

8- laboratoriya ishi. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientini stoks usuli bilan aniqlash

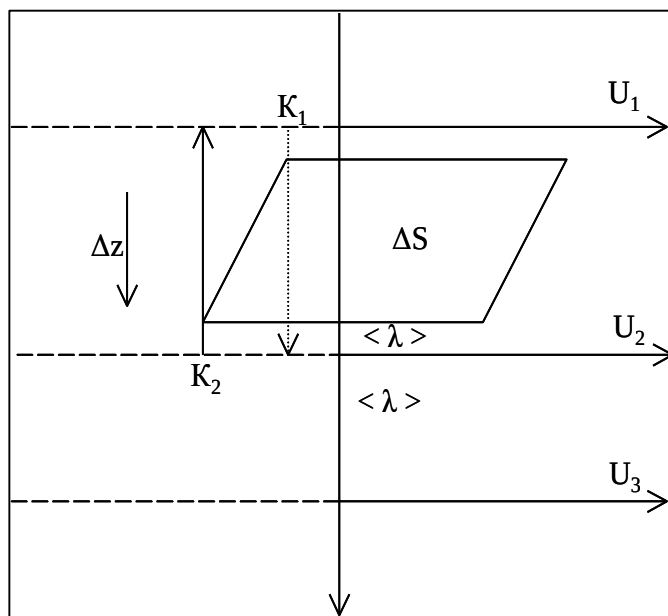
Ishning maqsadi: Stoks usuli suyuqlik ichida vertikal yo'nalishda harakatlanuvchi sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat sharti asosida suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisientini o'rganish va aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: uzunligi 100-150 cm va diametri 10-15 cm bo'lgan silindirik shisha idish, tekshiriladigan suyuqlik, kichik qo'rg'oshin va metall sharchalar, sekundomer, chizig'ich.

NAZARIY QISM

Har qanday suyuqliklarning birichi qatlami ikkinchi qatlamiga qaraganda harakatlanganda ular o'rtasida ishqalanish kuchlari paydo bo'ladi. Tezroq harakat qilayotgan qatlamni tezlashtiruvchi kuch ta'sir qilsa, aksincha sekinroq harakat qilayotgan qatlam tomonidan tezroq harakat qilayotgan qatlamga sekinlantiruvchi kuch ta'sir etadi. Bu kuch o'zaro harakatlanuvchi suyuqlik qatlamlarining yuzasiga o'rinma ravishda yo'nalgan bo'ladi. Eksperimentlar ishqalanish kuchi tekshirilayotgan qatlamlar sirtiga va qatlamlar o'rtasida tezlikning qanchalik tez o'zgarishiga bog'lik ekanini ko'rsatadi.

Bir-biridan ΔZ uzoqlikda bo'lgan ikki qatlam mos holda U_1 va U_2 tezliklar bilan oqayotgan bo'lsa, (1-rasm) tezliklar farqi $\Delta U = U_1 - U_2$ bo'ladi. Qatlamlar orasidagi masofa oqish tezligiga tik yo'nalishda olinadi. Bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tganda tezlikning qanchalik tez o'zgarishini ko'rsatuvchi kattalikga $N_u = \Delta U / \Delta Z$ tezlik gradiyenti deyiladi. Demak tezlik gradiyenti oqish tezligiga tik



1-rasm

yo'nalishda birlik qatlamda tezlikning o'zgarishiga teng ekan. Gradiyent tezlikning ortish yo'nalishida olinadi. Nyuton ichki ishqalanish kuchi F , tezlik gradiyenti N_u va ishqalanuvchi qatlamlar yuzasi ΔS ga proporsional bo'lishini ko'rsatadi, ya'ni:

$$F = \eta \cdot \Delta S \cdot \left| \frac{\Delta U}{\Delta Z} \right| \quad (1)$$

Suyuqlikning xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik η suyuqlikning yopishqoqlik koeffisienti yoki ichki ishqalanish koeffisienti deyiladi. Formula (1) dan

$$\eta = \frac{F}{\frac{\Delta U}{\Delta Z} \Delta S} \quad (2)$$

Bunda $\Delta S=1$ va $N_u=1$ desak $\eta=F$ bo'ladi.

Demak ichki ishqalanish koeffisienti qiymat jihatidan tezlik gradiyenti bir birlikka teng bo'lsa, birlik sirtida paydo bo'lgan ichki ishqalanish kuchiga teng bo'lar ekan. Ichki ishqalanish koeffisientining birligi qilib SGS sistemada Puaz qabul qilingan. 1 Puaz tezlik gradiyenti 1cm/s/cm bo'lganda 1 cm² yuzaga 1 dina kuch ta'sir eta oladigan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisientidir. SI sistemasida ichki ishqalanish koeffisientining birligi

$$\frac{H \cdot c}{M^2} = \frac{\kappa \mathcal{E}}{M \cdot c}$$

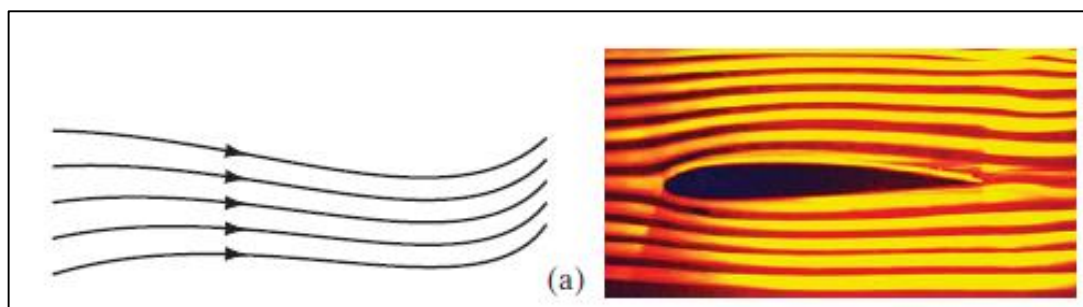
Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisienti suyuqlik tabiatiga bog'liq bo'lib, haroratning ortishi bilan kamayadi.

Asbobning tuzilishi va ish uslubi

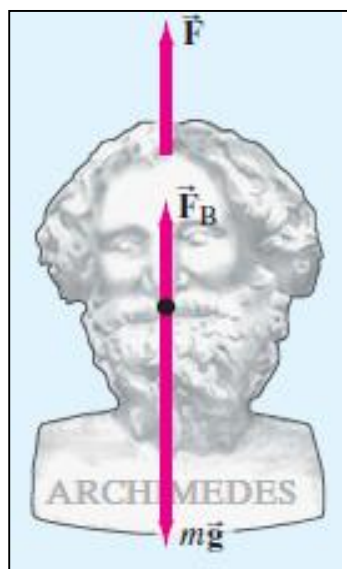
Agar qattiq jism r -radiusli sharcha ko'rinishda bo'lib, suyuqlik ichida o'z ketida hech qanday uyurmalar hosil qilmay tushsa (sharchaning o'lchami va tezligi kichik) Stoks qonuniga ko'ra, unga ishqalanish tufayli quyidagi kuch tasir etadi (2-rasm):

$$F = 6\pi\eta\upsilon r \quad (1)$$

Bunda r -sharchaning radiusi, υ -sharchaning barqarorlashgan harakat tezligi η -muhitning ichki ishqalanish koeffisienti yoki qovushoqlik koeffisienti. Suyuqlik ichida tushayotgan sharchaga vertikal bo'ylab uchta kuch ta'sir qiladi (3-rasm):



2-rasm



3-rasm

1. Pastga tik yo'nalgan og'irlik kuchi:

$$P = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot g \quad (2)$$

Bunda, r - sharchaning radiusi: ρ - sharchaning zichligi: g - erkin tushish tezlanishi.

2. Yuqoriga yo'nalgan ko'tarish kuchi: Arximed qonuniga asosan sharcha siqib chiqargan suyuqlikning og'irlik kuchiga teng.

$$F_A = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_0 \cdot g \quad (3)$$

bunda ρ_0 - suyuqlikning zichligi.

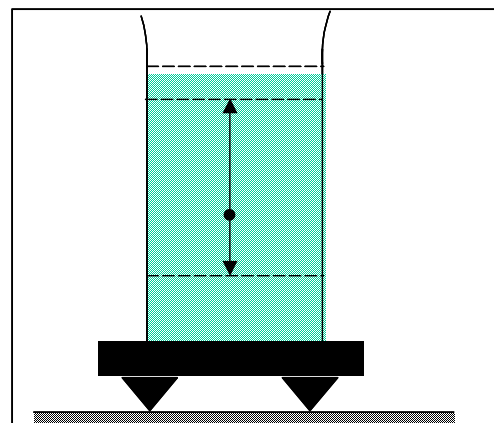
3. Sharchaning harakatiga teskari ya'ni yuqoriga vertikal yo'nalgan qarshilik kuchi - Stoks kuchi ta'sir qiladi. $F = 6\pi\eta vr$. Demak, sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab, ya'ni og'irlik kuchi pastga suyuqlikning ko'tarish kuchi va qarshilik kuchlari yuqoriga yo'naladi 4-rasmda keltirilgan. Bu kuchlarning teng ta'sir qiluvchisi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$F_n = P - (F + F_A) \quad (4)$$

Sharchaning suyuqlik ichidagi harakatini ikki bosqichga ajratish mumkin. Birinchi bosqichda sharcha tezlanuvchan harakat qilib, bu harakat davomida sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng (4-formulaga qarang) ta'sir etuvchisi F_n kamaya boradi.

Chunki sharchaning harakat tezligi oshishi

bilan uning harakatiga qarama-qarshi vertical yo'nalgan F qarshilik (Stoks) kuchi



4-rasm

ham ortib boradi. Birinchi bosqichda sharchaning harakat tenglamasini Nyutonning 2-qonuniga asosan quyidagicha yoziladi.

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = P - (F_A + F) \quad (5)$$

bunda m -sharchaning massasi, $\frac{dv}{dt}$ sharchaning tezlanishi. Ikkinchi bosqichda: vaqtning biror paytidan boshlab kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $R = 0$ bo'ladi. Ya'ni, ko'taruvchi kuch bilan qarshilik kuchi qo'shilib og'irlik kuchini muvozanatlaydi. Natijada sharcha tezlanishsiz tekis harakat qiladi. U holda (5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = 0 \quad (6)$$

(6) dagi R -og'irlik, F_A -Arximed va F - Stoks kuch vektorlari bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalganligi uchun ularning skalyar ko'rinishdagi ifodasi ham shunday bo'ladi:

$$P - F_A - F = 0 \quad (7)$$

(1), (2) va (3) lardan P , F_A va F kuchlarning ifodalarini (7) ga qo'ysak, quyidagi;

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_0) - 6\pi\eta v r = 0 \quad \text{tenglamani olamiz va bundan } \eta - \text{ichki ishqalanish}$$

$$\text{koeffisientini aniqlasak; } \eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_0)}{v} g r^2 \quad (8)$$

sharcha diametri $d = 2r$ va $v = \frac{\ell}{t}$ bo'lgani uchun:

$$\eta = \frac{1}{18} \cdot (\rho - \rho_0) \cdot \frac{d^2 t}{\ell} \cdot g \quad (9)$$

bo'ladi. (9) formuladagi ρ, ρ_0, g va ℓ lar o'zgarmas kattaliklar bo'lgani uchun

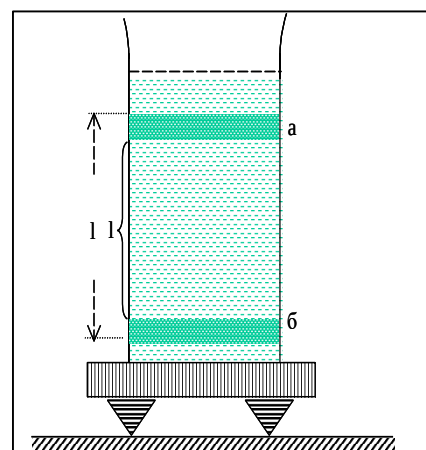
$$C = \frac{1}{18} (\rho - \rho_0) \frac{g}{\ell} \quad (9a)$$

deb belgilaymiz. Natijaviy formulamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\eta = C d^2 t \quad (10)$$

Ichki ishqalanish koeffisientini Stoks usulida aniqlashda ishlatiladigan qurilma

5-rasm) diametri 5-10 cm, uzunligi 60-80 cm bo'lgan shisha idishdan iborat, unga tekshiriladigan suyuqlik: kastor moyi giliserin quyiladi va vertikal o'rnatiladi. Silindr devorida "a" va "b" belgilar qo'yilgan bo'lib, ular orasidagi masofa ℓ ga teng. Bu oraliqda kuchlar muvozanatda bo'lib, sharcha tekis harakat qiladi. Sharcha silindrnining vertikal o'qi bo'ylab harakatlanishi uchun idish og'ziga voronka qo'yiladi.



5-rasm

Ishni bajarish tartibi

1. Mikrometr yoki shtangensirkul yordamida sharchaning diametri 0,01milimetr aniqlik bilan o'lchanadi.
2. Uni silindr ichiga joylashtirib "a" va "b" belgilar orasidagi masofada o'tish vaqti t o'lchab olinadi.
3. "a" va "b" belgilar orasidagi masofa 1 milimetr aniqlik bilan o'lchanadi.
4. Shunday metod bilan tajriba kamida 5-10 ta sharcha bilan takrorlanadi.
5. Tajriba natijalarini (10) formulaga qo'yib, ichki ishqalanish koeffisienti η hisoblanadi. Aniqlangan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

No	ρ kg/m ³	ρ_0 kg/m ³	ℓ m	d m	d ² m ²	t s	η kg/m·s	$\langle \eta \rangle$	$\Delta \eta$	$\langle \Delta \eta \rangle$	$\frac{\langle \Delta \eta \rangle}{\langle \eta \rangle} \cdot 100\%$
1											
2											
3											

Sinov savollari

1. Qovushoqlik yoki ichki ishqalanish qanday yuzaga keladi. Tezlik gradiyenti.
 2. Ichki ishqalanish koeffisientini qanday ifoda bilan aniqlanadi.
 3. Sharcha suyuqlikda harakatlanganda unga qanday kuchlar ta'sir qiladi.
- Qanday shart bajarilganda sharcha to'g'ri chiziqli tekis harakat qiladi.