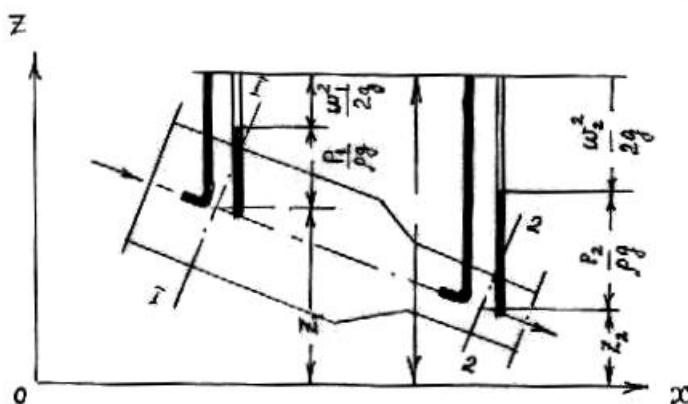


3-laboratoriya ishi. Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychasi bilan aniqlash

Ishning nazariy asoslari

Suyuqliklarning harakatini o‘rganishda, tezligi va sarflanish miqdorini aniqlashda Bernulli tenglamasi qo‘llaniladi. Sanoatda suyuqlikning tezligi va sarfini o‘lchash uchun drossel asboblar va pnevmometrik trubalar ishlataladi. Pnevmetrik trubalarning, masalan, Pito-Prandtl naychasining ishlash prinsipi quyidagicha:

3.1 - rasm. Statik va dinamik bosimlarning o‘zgarishi.



To‘g‘ri vertikal pezometrik naychada suyuqlik gidrostatik bosim h_{st} ga teng balandlikka ko‘tariladi $h_{st} = \frac{P}{\rho \cdot g}$, ya’ni bu kattalik truba o‘rnatilgan joyidagi statik bosimni o‘lchaydi. Bukilgan naycha harakathanayotgan suyuqlik oqimi yo‘nalishiga qarma-qarshi qilib o‘rnatilgan bo‘lib, undagi suyuqlik balandligi kattaroq bo‘ladi. Bu balandlik statik bosim h_{st} va dinamik bosim h_d larning yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Bu trubalar yonma-yon o‘rnatilgan bo‘lib, ulardagi suyuqliklar balandligini farqi dinamik bosimni ko‘rsatadi. Dinamik bosimning qiymatidan tezlikni topish mumkin. Bukilgan naychaning o‘qi oqim yo‘nalishning o‘qi bilan bir bo‘lgani uchun bu tezlik maksimal tezlik bo‘ladi:

$$h_d = \frac{w_{max}^2}{2g}; w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_g} \quad (3.1)$$

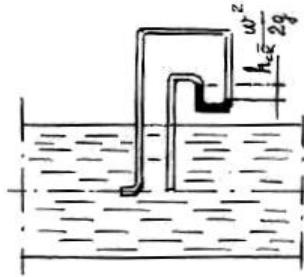
3.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, trubaning keng joyida tezlik kichik bo‘lgani uchun dinamik bosim kichik bo‘ladi. Bernulli tenglamasiga binoan, trubaning har bir kesimida umumiy gidrodinamik bosim o‘zgarmas bo‘lib, geometrik, statik ($P/\rho \cdot g$) va dinamik ($w^2/2g$) bosimlar yig‘indisiga teng:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} = H \quad (3.2)$$

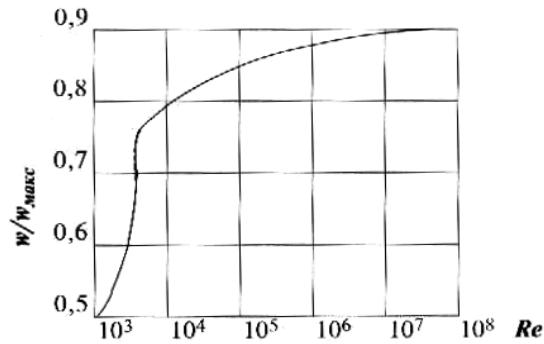
Shunga asosan ikkinchi kesimida trubaning tor qismida ham umumiy bosim o‘zgarmas bo‘lib, geometrik va statik bosimlar kamayadi, dinamik bosim esa tezlik

oshgani uchun ko‘payadi.

3.1-rasmdagi naychalar pezometrik naycha deb ataladi. Pezometrik naychalaridagi suyuqlik trubadagi oqayotgan suyuqlik bilan bir xil bo‘ladi. Pito-Prandtl naychasi U-simon manometrga ega bo‘lib, bu manometr (3.2-rasm) trubadagi suyuqlikka nisbatan zichligi kattaroq, trubadagi suyuqlik bilan aralashmaydigan suyuqlik bilan to‘ldiriladi.



3.2-rasm.



3.3-rasm

Oqimning maksimal tezligi w_{\max} (3.3) tenglamadan aniqlanadi.

$$w_{\max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}} ; \quad (3.3)$$

bu yerda ρ - muhit zichligi, kg/m^3 ; h - manometrdagi suyuqlik balandligi, m; ρ_m - manometrdagi suyuqlik zichligi, kg/m^3 .

O‘rtacha tezlikni topish uchun harakat rejimini aniqlash kerak. Suyuqliklarni harakat rejimi Reynolds kriteriysining qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi:

$$Re_{kp} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} ;$$

bu yerda, d - trubaning diametri, m; μ - muhitning dinamik qovushqoqligi, $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$.

Maksimal tezlik orqali

$$Re_{\max} = \frac{w_{\max} \cdot d \cdot \rho}{\mu} ; \quad (3.4)$$

Agar $Re_{\max} < 2320$ bo‘lsa, harakat rejimi laminar rejim bo‘lib, o‘rtacha tezlik

$$w_{o'r} = 0,5 \cdot w_{\max} ; \quad (3.5)$$

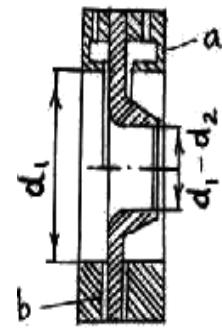
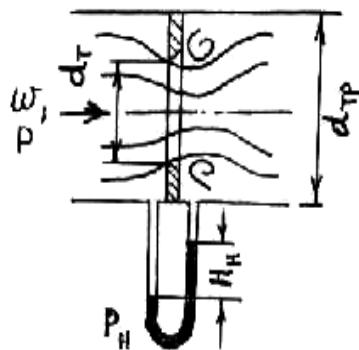
$Re > 10000$ bo‘lganda harakat rejimi turg‘un turbulent rejim bo‘lib, u holda o‘rtacha tezlik

$$w_{o'r} = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{\max} \quad (3.6)$$

Bundan tashqari o‘rtacha tezlikni aniqlash uchun Pito-Prandtl naychasini trubadagi oqimning kesimi bo‘yicha turli joyiga surib, shu nuqtalarga to‘g‘ri kelgan tezliklar aniqlanadi. Masalan, bir kesimning vertikal bo‘yicha 10 ta nuqtasida tezliklarni aniqlab ularning o‘rtachasi topiladi (3.7).

3.4-rasm

3.5-rasm



$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = \Sigma w ; \quad w_{o'r} = \Sigma w/n ; \quad (3.7)$$

bu yerda n - o'lchamlar soni.

O'rtacha grafik tezlikni topsa ham bo'ladi. Buning uchun maksimal tezlik va Reynolds kriteriysi aniqlab, grafikdan topiladi va bu nisbatan o'rtacha tezlik topiladi (3.3-rasm).

Suyuqlik miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$V = F \cdot w_{o'r} \quad (3.8)$$

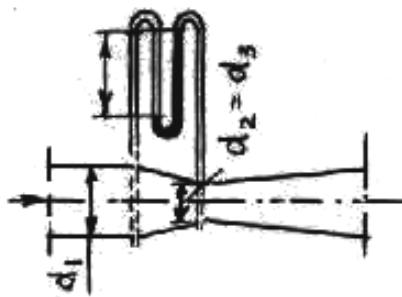
Bu yerda, F-trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblar ham ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi Bernulli tenglamasiga asoslangan bo'lib, trubalarning tor va keng kesimlaridagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishi orqali aniqlanadi. Drossel asboblar sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari ishlatiladi.

O'lchovchi diafragma yumaloq yuzali teshikli yupqa gardish bo'lib, uning markazi trubaning o'qiga to'g'ri keladi (3.4-rasm).

O'lchovchi soplo ravon, yumaloqlashgan kirish va silindrik chiqishga ega bo'lgan nasadkalar (3.5-rasm). O'lchovchi soplo va diafragmalarining differensal manometrlari, asosiy trubaga halqasimon kamera bo'lmasa ikki kanal orqali qo'shiladi.

Venturi trubkasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimni yo'qolishi kam bo'ladi, chunki uning diametri asta sekin torayib, so'ngra kengayadi va o'z holatiga qaytadi (3.6.-rasm).



3.6.-rasm

Trubaga gorizontal holda o'rnatilgani uchun 1-1 va 2-2 kesimlardagi

bosimlarning o‘zgarishi Bernulli tenglamasi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (3.9)$$

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = h \quad (3.10)$$

Bu yerda h – trubaning tor va keng qismidagi bosimlar o‘zgarishini dinamometrda o‘lchangan miqdori, mm (ishchi suyuqlik ustuni).

Trubadagi suyuqlikni ösüvä

ing o‘rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalilaniladi. Trubaning keng qismidagi tezlikni w_1 , tor kesimdagagi tezlik w_2 orqali ifodalaymiz.

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{F_2}{F_1} = w_2 \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3.11)$$

Venturi trubasi, soplo va diafragmada siqilgan oqimning yuzasi F_2 , trubaning tor qismining kesim yuzasiga teng bo‘ladi.

Tezlikning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga (3.10) qo‘ysak:

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 = h \quad (3.12)$$

bundan

$$w_2 = \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (3.13)$$

Diafragma soploni teshigi S_0 dan va Venturi trubasining tor kesimidan o‘tayotgan, ya’ni, trubadan o‘tayotgan suyuqlik sarfining miqdori esa:

$$V_s = w \cdot F_0 \cdot \alpha = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (3.14)$$

bu yerda α - tuzatish koeffitsiyenti ($\alpha < 1$); d_0 - diafragmaning tegishli diametri.

Tuzatish koeffitsiyentining miqdori suyuqlikning harakat rejimiga va drossel asboblar diametrining truba diametri nisbatiga bog‘liq:

$$\alpha = f \left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1} \right) \quad (3.15)$$

koeffitsiyent α drossel asboblarining sarf koeffitsiyenti deb yuritiladi.

Drossel qurilmalarining diametri truba diametridan 3-4 matra kichik, shuning uchun (3.14) tenglamadagi $(d_2/d_1)^4$ kattalik ham kichik bo‘ladi. Demak, suyuqlikning sarfini quyidagicha aniqlash mumkin:

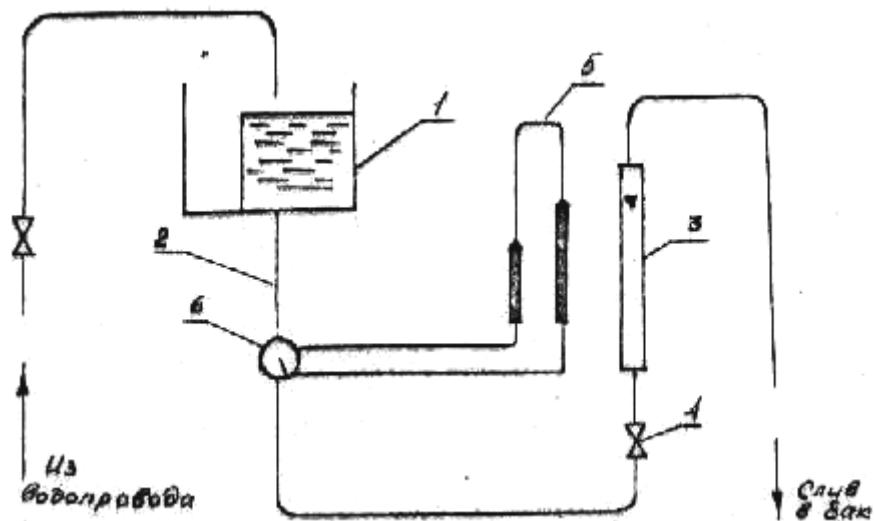
$$V_s = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (3.16)$$

Ishni bajarishdan maqsad:

Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychalari bilan o‘lchashni o‘rganish.

Ishni bajarish tartibi:

3.7-rasmdagi laboratoriya qurilmasi tekshiriladi.



3.7-rasm. 1-bosim hosil qiluvchi idish; 2-suyuqlik sarfi o‘lchanayotgan truba d=40mm; 3-rotametr RS-5; 4-ventil; 5-U-simon difmanometr; 6-Pito-Prandtol naychasi.

Idishga suyuqlik to‘ldiriladi. Ventil ochilib, suyuqlik sarfi V_{min} dan V_{max} gacha o‘zgartiriladi. Rotametrning har bir ko‘rsatuviga qarab grafik bo‘yicha suyuqlik sarfi o‘lchanadi. U-simon difmanometrning h_g ko‘rsatuvi o‘lchaniladi. Bu ko‘rsatuvlar hisoblash jadvaliga yoziladi.

3-1 jadval

O‘lchanadigan miqdorlar			Hisoblanuvchi miqdorlar			
h_g, m	T.K	Rotametr ko‘rsatishi	w_{max}	Re_{max}	$W_{o\cdot r}$	$V=w\cdot F$

Tajriba natijalarini hisoblash.

Suyuqlik sarfini hisoblash uchun birinchidan suyuqlikning maksimal tezligi o‘lchanadi:

$$w_{max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}, \text{ m/s}$$

U-simon differensial manometrdagi suyuqlik balandliklarining farqi, m. Keyin suyuqlikning harakat rejimi aniqlanadi:

$$Re_{\max} = \frac{w_{\max} \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

bu yerda d - trubaning diametri, $d=40\text{mm}$; ρ - suvning zichligi, kg/m^3 . μ - suvning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyent, $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$.

Reynolds kriteriysiga qarab o‘rtacha tezlik topiladi:

- 1) $Re < 2320$ – $w_{o'r} = 0,5 w_{\max}$
- 2) $Re > 1000$ – $w_{o'r} = (0,8-0,9) w_{\max}$

Yakunda suyuqliknining sarfi aniqlanadi:

$$V_s = w_{o'r} \cdot F = w_{o'r} \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot w_{o'r} \cdot d^2$$

Bu yerda F - trubaning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Tekshirish uchun savollar

1. Bernulli tenglamasining fizik ma’nosи.
2. Suyuqlikning tezligini va sarfini o‘lchash.
 - a) Pnevrometrik trubaning ishlash prinsipi.
 - b) O‘lchovchi diafragma;
 - c) O‘lchovchi soplo;
 - d) Venturiy trubasi;
3. Sarf koeffitsiyenti.
4. Bernulli tenglamasining amalda qo‘llanilishi.

Adabiyotlar

1. Kasatkin. A.G “Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari”. - M.: Kimyo 1973. – 727-b.
2. Yusufbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. “Kimeviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari” – T.:Sharq, 2003. – 644-b.
3. Salimov. Z, To‘ychiyev I. “Kimyoviy texnologiyaning jarayon va qurilmalari” – Toshkent, O‘qituvchi, 1987-y. – 406-b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullaev P.R. “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar” - Toshkent, Nisin, 1999-y. – 351-b.
5. Gelperin.N.I. “Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari” – Moskva, Kimyo, 1981-y. – 410-b.
6. Pavlov K.F, Romankov P.G, Noskov. A.A. “Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari bo‘yicha masala va misollar” - L.: Kimyo, 1981-y. – 575-b.
7. Nurmuxamedov X.S., To‘ychiyev I.S., Gulyamova N.U., Nigmadjonov S.K., Niyozov K.M., Abdullayev A.Sh., Aliyeva K.K. “Kimyoviy texnologiyaning gidromexanik, issiqlik va massa almashinish jarayonlari bo‘yicha laboratoriya ishlari” – T.: TTKI, 2001. – 152-b.