

2-laboratoriya ishi. Trubalarning mahalliy va ishqalanish qarshiliklarini aniqlash

Ishning nazariy asoslari

Bernulli tenglamasi:

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = \text{const} \quad (2.1)$$

Ixtiyoriy ikki ko'ndalang kesimli 1 va 2 truba uchun quyidagi holda ifoda qilish mumkin:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

Bu (2.2) ifoda ideal suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasidir va u

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = H$$

H – umumiy gidrodinamik bosimni ifodalaydi. Bernulli tenglamasiga asosan turg'un harakatdagi ideal suyuqliklar uchun istalgan ko'ndalang kesimda gidrodinamik bosim o'zgarmas qiymatga ega.

Z – geometrik bosim, shu nuqtadagi potensial solishtirma energiyani holatini xarakterlaydi. $P/\rho g$ – statik bosim, shu nuqtadagi solishtirma bosim, potensial energiyani xarakterlaydi. $w^2/2g$ – dinamik bosim, shu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

Bu uchala bosim uzunlik o'lchamiga ega bo'lib, metr hisobida ifodalanadi.

Shunday qilib, Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un harakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi o'zgarmas umumiy gidrodinamik bosimga teng bo'lib, unda oqim trubaning bir kesimidan ikkinchisiga o'tganda o'zgarmaydi. Shu bilan birga ideal suyuqliklarning turg'un harakatida potensial $(Z+P/\rho g)$ va kinetik $w^2/2g$ energiyalarning yig'indisi har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmasdir. Shunday qilib, Bernulli tenglamasi, energiyani saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

Trubaning ko'ndalang kesimi va suyuqlikning harakat tezligi o'zgarganda energiyani o'zgarishi ro'y beradi. Bunda bir qism potensial energiya kinetik energiyaga o'tadi yoki aksincha, umumiy energiyani qiymati o'zgarmaydi.

Haqiqiy suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi mavjud bo'lgani sababli, suyuqliklar trubalarda oqayotganda bir qismi bu kuchni yengish uchun sarf bo'ladi.

Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_i \quad (2.3)$$

yoki

$$h_g + h_{st} + h_d + h_i = H \quad (2.4)$$

Bu yerda, h_i – ishqalanish kuchini yengish uchun sarflangan bosim.

Sarflangan bosim h_e haqiqiy suyuqliklarning harakati paytida ketgan solishtirma energiyani xarakterlaydi.

Agar (2.3) tenglamani o'ng va chap tomonlarini (ρg) ga ko'paytirsak, Bernulli tenglamasini quyidagi holda yozish mumkin:

$$\rho g z_1 + P_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g z_2 + P_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta P \quad (2.5)$$

Bu yerda ΔP - sarflangan bosim farqi [Pa].

$$\Delta P = \rho g h_s \quad (2.6)$$

Umumiy holda, sarflangan bosim va bosimlarning farqi ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketadi.

$$h_s = h_m + h_i \quad (2.7)$$

Haqiqiy suyuqliklarning harakati paytida trubalarning butun uzunligida ichki ishqalanish qarshiligi paydo bo'ladi. Uning qiymatiga suyuqlikning oqish rejimi ta'sir ko'rsatadi.

Trubada suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy qarshiliklarga duch keladi. Trubadagi ventillar, tirsak, jumrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar mahalliy qarshiliklar deyiladi.

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan turib nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarni uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash mumkin emas.

Truba va kanallarda ichki ishqalanish qarshiligi uchun yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_i = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.8)$$

ya'ni, ichki ishqalanishni yengish uchun sarflangan bosim dinamik bosim $h_d = w^2/2g$ orqali ifodalanadi. Ichki ishqalanish uchun sarflangan bosimni dinamik bosimdan farqini ko'rsatuvchi kattalikka ichki ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb ataladi va ξ bilan belgilanadi. ξ tarkibidagi $64/Re$ esa ichki ishqalanish gidravlik koeffitsiyenti deyiladi va λ bilan belgilanadi.

Shuning uchun

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

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (2.9)$$

Shunday qilib, (2.8) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin

$$h_i = \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.10)$$

yoki

$$\Delta P_i = \rho \cdot g \cdot h_i \quad (2.11)$$

Buni hisobga olganda ichki ishqalanish tufayli hosil bo'ladigan gidravlik qarshilik ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\Delta P_i = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.12)$$

$Re = 4 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^6$ (turbulent rejim) bo'lganda ishqalanish koeffitsiyenti λ quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda = 0,316 / \sqrt[4]{Re} \quad (2.13)$$

Turbulent oqimda ishqalanish gidravlik qarshilik koeffitsiyentining kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga va truba devorining g'adir-budurlikligiga bog'liq bo'ladi.

Trubalarning g'adir-budurlikligi absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budurlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha balandliklarning truba uzunligi bo'yicha o'lchanishi absolyut geometrik g'adir-budurlik deyiladi.

Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligining (Δ) truba ekvivalent diametriga (d) nisbati nisbiy g'adir-budurlik deyiladi va ε bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e} \quad (2.14)$$

G'adir-budurliklarning λ ta'siri truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligi (Δ) va laminar qatlam qalinligining (δ) o'zaro munosabatidan aniqlanadi. Turbulent rejim boshlanish paytida laminar qatlamning qalinligi δ g'adir-budurliklar balandligidan $\delta > \Delta$ katta bo'ladi. Bunda suyuqlik g'adir-budurliklardan asta-sekin oqib o'tadi. Shuning uchun λ ni hisoblash paytida Δ ni hisobga olmasa bo'ladi. Bunday trubalarni gidravlik silliq deb hisoblasa bo'ladi va λ ni topish uchun (2.13) tenglamadan foydalanish mumkin. Turli xil mahalliy qarshiliklarda oqim tezligining kattaligi va yo'nalishi o'zgaradi yoki ayni bir paytda ham oqim tezligining kattaligi, ham yo'nalishi o'zgarishi mumkin. Bunda bosimning (ishqalanishga sarf bo'lgandan tashqari) qo'shimcha yo'qotilishi sodir bo'ladi.

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi, ishqalanish qarshiligidek, dinamik bosim orqali topiladi.

Aynan bir mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotilishining dinamik bosimga (h_d) nisbatini – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti deyiladi va u $\xi_{m.q.}$ deb belgilanadi.

CHunonchi, har xil mahalliy qarshiliklar uchun:

$$\begin{aligned} h_{m.q.1} &= \xi_{m.q.1} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{m.q.2} &= \xi_{m.q.2} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{m.q.n} &= \xi_{m.q.n} \cdot \frac{w^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.15)$$

yoki hamma mahalliy qarshiliklar uchun:

$$h_{m.q.} = \sum \xi_{m.q.} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.16)$$

Ko'pincha, turli xil mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ularning o'rtacha kattaliklarini 1-jadvaldan yoki boshqa adabiyotlardan topish mumkin.

Masalan: trubaning birdan kengayishi tufayli, oqim ko'ndalang kesimi kichik trubadan kesimi katta bo'lgan trubaga o'tganda tezligi kamayadi, bu paytda suyuqlik oqimlari truba devorlariga urilib natijada bosim yo'qotiladi.

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymati

2-1 jadval

$Re = \frac{w_0 \cdot d_e}{\nu}$	F_0/F_1					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
100	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
1000	2,0	1,6	1,3	1,05	0,9	0,6
3000	1,0	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
3500	0,81	0,64	0,5	0,36	0,25	0,16

F_0 - ko'ndalang kesimi kichik bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 ; w_0 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubadagi tezlik, m/s ; F_1 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 .

Truba birdan kengayganda mahalliy qarshiliklarni yengish uchun yo'qotilgan bosim ΔP_{yb} quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta P_{yb} = \xi_{yb} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.17)$$

Qolgan mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari 2-2 jadvalda keltirilgan:

2-2 jadval

No	Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik koeffitsiyent qiymatlari
1	Trubaga kirish	0,5
2	Trubadan chiqish	1,0
3	Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2
4	Tirsak uchun	1,1
5	Normal ventil	4,5-5,5
6	Trubaning burilishi burchak ostida bo'lsa	0,14

Umumiy bosim yo'qolishini quyidagi tenglamadan

$$h_y = \xi_u \cdot \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{m.q.} \cdot \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.18)$$

$$h_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{m.q.} \right) \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.19)$$

va to'la gidravlik qarshilikni

$$\Delta P_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{m.q.} \right) \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.20)$$

ushbu tenglamalar yordamida aniqlash mumkin.

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad tajriba yo'li bilan suyuqlik harakati

davomida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni aniqlash, soʻngra ularni hisoblash yoʻli yoki jadvaldan topilgan qiymatlari bilan solishtirish. $\lambda = f(\text{Re})$ va $\xi = f(\text{Re})$ bogʻliqliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi

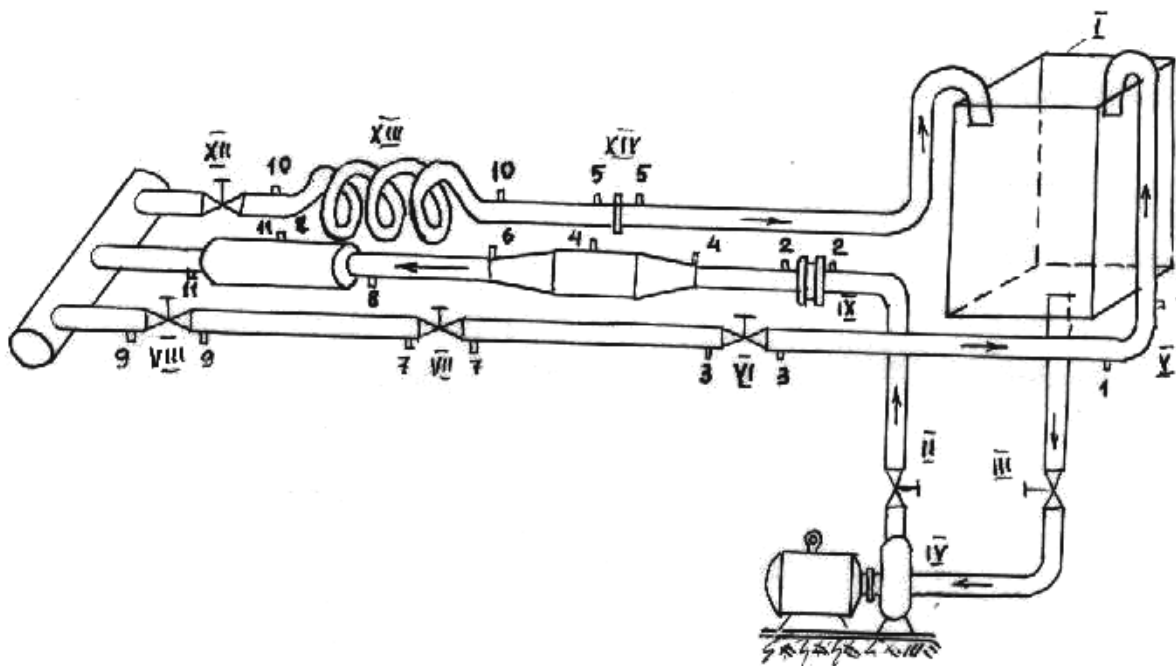
2.1-rasmda tajriba o'tqazish qurilmasi ko'rsatilgan. Idishdagi (1) suv markazdan qochma nasos (4) yordamida truba va turli xil mahalliy qarshiliklar sistemasi orqali o'tqazilib, yana (1) idishga qaytariladi.

Tajriba qurilmasida 10 ta mahalliy qarshiliklar bor. Suyuqlikning tezligi haydash yoʻlidagi jumraklarning yopish yoki ochish orqali amalga oshiriladi. Suyuqlikning tezligi 0,5 m/s dan 2,5 m/s gacha oʻzgartirish mumkin. Qurilmadagi truba va jumraklarnig shartli diametri 50 mm.

Hajmiy sarf o'lchovi diafragma (9) ulangan simobli manometrning ko'rsatkichiga qarab aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo'qolishi ham manometrlar yordamida topiladi. Suyuqlikning temperaturasi simobli termometrda o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat:

1-o'zgarmas suyuqlikli idish; 2-haydash yo'lidagi jumrak; 3-so'rish yo'lidagi jumrak; 4-markazdan qochma nasos; 5-sinalayotgan tekis burchak ostidagi to'g'ri burilish ($l = 900\text{mm}$); 6-sinalayotgan jumrak ($l = 1750\text{mm}$); 7-sinalayotgan jumrak ($l = 375\text{mm}$); 8-tiqinli jumrak ($d_{ui} = 50\text{mm}$); 9-o'lchovchi diafragma ($d_{sh} = 50\text{mm}$, $d_0 = 37\text{mm}$); 10-asta-sekin kengayish va torayish $F_0/F_1 = 0,3$; 11-sinalayotgan birdan kengayish va torayish $d_{ok} = 98\text{mm}$; $d_m = 50\text{mm}$ $F_0/F_1 = 0,5$; 13-sinalayotgan zmeevik ($D = 380\text{ mm}$ $d_{mn} = 50\text{mm}$); 14-manometr.



2.1-rasm. Tajriba qurilmasining sxemasi

- 1.Suyuqlik uzatuvchi bak suv bilan to‘ldiriladi.
- 2.Surish yo‘lidagi kran 3 ochiladi, haydash yo‘lidagi kran oxirigacha yopiladi.

3 yoki 12 kranlardan biri sinalayotgan qarshiliklarning xiliga qarab ochib quyiladi.

3.Nasos ishga tushiriladi.

4.Kran 7 ochib, suvning eng kichik sarfi oʻrnatiladi va suv sinalayotgan qarshilik orqali oʻtqaziladi.

5.Manometr 15 yordamida bosimning yoʻqotilish oʻlchanadi, soʻngra suvning issiqligi aniqlanadi.

6.Kran 2 ochish orqali suvning sarfi asta-sekin koʻpaytirib boriladi va manometrlarning koʻrsatkichi oʻlchanadi.

7.Suvning sarfi oʻlchov diafragmasiga ulangan manometrning koʻrsatkichi asosida hisoblanadi.

Tajriba koʻrsatkichlarini hisoblash

Oqimning oʻrtacha tezligi sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$w_{or} = \frac{V_s}{F};$$

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

$$V = \frac{\alpha \cdot K \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_d \cdot \frac{\rho_m - \rho_s}{\rho_s}}$$

bu yerda α - tuzatish koeffitsiyenti, $\alpha=0,62$; K - trubaning gʻadir-budurligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsiyenti. Hidravlik silliq trubalar uchun $K=1$; d_0 - diafragma teshigining diametri, m; h_g - manometrda suyuqlik bosimlarining farqi, m; ρ_c - trubada oqayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ρ_m - manometrik suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

2-3 hisobot jadvali

Kattaliklar	Oʻlchov birligi	1- tajriba	2- tajriba	3- tajriba	4- tajriba
Suyuqlikning hajmiy sarfi V_s	m^3/s				
Manometrning koʻrsatkichi	$\text{kg} \cdot \text{k}/\text{sm}^2$				
Trubaning koʻndalang kesim yuzasi, F	m^2				
Oqimning oʻrtacha tezligi, w_{or}	m/s				
Suvning temperaturasi,	$^{\circ}\text{C}$				
Suvning dinamik qovushoqligi μ	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				
Reynolds soni, Re					
Mahalliy qarshilikni yengish uchun yoʻqotilgan bosim, ΔP_m	$\text{kg} \cdot \text{k}/\text{sm}^2$				
Toʻgʻri kanallarda ishqalanishni yengish uchun yoʻqotilgan bosim ΔP_i	mm				
Ishqalanish koeffitsiyenti, λ					
Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti, ξ					
Ekvivalent gʻadir-budurlik					

Tekshirish uchun savollar

1.Bernulli tenglamasi.

2. Ishqalanish qarshiligi.
3. Mahalliy qarshiliklar.
4. Laminar va turbulent rejimlarda hamda o'tish sohasida ishqalanish ko'effitsiyentlarini aniqlash.
5. G'adir-budurlik va gidravlik silliq trubalar.
6. Bernulli tenglamasini keltirib chiqaring. Uning fizik ma'nosi.
7. Oqimning uzluksiz tenglamasi.

Adabiyotlar

1. Kasatkin. A.G "Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari" - M.: Kimyo 1973-y.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq, 2003-y.
3. Salimov Z., To'ychiyev I. "Kimyoviy texnologiya jarayonlari va apparatlari. – Toshkent, O'qituvchi, 1987-y.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov H.S., Ismatullayev P.R. "Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar" - Toshkent, Nisim, 1999-y.
5. Gelperin. N.I. "Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari" - M.: Kimyo, 1981-y.
6. Pavlov. K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. "Kimyoviy texnologiyaning jarayon va qurilmalari fanidan masala va topshiriqlar" - L.: Kimyo, 1981-y.
7. Nurmuxamedov X.S., To'ychiyev I.S., Gulyamova N.U., Nigmatjonov S.K., Niyozov K.M., Abdullayev A.Sh., Aliyeva K.K., "Kimyoviy texnologiyaning gidromexanik, issiqlik va massa almashinish jarayonlari bo'yicha laboratoriya ishlari" – T.: TKTI, 2001-y.