умаров А.Ю. Гидравлика. – Т.: Ўзбекистон, 2002.
12. Xamidov A.A., Khudaykulov S.I., Makhmudov I.E. Gidromexanika. – Т.: Fan, 2008.
13. Xamidov A.A., Isanov Sh.R. Gidravlika (o‘quv qo‘llanma) – Т.: ToshDTU, 2003.

MUNDARIJA

KIRISH	3
1. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI ..	4
1.1. Suyuqliklar haqida umumiy tushuncha	4
1.2. O‘lchov birliklari	4
1.3. Zichlik va solishtirma og‘irlik	4
1.4. Suyuqlikning siqiluvchanligi	7
1.5. Haroratdan kengayish koeffitsiyenti	8
1.6. Suyuqlikning qovushqoqligi	9
1.7. Misollar	11
2. GIDROSTATIKA	18
2.1. Gidrostatik bosim haqida umumiy tushuncha	18
2.2. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi	18
2.3. Absolut, manometrik va vakuummetrik bosimlar	19
2.4. Paskal qonuni	19
2.5. Tekis sirtga bo‘lgan suyuqlikning bosim kuchi	19
2.6. Egri devorga bo‘lgan suyuqlikning bosim kuchi	20
2.7. Arximed qonuni	20
2.8. Misollar	21
3. GIDRODINAMIKA	30
3.1. Suyuqlik harakatining gidravlik elementlari	30
3.2. Uzlaksizlik tenglamasi	31
3.3. Ideal suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi	32
3.4. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi	33
3.5. Misollar	34
4. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR	48
4.1. Suyuqlikning harakat tartiblari	48
4.2. Suyuqlikning laminar harakat tartibi	49
4.3. Suyuqlik harakatining turbulent tartibi	49
4.4. Gidravlik silliq va g‘adir-budir quvurlar	49
4.5. Turbulent tartibning gidravlik qarshilik qonunlari	50
4.6. Nikuradze grafigi	51
4.7. Mahalliy qarshiliklar	53
4.8. Misollar	54

5. GIDROMASHINALAR	63
5.1. Misollar	65
6. MUSTAQIL TOPSHIRIQLAR BO‘YICHA	
VARIANTLAR	72
ILOVALAR	89
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	99

Muharrir: Sidikova K.A.