

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI  
URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI**

**«TEXNOLOGIYA ASOSLARI» KAFEDRASI**

**QULIMOV O., AVAZYAZOV R., IBRAGIMOVA N.**



**ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR  
FANIDAN LABORATORIYA ISHI**

**MAVZU: SUYUQLIKNING OQISH REJIMINI ANIQLASH.**

**Urganch - 2009 y.**

## MAVZU: SUYUQLIKNING OQISH REJIMINI ANIQLASH

**Ishdan maqsad:** Quvurda oqayotgan suyuqliklarni oqish rejimini aniqlash

**Kerakli asbob va materiallar:** Reynolds tajriba qurilmasi

**Ishning nazariy asoslar:**

Gidravlika ikki asosiy qismdan: suyuqliklarning muvozanat qonunlarini o'rganadigan gidrostatika va suyuqliklarning harakat qonunlarini o'rganadigan gidrodinamikadan tashkil topgan.

Suyuqliklar oquvchanlik hususiyatiga ega. Suyuqlik go'yo ma'lum hajmga ega, lekin shaklga ega emas, ammo faqat molekular kuchlar ta'siri ostida shar shaklini oladi.

Moddalarning suyuq holati o'z tabiatiga ko'ra, gaz holat bilan qattiq holat o'rtasidagi oraliq o'rinni egallaydi.

Gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz ham, suyuqlik ham tushuniladi. Ularni bir-biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa elastik suyuqlik deb qaraladi.

Suyuqlik va gazlar quyidagi xossalari bilan bir-biriga o'xshaydi:

1) Suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir hil, ya'ni izotropdir;

2) gazlarning qovushoqligi kichik bo'lib, yuqori temperaturada suyuqliklarnikiga yaqinlashadi;

3) kritik temperaturadan yuqori temperaturada suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi.

Gidravlikada nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik deb, bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgaras zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanishi bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi. Har qanday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari va qovushoqlik bo'ladi. Demak, xaqiqatda tabiatda ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni barcha suyuqliklar real suyuqliklardir.

Ammo ba'zi suyuqliklarning qovushoqligi juda kichik bo'ladi. Ular temperatura va bosim ta'sirida o'z hajmini shu qadar kam o'zgartiradiki, bu o'zgarishni amalda hisobga olmasa ham bo'ladi. Bunday suyuqliklar shartli ravishda ideal suyuqliklar deyiladi. Elastik suyuqliklarning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Suyuqliklarning fizik xossalari:

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari zichlik, solishtirma og'irlik va kovushoklik bilan harakterlanadi:

Zichlik. Hajm birligidagi bir jinsli jismning (Suyuqlikning) massasi zichlik deb ataladi va  $\rho$  bilan belgilanadi.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

bu erda  $m$  – suyuqlik massasi, kg;  $V$  – suyuqlikning hajmi,  $m^3$ ;

Solishtirma og'irlik. Hajm birligidagi suyuqlikning og'irligi solishtirma og'irlik deb ataladi va  $\gamma$  bilan belgilanadi

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

bu erda  $G$  – suyuqlikning og'irligi. SI sistemasiga binoan solishtirma og'irlik " $N/m^3$ " da o'lchanadi, massa bilan og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.3)$$

bu erda  $g$  - erkin tushish tezlanishi,  $m/s^2$ .

Bosim. Suyuqlik idish devorlariga, tubiga va uning ichiga tushirilgan boshqa jism yuzasiga bosim kuchi bilan ta'sir qiladi. Biror kichik  $\Delta F$  yuzaga ta'sir qiladigan bosim gidrostatik bosim deyiladi. Agar yuza kattaligi nolga yaqinlashtirilsa, bu qiymat shu nuqtaning bosimi deyiladi:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \text{ Pa yoki } \frac{H}{m^2} \quad (1.4)$$

Bosimning yo'nalishi va ta'siri suyuqlikning xamma nuqtalarida bir hil, chunki bu kuch hamma vaqt normal buyicha yo'nalgan bo'ladi. Bundan ko'rinib turibdiki, bosimning kattaligi yuzaning shakliga va uning qanday joylashishiga bog'lik bo'ladi.

Bosim manometr va vakuummetrlarda o'lchanadi. Bu o'lchov asboblari qurilma ichidagi to'la bosim  $P_{ab}$ . (absolyut bosim) bilan atmosfera bosimi orasidagi ortiqcha bosim  $R_{or}$ . ni ko'rsatadi. Shuning uchun, to'la yoki absolyut bosim ikkala bosimning yig'indisiga teng:

$$P_{a\bar{o}} = P_{\text{mon}} + P_{\text{atm}} \quad (1.5)$$

$R_{mon}$ . - manometr bilan o'lchanadigan bosim. Agar jarayon siyraklanish sharoitida ketsa, atmosfera yoki barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma to'la bosim deyiladi:

$$P_{a\bar{o}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{bak}} \quad (1.6)$$

bu erda  $R_{vak}$ . - vakuummetr bilan o'lchanadigan siyraklanish. Bosimni fizik va texnik atmosferada, mm.suv va mm.simob ustunida o'lchanadi.

1 fizik atmosfera (1 atm) = 540 mm simob ustuni = 10,33 m suv ustuni = 1,033 kg·k/sm<sup>3</sup> = 101300 kg·k/m<sup>3</sup>;

1 texnik atmosfera (1 atm) = 534,4 mm simob ustuni = 10 m suv ustuni = 1 kg·k/sm<sup>3</sup> = 10000 kg·k/m<sup>3</sup> = 98100 N/m<sup>2</sup>.

Kovushoqlik. haqiqiy real suyuqliklar truba ichida harakatlanganda, uning ichida ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib, siljishiga tusqinlik qiladi. Suyuqliklarning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga siljishi uchun sarf bo'lgan kuch qovushoqlik deyiladi. Nyuton qonuniga binoan, Suyuqlikning siljishi uchun zarur bo'lgan kuch shu qatlamning yuzasiga, surilish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushoklik koeffitsientiga to'g'ri proporsional bog'langan :

$$T = \mu \cdot F \frac{dw}{dn} \quad (1.7)$$

bu erda  $T$  - ta'sir etayotgan kuch;  $F$  - yuza ;  $dw / dn$  - tezlik gradienti;  $\mu$  - qovushoqlik koeffitsienti.

Tenglamadagi qovushoqlik koeffitsienti  $\mu$  dinamik qovushoqlik koeffitsienti yoki qovushoqlik deyiladi. Qovushoqlik suyuqliklarning fizik xususiyatlariga va temperaturasiga bog'liq bo'lib, keng oraliqda o'zgaradi. Masalan, glitserinning qovushoqligi suvnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. Qovushoqlik SI sistemasiga binoan quyidagi birlikda o'lchanadi:

$$\mu = \frac{T}{F \left( \frac{dw}{dn} \right)} = \frac{H}{m^2 \cdot \left( \frac{m/c}{m} \right)} = \frac{H \cdot c}{m^2} = Pa \cdot c$$

Dinamik qovushoqlik koeffitsientining shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushoqlik deyiladi va  $\nu$  bilan belgilanadi

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.8)$$

SI sistemasida kinematik qovushoqlik " $m^2/s$ " birligida o'lchanadi.

Ba'zan nisbiy qovushoqlik tushunchasi ham ishlatiladi. Bunda biror suyuqlik qovushoqligining suvning qovushoqligiga nisbati olinadi.

Temperatura ortishi bilan suyuqliklarning qovushoqligi kamayadi, gazlarniki esa

ko'payadi. Suyuqliklarning qovushoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. Nyutonning ichki ishqalanish qonuniga bo'ysinadigan suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi. Kolloid eritmalar, moyli buyoqlar smolalar, past temperaturada ishlatiladigan surkov moylari Nyuton suyuqliklariga kirmaydi.

Suyuqlikning harakati tezlik, sarf, bosim va boshqa kattaliklar bilan harakterlanadi.

Vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori " $m^3$ /soat", " $l$ /soat", " $l$ /s", " $m^3$ /s" birliklarida o'lchansa hajmiy sarf, agar  $kg$ /soat,  $kg$ /s da o'lchansa massaviy sarf deyiladi.

Trubada oqayotgan suyuqlikning tezligi trubaning devorlariga yaqinlashgan sari kamayadi, chunki suyuqlik harakati ishqalanish kuchi tufayli sekinlashadi va suyuqlik zarrachalari devorga yopishib, minimal tezlik bilan harakat qiladi.

Suyuqlikning xaqiqiy tezligini o'lchash juda qiyin, chunki suyuqlik zarrachalari oqimning har bir nuqtasida aloxida tezlikka ega bo'ladi. Shuning uchun zarrachalarning tezligi o'rtacha kattalik bilan aniqlanadi. Hajmiy sarf miqdorining truba ko'ndalang kesimiga nisbati o'rtacha tezlik deyiladi.

$$w = \frac{V}{S}, \quad [m/s] \quad (1.9)$$

bu erda  $V$  - hajmiy sarf miqdori,  $m^3/s$ ;  $S$  - trubaning ko'ndalang kesimi,  $m^2$ .

Yuqoridagi tenglikdan:

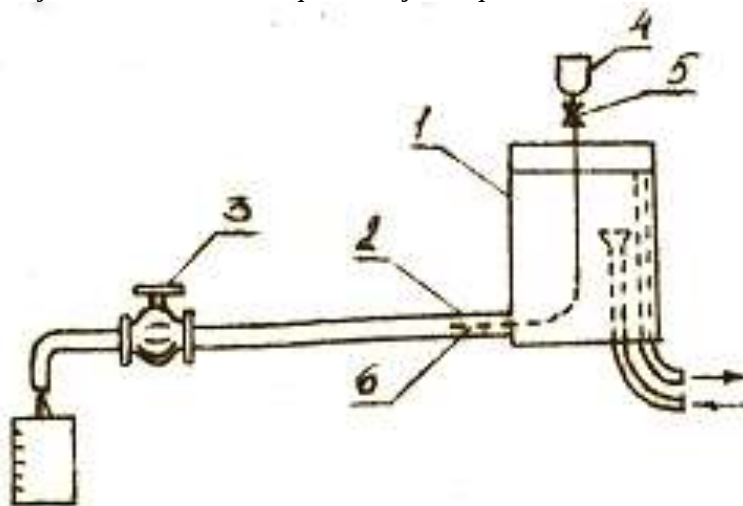
$$V = w \cdot S, \quad [m^3/s].$$

Bu tenglik sekundli sarf tenglamasi deyiladi. Suyuqlikning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \rho \cdot w \cdot S \quad [kg/s] \quad (1.10)$$

bu erda  $\rho \cdot w$  - suyuqlikning massaviy tezligi,  $kg/m^2 \cdot s$ .

Truba yoki boshqa shakldagi kanalda suyuqlik ikki hil rejimda, ya'ni laminar yoki to'liqsimon rejimda harakat qiladi. Oqimlarnig harakat rejimini birinchi bo'lib 1833 yilda ingliz fiziki O.Reynolds rangli eritmalar yordamida suyuqlikning ikki hil - laminar va turbulent rejimda bo'lishini aniqladi. Tajriba qurilmasi 1.1- rasmda ko'rsatilgan.



1.1 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi.

1-rezervuar; 2- truba; 3- jumrak; 4- rangli suyuqlik solingan idishcha; 5- jumrak; 6- kapillyar truba.

Rezervuarda suvning satxi bir hil ushlab turiladi. Unga gorizontal shisha truba biriktirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi bo'ylab, rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning tubidagi tezligi kran orqali rostlanadi.

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'qri chiziq bo'ylab gorizontal ip shaklida harakat qiladi. Chunki, kichik tezlikda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel rejim deb yuritiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'liqinsimon harakat qilib suvning butun massasiga aralashib ketadi. Bu vaqtda suv zarrachalari xam bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'liqinsimon harakat qiladi. Bunday oqim turbulent rejim deyiladi.

Reynolds o'z tajribalarida faqat tezlikni emas, balki trubaning diametri, Suyuqlikning qovushoqligi, zichligini o'zgartiradi.

Bu o'zgaruvchan parametrlar tezlik  $w$ , diametr  $d$ , zichlik  $\rho$ , qovushoqlik  $\mu$  kabi kattaliklardan Reynolds o'lchamsiz kompleks keltirib chiqaradi, ya'ni:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.11)$$

Bu kompleks Reynolds kriteriysi deyiladi. Reynolds kriteriysi o'lchovsiz ma'lum son qiymatga ega. Masalan, halqaro birliklar sistemasida uning son qiymati quyidagiga teng:

$$Re = \frac{w \cdot d \rho}{\mu} = \frac{\frac{M}{c} \cdot \frac{M}{c} \cdot \frac{K\epsilon}{M^3}}{H \cdot \frac{c}{M^2}} = \frac{K\epsilon \cdot M}{c^2 \cdot \frac{K\epsilon \cdot M}{c^2}} = 1 ; \quad 1H = \frac{K\epsilon \cdot M}{c^2}$$

Reynolds kriteriysi harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushoqlik va inertsia kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds kriteriysining kritik qiymati  $Re_{kr}$  bilan aniqlanadi. To'qri va tekis yuzaga ega bo'lgan trubalardagi suyuqlik oqimi uchun  $Re_{kr}=2320$  ga teng. Agar  $Re_{kr} < 2320$  bo'lsa, laminar rejim bo'ladi,  $Re > 2320$  bo'lsa, to'liqinsimon harakat (turbulent rejim) bo'ladi.  $Re > 10000$  bo'lganda to'rg'un turbulent rejim bo'ladi.

$Re = 2320 \div 10000$  oraliqda o'zgarsa o'tish sohasi bo'lib, bu vaqtda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud buladi, ya'ni truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi. Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun  $Re$  kriteriysidagi diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U xolda:

$$d_s = \frac{4S}{\Pi} \quad (1.12)$$

bu erda  $S$  – suyuqlik oqimining kesim yuzasi,  $m^2$ ;  $\Pi$  – xo'llangan perimetr.

Diametri  $d$  ga teng bo'lgan dumaloq truba uchun  $d_e=d$ . Agar kanalning kesim yuzasi tomonlari  $a$  va  $b$  ga teng bo'lgan to'rtburchakli bo'lsa, u xolda:

$$h_{\text{mkп}} = \xi_{\text{mkп}} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (1.13)$$

### Ishni bajarish tartibi

1. 1.1- rasmdagi laboratoriya tajriba qurilmasi tekshiriladi.

2. Jo'mrak 3 ni asta-sekin ochib suyuqlik sarfini ko'paytirib, vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi o'lchanadi. 5 jumrakni ochib, indikatr yordamida trubadagi suyuqlikning harakat rejimi aniqlanadi. Suyuqlikning harakat rejimi rangli suyuqlikning suv bilan aralashib ketishiga karab aniqlanadi.

3. Trubada oqayotgan suvning temperaturasi o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash jadvaliga yoziladi. Suvning temperaturasiga qarab, ilovadagi 2 - jadvaldan suvning qovushoqligi, zichligi aniqlanadi.

Tajriba natijasida hisoblangan  $Re$  kriteriysi bilan tezlik orasidagi bog'lanish, ya'ni  $Re = f(w)$  grafigi chiziladi. Grafikdan  $Re=2320$  bo'lganda trubadagi suyuqlik oqimining kritik tezligi aniqlanadi.

| Ko`rsatmalar                                                            | To`gri tajriba |   |   |   | Teskari tajriba |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|
|                                                                         | 1              | 2 | 3 | 4 | 5               | 4 | 5 | 8 |
| Suvning oqib chiqish hajmi $V, m^3$                                     |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Suvning oqib chiqish vaqti $\tau, s$                                    |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| 1s oqib chiqqan suvning hajmi<br>$V_c = \frac{V}{\tau}, m^2/c$          |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Suvnig oqim yuzasi<br>$\Delta'am\mathcal{M}$                            |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Suyuqlik harakatining o`rtacha tezligi<br>$w_{yp} = \frac{V_c}{F}, m/c$ |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Reynolds soni<br>$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$                |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Suvning temperaturasi, $^{\circ}S$                                      |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Vizual ko`rinish                                                        |                |   |   |   |                 |   |   |   |
| Oqim rejimi                                                             |                |   |   |   |                 |   |   |   |

### TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari: zichlik, solishtirma og'irlik, bosim, qovushoqlik.
2. Suyuqlikning harakat tezligi va sarflanishi.
3. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.
10. Suyuqlik oqimining harakat rejimlari.
5. Laminar va turbulent hajmdagi oqim harakatining o`rtacha tezligi.
1. Eylarning differentsial tenglamasi.
2. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

