

4-MA'RUZA

MAVZU: SUYUQLIK HARAKATI. OQIM TENGLAMASI

R e j a

1. Hidrodinamika. Asosiy tushunchalar
2. Suyuqlik sarfi va oqimning uzluksizlik tenglamasi
3. Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

1. Hidrodinamika. Asosiy tushunchalar

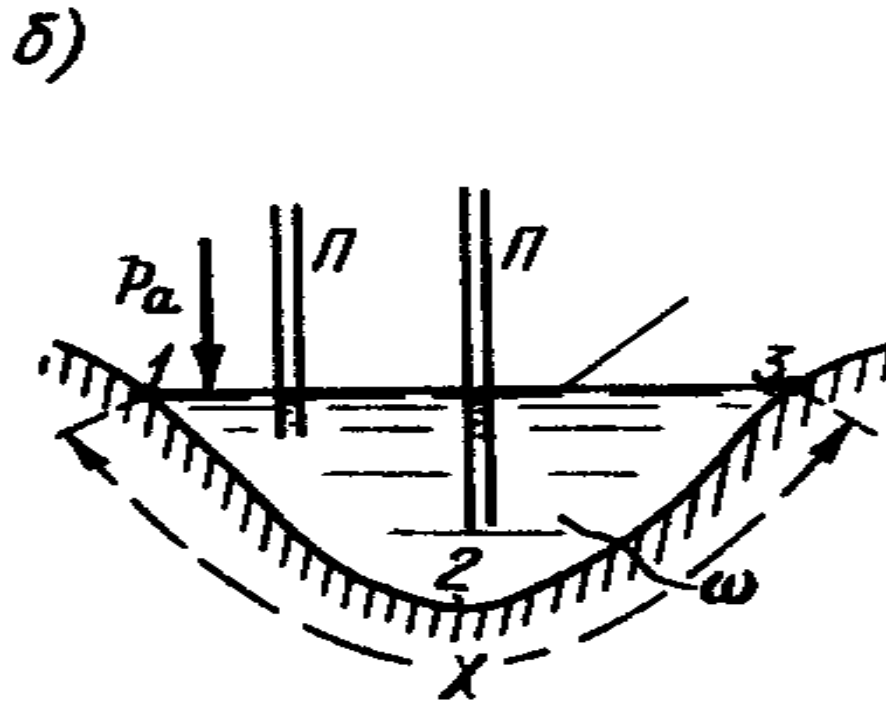
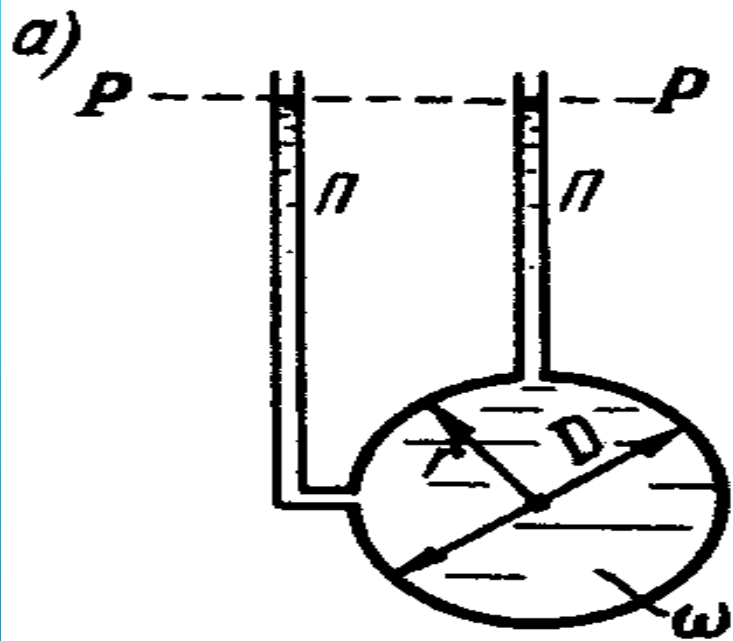
Suyuqliklarning harakat qonunlarini hamda bu qonuniyatlarni muxandislik amaliyotiga kullashni urganuvchi gidravlikaning bir qismiga gidrodinamika deb ataladi.

Suyuqliklarning harakati qattiq jismlarning harakatiga nisbatan bir muncha murakkab bo`ladi. Hidrostatikada suyuqlikni holati faqat gidrostatik bosim bilan xarakterlansa, gidrodinamikada bosimdan tashqari suyuqlik zarrachalarini (oqimini) tezligi bilan ham xarakterlanadi. Umumiy holda suyuqlikning tezligi va bosimi fazoda joylashgan o`rniga qarab hamda vaqtga qarab o`zgarishi mumkin. Shunga qarab suyuqliklar harakati 2 xil bo`ladi: 1. Barqaror(turg'un) harakat, 2. Beqaror(noturg'un) harakat

- ▶ Barqaror harakat shunday harakatki, bunda u vaqt davomida o`zgarmaydi, ya'ni suyuqlikni harakat tezligi va bosimi faqat koordinatalarga bog`liq bo`ladi.
- ▶ **$p = f(x,y,z); \quad u = \xi(x,y,z).$**
- ▶ Bunday harakatga bir xil tezlikda ishlayotgan markazdan qochma nasosning ishlashidan hosil bo`lgan suyuqlikning quvurlardagi harakati misol bo`ladi.

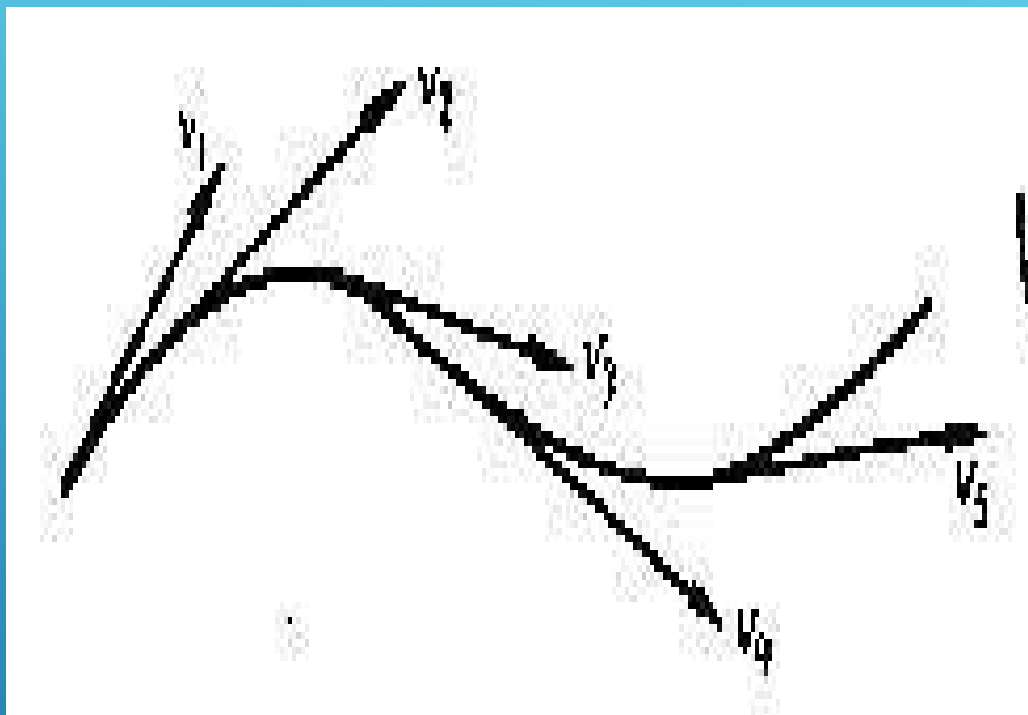
- ▶ Beqaror harakatda esa suyuqlikning harakatini xarakterlovchi parametrlar koordinatalardan tashqari vaqtga ham bog`liq bo`ladi.
- ▶ **$p = f(x,y,z,t); \quad u = \xi(x,y,z,t)$**
- ▶ Bunday harakatga misol bo`lib, poezd sisternalaridagi suyuqliklarning teshiklardan oqib chiqishi xizmat qiladi.
- ▶ Beqaror harakatga nisbatan barqaror harakatni o`rganish anchagina oson. Bundan keyin biz asosan barqaror harakatni o`rganamiz.

- ▶ Suyuqlik harakatini yana bosimli va bosimsiz harakatlarda (4.1 a va b-rasmlar). Bosimli harakat deganda, suyuqlik o'z harakati davomida har tomondan qattiq devorlar bilan chegaralanishi tushuniladi (4.1 a-rasm).
- ▶ Agar, suyuqlik harakatida bir tomondan atmosfera bilan tutashgan bo'lsa, bunday harakat bosimsiz harakat deyiladi (4.1 b-rasm).

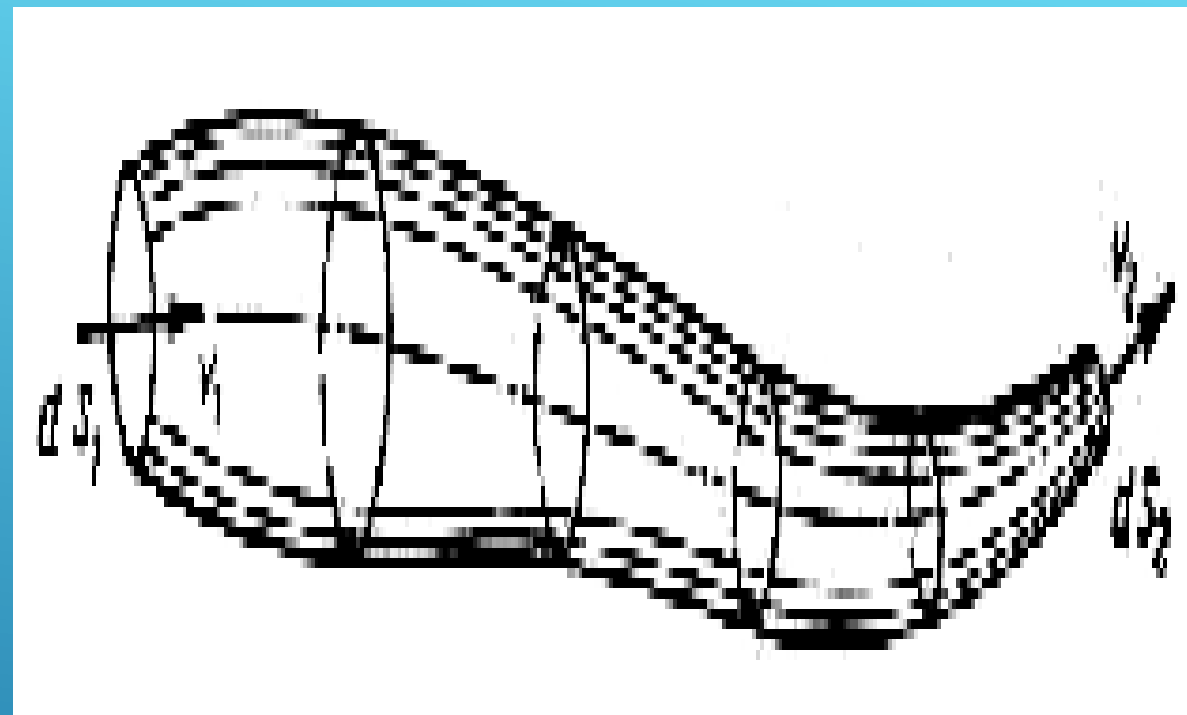


BOSIMLI (A) VA BOSIMSIZ (B) HARAKATLAR. χ - HO'LLANGANLIK PERIMETRI

- ▶ Suyuqliklarning harakatini o`rganish uchun quyidagi tushunchalarni kiritamiz: Oqim chizigi, oqim nayi va oqimcha.
- ▶ **Oqim chizigi** deb shunday chiziqqa aytiladiki, bu chiziqning ixtiyoriy nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtadagi tezlik vektoriga mos keladi. barqaror harakatda oqim chizigi harakat traektoriyasi bilan mos keladi.



Oqim chizigi



Oqim nayi

- ▶ Agar harakatlanayotgan suyuqlikda elementar yopiq kontur olib bu konturning hamma nuqtalaridan oqim chizigi o'tkazilsa oqim nayi hosil bo'ladi. Oqim nayi ichidagi suyuqlikning oqimiga oqimcha deb ataladi.
- ▶ Barqaror harakatda elementar oqimchaning 3 ta xossasi bor.
- ▶ a) Elementar oqimcha shakli vaqt mobaynida o'zgarmaydi.
- ▶ b) Elementar oqimchaga tashqaridan suyuqlik kirmaydi va chikmaydi, chunki u oqim nayi bilan o'ralgan.
- ▶ c) Oqim nayining ko'ndalang kesimida tezlik va bosim o'zgarmaydi

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning har bir nuqtasidan oqim chizii normal bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo`lib, parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo`lagidan iborat (ya'ni tekis sirtdir).

Bir necha elementar oqimcha naychalar yig'indisi - suyuqlik oqimini hosil qiladi. Oqimning o`rtacha tezligi - elementar oqimchalar oniy tezliklari yig'indisining o`rtacha qiymatini ifodalaydi:

$$u_{yp} = \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n}$$

Gidravlik radius - jonli kesim yuzasining (S) ho'llangan perimetrga (χ) nisbatiga tengdir.

$$R_r = \frac{S}{\chi}$$

Bu kattalikning fizik ma'nosi – harakatdagi kesim shaklining suyuqlik harakatiga ta'sirini aniqlashga ko'maklashishidir.

ekvivalent diametr - 4 ta gidravlik radiusdan iboratdir ya'ni:

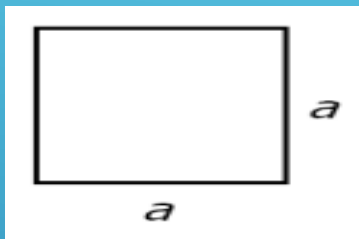
$$d_e = 4R_g$$

yoki

$$d_e = \frac{4S}{\chi}$$

Turli kesimlar uchun gidravlik radius R_g va ekvivalent diametr d_e quyidagicha aniqlanadi:

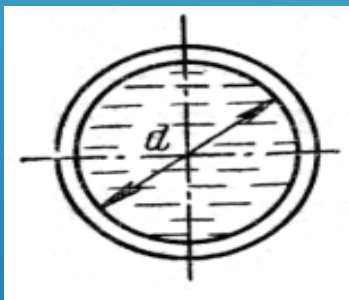
Kvadrat kesim



$$R_r = \frac{a^2}{4a} = \frac{a}{4}$$

$$d_{\text{э}} = \frac{4a^2}{4a} = a$$

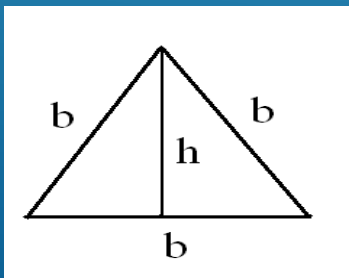
Dumaloq kesim



$$R_r = \frac{\pi \cdot d^2}{4\pi \cdot d} = \frac{d}{4}$$

$$d_{\text{э}} = \frac{4\pi \cdot d^2}{4\pi \cdot d} = d$$

Teng tomonli uchburchak



$$R_r = \frac{\frac{1}{2}bh}{3b} = \frac{h}{6}$$

$$d_{\text{э}} = \frac{4h}{6} = \frac{2h}{3}$$

2. Suyuqlik sarfi va oqimning uzluksizlik tenglamasi.

Vaqt birligi ichida oqimning harakat kesimi orqali oqib o'tgan suyuqlik miqdoriga suyuqlik sarfi deb ataladi u quyidagi 3 xil o'lchov birliklarida ifodalanishi mumkin.

a) Xajm birliklarida - xajmiy suyuqlik sarfi.

$$Q_w = W / t \quad [m^3 / c], [l/c]$$

b) Og'irlik birliklarida - og'irlik suyuqlik sarfi

$$Q_g = G / t \quad [H / c]$$

v) Massa birliklarida - massa suyuqlik sarfi.

$$Q_m = M / t \quad [\kappa\Gamma/c]$$

Oqimning harakat kesimi deb oqim chiziklariga normal ravishda o'tkazilgan kesimga aytiladi. Hajmiy suyuqlik sarfini boshqa yo'l bilan ham hisoblash mumkin:

Quyidagi sxemadan ko'rinib turibdiki, harakat kesimi ds bo'lgan elementar oqimchanning hajmiy suyuqlik sarfi biror dt vaqt mobaynida

$ds dl = dw$ ga teng bo'ladi demak:

$$dQ = dW / dt = (dl / dt) ds = u ds$$

Shundan kelib chiqib

$$dQ = u ds$$

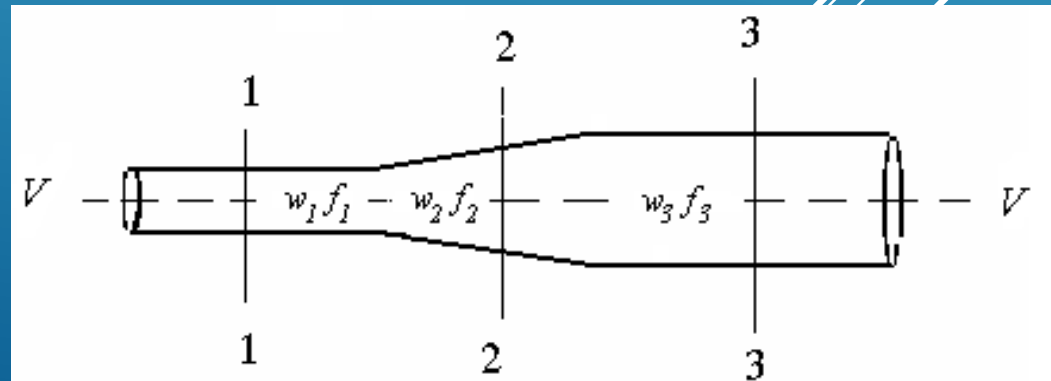
Butun oqimning suyuqlik sarfi esa yuqoridagi tenglamani S butun harakat kesimi bo'yicha integrallash orqali topiladi.

Odatda gidravlikada harakat kesimi bo'yicha o'rtacha tezlik tushunchasi kiritiladi:

$$u_{yp} = Q / S \quad \text{Унда } Q = u_{yp} S$$

Endi quyidagi sxemani ko'raylik.

Berilgan suyuqlik oqimi uchun o'rtacha tezlik "w" bilan "f" jonli kesim yuzasining ko'paytmasi o'zgarmasdir



Elementar oqimchanning I-I harakat kesimi orqali

$$dQ_1 = u_1 ds_1$$

suyuqlik sarfi biror dt vaqt ichida o`tadi. Xuddi shu dt vaqt ichida shu elementar oqimchanning 2-2 harakat kesimi orqali

$$dQ_2 = u_2 ds_2$$

suyuqlik sarfi oqib o`tadi. Ammo moddalar saqlanish qonuni, oqimning uzluksizligi hamda oqim nayining xossaligidan kelib chiqib yozish mumkin:

$$dQ_1 = dQ_2 \quad \text{yoki} \quad u_1 ds_1 = u_2 ds_2 = \text{const}$$

Butun oqim uchun ham shunday tenglik yozish mumkin.

$$Q = (u_{yp})_1 S_1 = (u_{yp})_2 S_2 = \text{const}$$

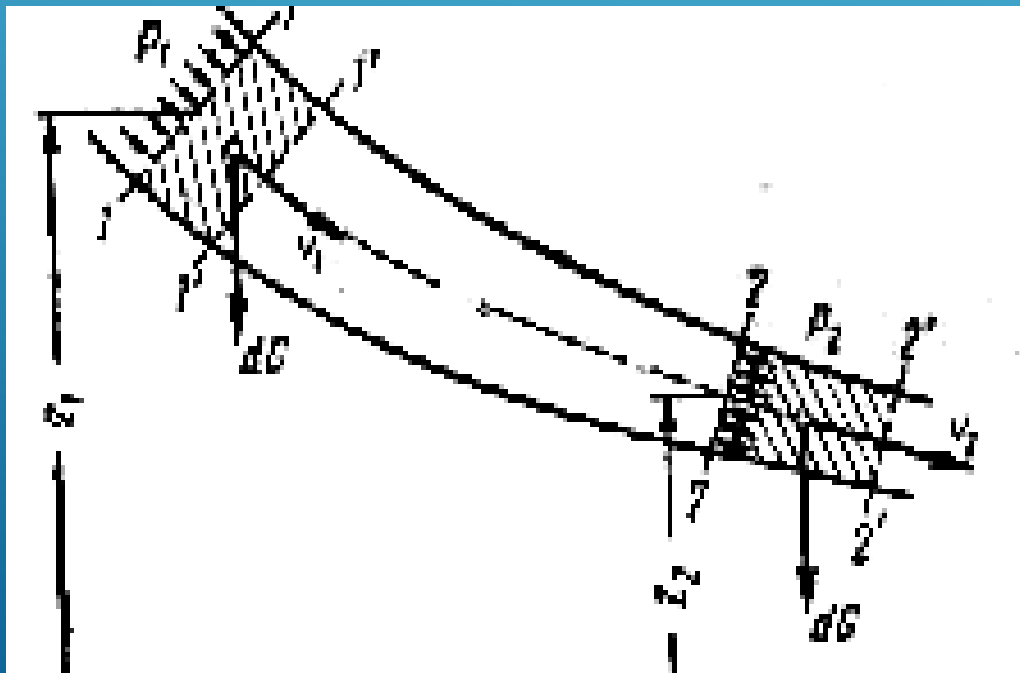
Yoki

$$\frac{u_{yp1}}{u_{yp2}} = \frac{S_2}{S_1}$$

Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Hozir faqatgina og'irlik kuchi ta'sirida bo'lgan ideal suyuqlik oqimchasining barqaror harakatini ko'rib chiqamiz. Ko'rinib turgan elementar oqimchaga nazariy mexanikaning "jismga ta'sir etayotgan kuchlarning bajargan ishi jism kinetik energiyasining o'zgarishiga teng" deyilgan teoremasini qo'llaymiz. Ya'ni:

$$A_p + A_g = W_k$$



Elementar oqimchanning 1-2 kesimidagi uchastkasiga og'irlik kuchi va bosim kuchi ta'sir etadi. Bu kuchlarning bajargan ishini quyidagicha topamiz: 1-1 kesimda bosim kuchining bajargan ishi musbat, chunki uning yo'nalishi tezlik yo'nalishi bilan bir xil, qiymati esa quyidagicha:

$$A_{p1} = P_1 L_1 = p_1 ds_1 u_1 dt$$

2-2 kesimda esa manfiy, chunki harakatlanish yo'nalishiga qarama -qarshi

$$A_{p2} - P_2 L_2 = p_2 ds_2 u_2 dt$$

bundan:

$$A_p = p_1 ds_1 u_1 dt - p_2 ds_2 u_2 dt$$

Og'irlik kuchining bajargan ishi elementar oqimcha 1-2 uchastkasini potensial energiyasini o'zgarishiga teng:

$$A_g = (z_2 - z_1) dG; \quad dG = dW dt = \rho g u_1 ds_1 dt = \rho g u_2 ds_2 dt$$

Kinetik energiyalar o'zgarishi quyidagiga teng

$$W_k = (u_1^2 - u_2^2) dG / (2g)$$

(2), (3) va (4)larni (1)ga quyib ushbu tenglamani topamiz:

$$z_1 + p_1/\gamma + u_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + u_2^2/(2g) = H$$

Bu formula **ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi** deyiladi va uni 1738 yilda **Daniil Bernulli** topgan.

Tenglama hadlari quyidagilarni bildiradi:

- z_1 va z_2 - nivelir balandliklar yoki geometrik napor;
- p_1/γ va p_2/γ - p'ezometrik balandlik yoki p'ezometrik napor;
- $u_1^2/(2g)$ va $u_2^2/(2g)$ - tezliklar balandligi yoki tezliklar napor;
- H - to'la gidrodinamik napor

E'TIBORINGIZ
UCHUN
RAXMAT!

