O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI

Fan: ____ Gidravlika ___

Kafedra: __”Gidravlika va gidroinformatika”_____

REFERAT

MAVZU: Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi. Suyuqlikning beqaror harakati

Bajardi: __Xamidjonova D.S.____

Tekshirdi: __Xodjiev A.K._____

TOSHKENT 2018

Reja:

1. Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi *pьezometrik chiziq, to'liq bosimi.*
2. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari
3. Suyuqlik oqimining barqaror va beqaror harakati

TAYANCH IBORALAR.

Elementar suyuqlik oqimchasi. Bernullining ideal suyuqlik oqimi uchun tenglamasi.. Tezlik balandligi. Solishtirma energiya. Real holat uchun Bernulli tenglamasi, pьezometrik bala

Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi

Yuqorida keltirilgan Eyler va Nave-Stoks tenglamalar sistemalarini yechish yo'li bilan suyuqlik harakatlanayotgan fazoning har bir nuqtasidagi tezlik va bosimni topish mumkin. Lekin bu sistemalarni yechish katta qiyinchiliklar bilan amalga oshiriladi, ko'p hollarda esa hatto yechish mumkin emas. Shuning uchun gidravlikada, ko'pincha, o'rtacha tezlikni topish bilan chegaralanishga to'g'ri keladi. Buning uchun, odatda, Bernulli tenglamasidan foydalaniladi. Biz bu yerda Bernulli tenglamasini ikki xil usulda chiqarishni ko'rsatamiz.

<u>Birinchi usul:</u> Eyler tenglamasidan foydalanish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun (3.18) sistemaning birinchi tenglamasini *dx* ga, ikkinchi tenglamasini *du* ga, uchinchi tenglamasini *dz* ga ko'paytiramiz va hosil bo'lgan uchta tenglamani qo'shamiz. Natijada quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{du_x}{dt}dx + \frac{du_y}{dt}dy + \frac{du_z}{dt}dz = Xdx + Ydy + Zdz - \\ - \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p}{\partial x}dx + \frac{\partial p}{\partial y}dy + \frac{\partial p}{\partial z}dz\right) \qquad (6.1)$$

Tenglamadan munosabatdan ko'rinib turibdiki,

$dx = i_x dt;\quad du = i_u dt;\quad dg = u_z dt,$

SHu munosabatdan foydalanib, (6.1) tenglamaning chap tomonini quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

1-rasm. Ikki xil kesimchada integrallash.

$$\frac{\partial u_x}{\partial t}u_x dt + \frac{\partial u_y}{\partial t}u_y dt + \frac{\partial u_z}{\partial t}u_z dt = \\ = u_x du_x + u_y du_y + u_z du_z = \frac{1}{2}d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) \qquad (6.2)$$

lekin

$i^2 = i^2_x + i^2_y + i^2_g$

bo'lgani uchun (6.1) tenglama chap tomonining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{1}{2}d(u_x^2+u_y^2+u_z^2)=\frac{1}{2}d(u^2)$$

(6.3)

(6.1) ning o'ng tomonidagi *Xdx* +*Ydy* + *Zdz* biror kuch potensialining to'liq differensialidir. Agar shu potensialni F=f(*x u, d)* bilan belgilasak, u holda quyidagiga ega bo'lamiz

Xdx +*Ydy* + *Zdz*=*dF* (6.4)

Odatda, suyuqlikka ta'sir qiluvchi massa kuch og'irlik kuchidir. Bu holda dekart koordinatalar sistemasida quyidagicha bo'ladi:

F = -*gz.* (6.5)

(6.1) tenglamaning o'ng tomonida yana bosim bilan ifodalangan munosabat bo'lib, u bosimning to'liq differensialini ifodalaydi, ya'ni

$$\frac{\partial p}{\partial x}dx+\frac{\partial p}{\partial y}dy+\frac{\partial p}{\partial z}dz=dp \qquad (6.6)$$

(6.3), (6.4), (6.5) va (6.6) larni (6.1) tenglamaga qo'ysak, u quyidagi ko'rinishga keladi

$$\frac{1}{2}d(u^2)+\frac{1}{\rho}dp+d(gz)=0.$$

Hosil bo'lgan tenglamani elementar oqimchaning *1—1* kesimidan (1-rasmga q.) *2—2* kesimigacha integrallasak, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{\rho}+gz_1=\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{\rho}+gz_2. \qquad (6.7)$$

Bu tenglikdagi har bir had massa birligiga keltirilgan. Agar uni kuch birligiga keltirsak, ya'ni g ga ikki tomonini bo'lib yuborsak, u holda $\rho\cdot g=\gamma$ ni hisobga olib, quyidagini olamiz:

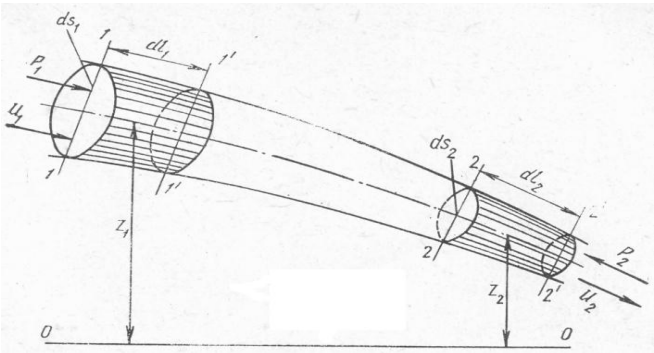
$$\frac{u_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}+z_1=\frac{u_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma}+z_2. \qquad (6.8)$$

Oxirgi tenglama 1738 y. Bernulli tomonidan olingan bo'lib, uning nomi bilan ataladi va gidravlikada harakatning asosiy tenglamasi bo'lib xizmat qiladi. Bu tenglama ixtiyoriy ikkita kesim uchun olingan bo'lib, bu kesimlarning elementar oqimcha yo'nalishi bo'yicha qaerda olinishining ahamiyati yo'q.

Shuning uchun Bernulli tenglamasini quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{u^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}+z=\text{const.} \qquad (6.9)$$

Ko'rinib turibdiki, Bernulli tenglamasida asosan kattaliklarning yig'indisi o'zgarmas ekan. SHunday qilib, bu tenglama tezlik i, bosim r, zichlik r o'rtasidagi munosabatni ifodalaydi.



2-racm. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga doir chizma.

D. Bernullining o'zi yuqoridagi tenglamani kinetik energiyaning o'zgarishi qonunidan keltirib chiqargan bo'lib, biz keltirgan usul esa Eyler tomonidan qo'llanilgan.

<u>Ikkinchi usul k</u>inetik energiyaning o'zgarish qonunidan foydalanib bajariladi. Harakat o'qi *l—l* bo'lgan biror elementar oqimchaning *1-1* va *2—2* kesimlar bilan ajratilgan bo'lagini olamiz. U holda bu bo'lak *dt* vaqtda harakat qilib, 1`-1` va 2`-2` kesmalari orasidagi holatga keladi (2-rasm). *1-1* kesimning yuzasi dS_1, bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch P_1 va tezlik i_1 bo'lsin. *2-2* kesimning yuzasi esa dS_2, unga ta'sir qiluvchi kuch R_2 tezlik esa u_2 bo'lsin. Kinetik energiyaning o'zgarish qonunini elementar oqimchaning ana shu harakatdagi bo'lagiga tatbiq qilamiz. Bu qonun bo'yicha biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyasining o'zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga tengdir. Bu gapning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$d\left(\frac{mu^2}{2}\right)=\sum Pl, \qquad (6.10)$$

bu erda $d(\frac{mu^2}{2})$ - kinetik energiyaning *dt* vaqtda o'zgarishi;

$\sum Pl$-barcha kuchlar bajargan ishlarning yig'indisi. Endi elementar oqimcha bo'lagining *dt* vaqt ichida *1-1* va *2—2* kesimlar orasidagi holatdan *1`-1`* va *2'—2'* kesimlar orasidagi holatga kelgandagi kinetik energiyasining o'zgarishini ko'ramiz. Harakat barqaror bo'lgani uchun

bu o'zgarish *1-1* va *1`-1`* orasidagi bo'lak bilan *2—2* va *2' -2'* orasidagi bo'lak kinetik energiyalari ayirmasiga teng.

1—1 va 1'—1' orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi (uning massasi t_1 bo'lsa) $\frac{m_1u_1^2}{2}$ ga teng bo'ladi va orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi esa $\frac{m_2u_2^2}{2}$ —- ga teng. Demak ko'rilaetgan *1-1* va *2-2* orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi dt vaqtda quyidagi miqdorga o'zgarar ekan:

$$\frac{m_2u_2^2}{2} - \frac{m_1u_1^2}{2} \qquad (6.11)$$

Ikkinchi tomondan, *1 —1* va *1`—1`* orasidagi bo'lakning massasi uning hajmi dS_1dl_1 ning zichlikka ko'paytmasiga teng, ya'ni

$m_1 = \rho dS_1dl_1$

SHuningdek, 2-2 va 2`-2` orasidagi bulakning massasi

$m_2 = \rho dS_2dl_2$

dl_1 va $d1_2$ *dt* vaqt ichida *1—1* va *2-2* kesimlarining yurgan yo'lini ko'rsatadi, shuning uchun

$$d1_1 = u_1dt, \ dl_2 = i_2dt \qquad (6.12)$$

u holda m_1 va t_2 uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$m_1 = \rho dS_1u_1dt$, $m_2 = \rho dS_2u_2dt$

Bu munosabatni (3.40) ga qo'ysak va uzilmaslik tenglamasidan kinetik energiyaning o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2u_2}{2} - \frac{m_1u_1}{2} = \rho\frac{qdtu_2^2}{2} - \rho\frac{qdtu_1^2}{2} = \rho qdt\left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2}\right). \qquad (6.13)$$

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Ular 1—1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajargan ishlaridir. Elementar oqimchaning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi esa nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko'rinadi.

1—1 kesimga ta'sir etuvchi r_1 bosimning bajargan ishini A_1 , *2 — 2* kesimga ta'sir etuvchi r_2 bosimning bajargan ishini A_2 bilan belgilaymiz. U holda, 2-rasmdan ko'rinib turibdiki,

$A_1 = r_1dS_1dl_1$

$A_2 = r_2dS_2dl_2$

(6.13) nazarga olsak va uzilmaslik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$A_1 = r_1qdt; \quad A_2 = r_gqdt. \qquad (6.14)$$

Og'irlik kuchi bajargan ishni A_3 deb belgilaymiz. Bu ish (1—1 va *2—2* kesimlar orasidagi bo'lak o'z holatini saqlagani uchun) *1—1 va 1`—1`* orasidagi bo'lak bilan va 2-2 va 2`-2` orasidagi bo'laklar og'irliklarini ular markazlarining vertikal o'qi bo'yicha holatlari z_1 va z_2 ning ayirmasiga ko'paytirilganiga teng, ya'ni

$A_3 = G(z_1 - z_2)$

lekin

$G = \gamma dS_1 dl_1 = \gamma dS_1 u_1 dt = \gamma q dt$

bo'lgani uchun

$$A_3 = \gamma q dt(z_1 - z_2). \qquad (6.15)$$

$$\rho q dt\left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2}\right). = r_1 q dt - r_g q dt + \gamma q dt(z_1 - z_2).$$

bu erda r_2 kuch suyuqlik harakatiga teskari yo'nalgan bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi had (ya'ni A_2) manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini $\gamma q dt$ ga bo'lsak:

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} + z_1 - z_2.$$

Bir xil indeksli hadlarni gruppalab joylashtirsak, Bernulli tenglamasi hosil bo'ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2.$$

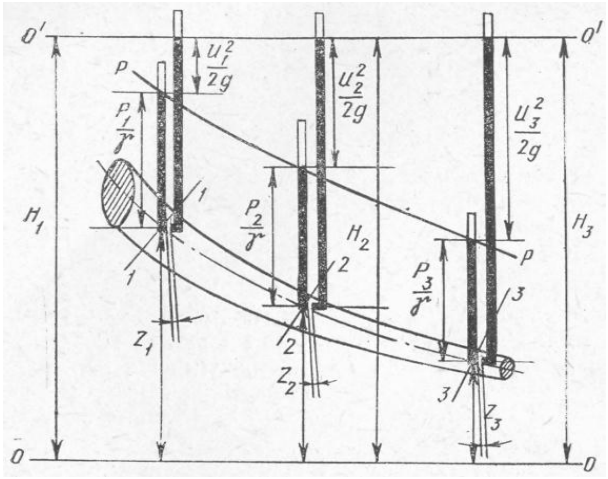
SHunday qilib, elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyaning o'zgarish qonunini ifodalar ekan.

Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari

Bernulli tenglamasining har bir hadi o'zining geometrik va energetik mazmunlariga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1-1, 2-2 va *3-3* kesimlarini ko'ramiz (3-rasm). Bu kesimlarning og'irlik markazi biror *0—0* tekislikdan z_1, z_2 va z_3 masofalarda bo'lsin. Bular qiyosiy tekislik *0 — 0* dan, elementar oqimchaning geometrik balandliklarini ko'rsatadi. Endi olingan 1-1, 2-2 va *3- 3* tekisliklar markazida pьezometr (to'g'ri shisha naycha) va uchi egilgan shisha naychalar o'rnatamiz. Bu holda pьezometrlarda suyuqlik kesimlar og'irlik markaziga nisbatan ma'lum balandliklarga ko'tariladi. Bu ko'tarilish gidrostatika qismida ko'rganimizdek kesimlarda

$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}, h_2 = \frac{p_2}{\gamma}, h_3 = \frac{p_3}{\gamma}$ ga teng bo'ladi.

h_1, h_2, h_3 lar *pьezometrik balandliklar* deb ataladi. Odatda, pьyozometrlar yordamida trubalar va suyuqlik harakat qilayotgan boshqa idishlarda gidrodinamik bosim o'lchanadi.



3-rasm. Bernulli tenglamasining geometrik, engrgetik va fizik mazmuniga doir chizma.

Uchi egilgan shisha naychalarda suyuqlik pьezometrlardagiga qaraganda balandroqqa ko'tariladi. Buning sababi shundaki, uchi egilgan shisha naylarda uning egilgan uchi suyuqlik harakati yo'nalishida bo'lib, gidrodinamik bosimga qo'shimcha suyuqlik tezligiga bog'liq bo'lgan bosim paydo bo'ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inersiya kuchi qo'shimcha bosimga sabab bo'ladi.

Uchi egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagilarga teng:

$$h_1`=\frac{p_1}{\gamma}+\frac{u_1^2}{2g}, h_2`=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{u_2^2}{2g}, h_3`=\frac{p_3}{\gamma}+\frac{u_3^2}{2g}.$$

Pьezometrdagi suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h_1`-h_1=\frac{u_1^2}{2g}; h_2`-h_2=\frac{u_2^2}{2g}; h_3`-h_3=\frac{u_3^2}{2g}.$$

larta teng bo'ladi va *tezlik balandligi* deyiladi.

SHunday qilib, geometrik nuqtai nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagicha ataladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ – suyuqlikning tegishli kesimlaridagi tezlik bosimi(balandligi):

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$.—pьezometrik balandliklar;

z_1, z_2 , z_3 -geometrik balandliklar (tegishli kesimlarning og'irlik markazi *0 — 0* tekisligidan qancha balandlikda turishini ko'rsatadi).

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z.$larning birliklari uzunlik birliklariga tengdir. Pьezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, hosil bo'lgan chiziq *pьezometrik chiziq* deyiladi.

Bernulli tenglamasidan tezlik balandligi, pьezometrik geometrik balandliklarining umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 1.36-rasmda *0'— 0'* chizig'i bilan belgilanadi va suyuqlikning bosim (dam) tekisligi deb ataladi.

Gidrodinamikada bu uchta balandliklar $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z.$ ning yig'indisi suyuqlikning *to'liq bosimi* (dami) deb ataladi va N bilan belgilanadi:

$$N=\frac{u^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}+z=\text{const.}$$

Bular ideal elementar oqimchalar uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o'zgarish qonuni bo'yicha chiqarilishiga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonunidir, Bernulli tenglamasi (3.45) niig chap tomoni elementar oqimchaning 1-1 kesimidagi to'liq solishtirma energiya bo'lib, u kesimdagi to'liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o'zgarmas miqdordir.

Bu erda *solishtirma energiya* deb og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdorda aytamiz. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi hadlariniig energetik yoki fizik ma'nosi quyidagicha bo'ladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}-$ elementar oqimchaning 1-1, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

$\frac{p_1}{\gamma}+z_1, \frac{p_2}{\gamma}+z_2, \frac{p_3}{\gamma}+z_3$— elementar oqimcha kesimlari uchun solishtirma potensial energiya;

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}.$ — kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya;

z_1, z_2 , z_3 -1-1, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli og'irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya,

Suyuqlik harakati vaqtida mexanikaning qonunlariga asosan, ish bajariladi. SHu bajarilgan ishlar bo'yicha Bernulli tenglamasini quyidagicha sharhlash mumkin: ikkita kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasi shu ikki kesimda tegishli hadlarining ayirmalaridan tvshkil topadi:

$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}$ — kinetik energiyaning birlik og'irlik uchun o'zgarishi;

$\frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ — bosim kuchi bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi.

z_1 - z_2 — og'irlik kuchi *bajargan* ishning birlik og'irlikka tegishli qismi. Demak, suyuqlik harakat qilayotganda solishtirma kinetik va solishtirma potensial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmas bo'ladi.

Suyuqlik oqimining barqaror va beqaror harakati

Vaqt o'tishi bilan suyuqlik harakati oqimining asosiy gidrodinamik elementlari *i* va *r* ning o'zgarishiga qarab ikki ko'rinishda, ya'ni barqaror va beqaror harakat bo'ladi. Harakati vaqtida *uning ixtiyoriy nuqtasida oqim tezligi va gidrodinamik bosimi har doim o'zgarib turadi,* ya'ni suyuqlik zarrachasining harakati faqat koordinatalarga bog'liq bo'lmasdan, *vaqtga ham bog'liq bo'ladigan harakat beqaror harakat deyiladi.* Bu quyidagicha yoziladi;

$$\left.\begin{aligned} u &= f_1(x, y, z, t); \\ p &= f_2(x, y, z, t). \end{aligned}\right\} \qquad (6.)$$

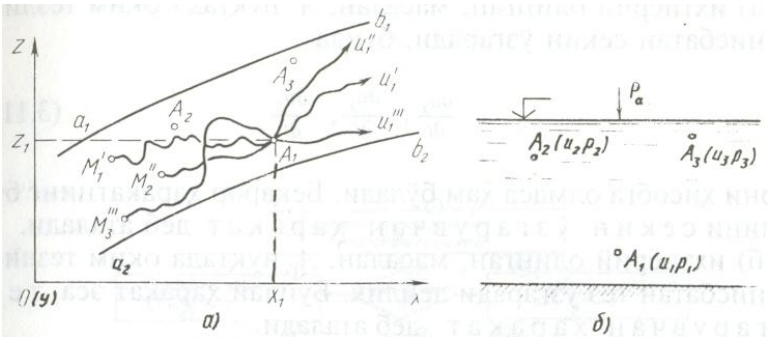
Beqaror harakatdagi suyuqlikka misollar: kichik va katga teshiklardan oqayotgan suyuqliklar harakati; suvoshgichlardan oqib o'tayotgan suv harakati; kengligi va chuqurligi o'zanning uzunligi bo'yicha o'zgaradigan daryolardagi suv harakati. Keltirilgan misollarda suvning erkin egri sathi o'zgarib turadi. Bundan tashqari yana ko'plab misollar keltirish mumkin, masalan, gidravlik zarba, tug'onlar buzilib birdan suv toshib ketgan vaqtda, daryolarda bahorda suv ko'payishi natijasida suv sarfi gidrograflarining gidrotexnik inshootlar orqali o'tkazish jarayonlarida beqaror harakatlarni kuzatish mumkin. Suyuqlikning beqaror harakati paytida ixtiyoriy A_1 , A_2 , A_3 va hokazo nuqtalarda dt vaqt ichida zarrachalarning tezliklari va bosimlari o'zgarishlari $A_1(u_1 \neq const,\ r_1 \neq const) \neq A_2(u_2 \neq const,\ r_2 \neq const) \neq A_3(u_3 \neq const,\ r_3 \neq const) \neq ...$ va hokazo vaqt o'tishi bilan bir-biridan farq qiladi.

Harakat etayotgan suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtada tezlik va gidrodinamik bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bunday harakat barqaror harakat deyiladi. Bu harakatda suyuqlik zarrachalari oqimdagi *A* nuqtadan o'tganda shu zarrachalarning tezliklari va *r* gidrodinamik bosimlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Bu barqaror harakat analitik ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$\left.\begin{aligned} u &= f_1(x, y, z); \\ p &= f_2(x, y, z). \end{aligned}\right\} \qquad (6.\ )$$

Bu holda *A* nuqtada *i* va *r* o'zgarmas bo'lsa, ular keyingi, masalan, A_1 nuqtada boshqa o'zgarmas miqdorga ega bo'ladi. SHunday qilib, harakatdagi suyuqlik zarrachalari A_1 nuqtasida *i.* va r_x bo'lsa, A_2 nuqtasida esa i_2 va r_2 va hokazo bo'ladi. Suyuqlikning barqaror harakati paytida ixtiyoriy A_1, A_2, A_3 va hokazo nuqtalarida t_1 vaqtda zarrachalarning tezliklari va bosimlarining o'zgarishlari $A_1(u_1=const,\ r_1=const) \neq A_2(u_2=const,\ r_2=const) \neq A_3(u_3=const,\ r_3=const)$... va hokazo, har bir nuqtalar uchun o'zgarmas bo'lib, har xil nuqtalarda har xil miqdorga ega bo'ladi. Suv sathi o'zgarmas bo'lganda undagi oqim ko'ndalang kesimining ω maydoni o'zgarmaydigan kanaldagi suv oqimining harakatini barqaror harakatga misol qilib keltirish mumkin.

Gidrotexnik inshootlarni gidravlik hisoblashda, amalda, asosan suyuqlikning barqaror harakati ko'p uchraydi. SHuning uchun gidravlikada ko'pincha barqaror harakat qaraladi.



4-rasm. Suyuqlik oqimining harakati

YUqorida ko'rsatilgan beqaror va barqaror harakatlarni yaxshi tushunib olish uchun 4-rasmda ko'rsatilganidek, suyuqlik oqimining harakatini qarab chiqamiz. Rasmda ixtiyoriy suyuqlik oqimi a_1 b_1 va a_2 b_2 chiziqlari bilan chegaralangan. SHu chegaralangan oqimning ichida A_1 nuqtani olamiz, bu nuqta qotirilgan (harakat qilmaydi), ammo suyuqliknishg *M* zarrachalari shu nuqtadan o'tgadi deb faraz qilaylik. Masalan, suyuqlikning bir nechta M_1, M_2, M_3,... zarrachalari ixtiyoriy ravishda, birining har xil traektoriyasi bilan harakatlanyapti, ular har xil vaqt ichida shu A_1 nuqta orqali o'tadi deylik: M_1 zarracha t_1 vaqtda, M_2 zarracha t_2 vaqtda o'tadi va hokazo. M_1 zarracha A_1 nuqtaga kelib, bu nuqtada t_1, vaqtda u_1` tezlikka ega bo'ladi. M_2 zarracha esa o'sha A_1 nuqtaga kelib boshqa t_2 vaqtda shu nuqtada boshqa u_2" tezlikka ega bo'ladi.

A_2 nuqtada ham xuddi A_1 nuqtadagiga o'xshash hodisa ro'y beradi, ammo A_2 nuqtada mutlaqo boshqa *i* va *r* lar hosil bo'ladi.

4 a-rasmda beqaror harakatning umumiy ko'rinishi keltirilgan, unda quyidagi harakat turlarini ko'rishimiz mumkin:

a) ixtieriy olingan, masalan, A_x nuqtada oqim tezligi nisbatan sekin o'zgaradi, bunda ularni hisobga olmasa ham bo'ladi. Beqaror harakatning bu holini sekin o'zgaruvchan harakat deb ataladi.

b) ixtieriy olingan, masalan, A_1 nuqtada oqim tezligi nisbatan tez o'zgaradi deylik. Bunday harakat esa, tez o'zgaruvchan harakat deb ataladi.

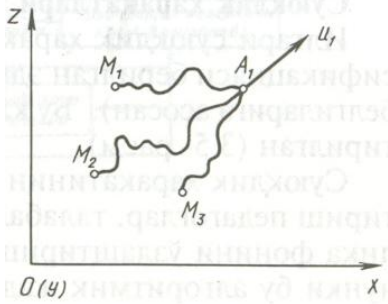
Suyuqlik harakati barqaror harakat bo'lsa, M_1, M_2, M_3 ... zarrachalar har xil vaqt ichida A_1 nuqtaga kelib, bu nuqtada bir xil tezlikka ega bo'ladilar (bu tezlikning miqdori ham, yo'nalishi ham bir xil bo'ladi) (5-rasm). Barqaror harakat uchun esa

$$u = f(x, y, z), \qquad (3.12)$$

ya'ni bu erda *i* vaqtga bog'liq emas, shuning uchun barqaror harakat bo'lganda

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} = \frac{\partial u_y}{\partial t} = \frac{\partial u_z}{\partial t} = 0 \qquad (313)$$

Barqaror harakat uchun A_1 nuqtadan o'tayotgan suyuqlik *M* zarrachalarining traektoriyalari (3.4-rasm) quyidagicha harakatlanadi:



5-rasm

1. M_1, M_2, M_3 ... zarrachalar A_1 nuqtadan o'tsa, ularning A_1 nuqtadan keyingi traektoriyalari bir chiziqda bo'ladi.

2. A_1 nuqtasida zarrachalarning tezliklari (miqdorlari va vektorlari) bir xil bo'ladi. Suyuqlik harakatlari turlarining klassifikasisi

Ilgari suyuqlik harakatlari ko'rinishlarining klassifikasiyasi berilgan edi (suyuqlik harakatining har xil belgilariga asosan). Bu klassifikasiya blok shaklida keltirilgan (3.5- rasm).

Suyuqlik harakatining turlarini bunday shaklda keltirish pedagoglar, talabalar va yosh muxandislarga gidravlika fanini o'zlashtirishda qulay imkoniyatlar yaratadi, chunki bu algoritmik jadvalda butun kurs bo'yicha uchraydigan suyuqlik harakat turlarining nomlari o'zining tashqi belgilari bo'yicha qisqa holda berilgan.

ADABIYOTLAR.

1. Q.SH.Latipov “Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar” Toshkent. 1992y
2. Q.SH.Latipov, S.Ergashev.”Gidravlika va gidravlik mashinalar”. Toshkent. 1986y
3. A.YU.Umarov “Gidravlika” Toshkent. “O’zbekiston” 2002y
4. Doribnis V.F. “Gidravlika i gidravlicheskie mashinы”.M .1987 g.
5. SHtereilixt D.V. “Gidravlika”.M.1991 g.
6. Alam S.I.i drugie. Praktikum po mashinovedeniyu. M.Prosveshenne.1984 g.